



ROZPRAWA DOKTORSKA

Maciej Świtalski

Doskonalenie jakości produktów przekąskowych poprzez zastosowanie białka pozyskanego z niekonwencjonalnych źródeł

Dziedzina nauk społecznych
Dyscyplina naukowa: nauki o zarządzaniu i jakości

Promotor:
dr hab. inż. Millena Ruszkowska, prof. UMG

Promotor pomocniczy:
dr inż. Przemysław Kowalczewski

Gdynia 2023

Spis treści

Wstęp	5
1. Jakość w świetle dyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości	8
1.1. Pojęcie jakości.....	8
1.2. Jakość żywności	12
1.3. Rola oceny jakości w dyscyplinie	12
1.4. Doskonalenie jakości.....	16
2. Doskonalenie jakości produktu żywnościowego	19
2.1. Doskonalenie jakości przez proces ekstruzji.....	19
2.1.1. Charakterystyka procesu ekstruzji.....	19
2.1.2. Ekstruzja – wykorzystanie w przemyśle spożywczym	27
2.2. Doskonalenie jakości produktu spożywczego przez zastosowanie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł	30
2.2.1. Uzasadnienie wykorzystania białka pozyskanego z niekonwencjonalnych źródeł.....	30
2.2.2. Rodzaje i definicja niekonwencjonalnych źródeł białka	33
2.2.3. Białka roślinne	34
2.2.4. Białka stawonogów	39
2.2.5. Charakterystyka innych wybranych niekonwencjonalnych źródeł białka	45
3. Postawy i zachowania konsumentów w aspekcie doskonalenia jakości produktów żywnościowych	55
3.1. Konsument na rynku żywności	55
3.2. Postawy i zachowania – definicja	56
4. Cel pracy i hipotezy badawcze.....	62
5. Materiał i metody badań.....	63
5.1. Schemat przeprowadzonych badań	63
5.2. Metodyka badań etapu I - Ocena zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł	65
5.2.1. Próba badanych i organizacja badań	65
5.2.2. Metoda badawcza.....	65
5.2.3. Skala FNS (Food Neophobia Scale).....	69
5.2.4. Skala innowacyjności Rogersa.....	70
5.2.5. Skala postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.....	71
5.3. Metodyka badań etapu II – Ocena właściwości fizyko-chemicznych surowców, mieszanek oraz wytworzonych produktów	72
5.3.1. Charakterystyka materiału badawczego	72
5.3.2. Ocena wartości odżywczej	74
5.3.3. Ocena zawartości wody.....	75

5.3.4.	Ocena aktywności wody.....	75
5.3.5.	Instrumentalny pomiar barwy	75
5.3.6.	Ocena współczynnika wodochłonności WAI.....	76
5.3.7.	Ocena współczynnika rozpuszczalności WSI.....	76
5.3.8.	Ocena współczynnika ekspansji.....	77
5.3.9.	Oznaczenie parametrów tekstury	77
5.4.	Metodyka badań etapu II - Ocena sensoryczna produktu	78
5.5.	Metodyka badań etapu II - Ocena właściwości sorpcyjnych	79
5.5.1.	Metoda statycznie - ekstryktorowa.....	79
5.5.2.	Metoda dynamiczna – kinetyka sorpcji.....	81
5.6.	Analiza statystyczna.....	81
5.6.1.	Analiza statystyczna etapu I – Ocena zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł...	81
5.6.2.	Analiza statystyczna II etapu badań – Ocena właściwości fizyko-chemicznych surowca, mieszanek oraz wytworzonych produktu.....	82
5.6.3.	Analiza statystyczna etapu II – Ocena sensoryczna.....	84
6.	Omówienie wyników badań.....	86
6.1.	Konsumenci wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł.....	86
6.1.1.	Charakterystyka badanej grupy konsumentów.....	86
6.1.2.	Postawy w stosunku do nowych produktów FNS (Food Neophobia Scale).....	87
6.1.3.	Innowacyjność konsumentów – skala Rogersa.....	89
6.1.4.	Postawy konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł ...	91
6.1.5.	Ocena preferencji i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych	93
6.1.6.	Zachowania konsumentów na rynku produktów wzbogacanych.....	103
6.1.7.	Zainteresowanie respondentów zakupem produktów przekąskowych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł.....	107
6.2.	Omówienie wyników badań etapu II – surowce	117
6.2.1.	Wartość odżywcza surowców	117
6.2.2.	Charakterystyka barwy surowca	119
6.2.3.	Zawartość i aktywność wody w surowcu.....	120
6.2.4.	Właściwości sorpcyjne surowca – izoterma sorpcji.....	123
6.2.5.	Charakterystyka parametrów izoterm sorpcji surowców – równanie BET.....	126
6.2.6.	Charakterystyka strukturalna – powierzchnia właściwa sorpcji	129
6.3.	Omówienie wyników badań etapu II – mieszanki surowców	132
6.3.1.	Zawartość i aktywność wody mieszanek do procesu ekstruzji	132

6.4.	Omówienie wyników badań etapu II – Ocena właściwości fizykochemicznych produktu	138
6.4.1.	Ocena wartości odżywczej produktu.....	138
6.4.2.	Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie wartości odżywczej	150
6.4.3.	Barwa produktu	152
6.4.4.	Zawartość i aktywność wody produktu.....	160
6.4.5.	WAI i WSI	166
6.4.6.	Współczynnik ekspansji.....	173
6.4.7.	Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie wyróżników jakości	177
6.4.8.	Charakterystyka wybranych parametrów tekstury wytworzonych ekstrudatów	180
6.4.9.	Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie parametrów tekstury i wyróżników jakości	187
6.4.10.	Model zależności wybranych parametrów tekstury i wyróżników jakości	190
6.5.	Omówienie wyników badań etapu II – Ocena sensoryczna	197
6.5.1.	Charakterystyka zespołu oceniających.....	197
6.5.2.	Ocena cech sensorycznych (kształt, zapach, smak, barwa, tekstura, twardość, ogólna pożądalność).....	201
6.5.3.	Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie wyników oceny sensorycznej	212
6.5.4.	Ocena preferencji wytworzonych produktów	213
6.5.5.	Model pożądalności/akceptacji produktów przekąskowych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł	215
6.6.	Omówienie wyników badań etapu II – Ocena właściwości sorpcyjnych	224
6.6.1.	Właściwości sorpcyjne produktów – izoterma sorpcji.....	224
6.6.2.	Charakterystyka parametrów izoterm sorpcji produktów – równanie BET	227
6.6.3.	Charakterystyka strukturalna – powierzchnia właściwa sorpcji	231
6.6.4.	Kinetyka procesu sorpcji.....	232
	Podsumowanie	238
	ANEKS	270
	Spis tabel.....	295
	Spis tabel - załączniki	298
	Streszczenie.....	301

Wstęp

Jedną z kluczowych kwestii opracowania i realizacji skutecznego programu działania każdego przedsiębiorstwa na rynku jest poznanie motywów postępowania klienta¹. Nieodzownym trendem w zakresie nauk o jakości jest więc projektowanie produktu z uwzględnieniem oczekiwań konsumenta^{2,3}. Spełnienie jego wymagań na etapie projektowania i osiągnięcie sukcesu rynkowego możliwe jest jednak dzięki znajomości parametrów jakościowych gotowego produktu oraz znajomości technologii jego wytwarzania⁴.

Przykładem produktów charakteryzujących się dużym popytem, spożywanych nawet kilka razy w tygodniu, są produkty przekąskowe, cechujące się charakterystycznymi właściwościami sensorycznymi^{5,6,7,8}. Jedną z najpopularniejszych grup produktów przekąskowych stanowią ekstrudowane produkty przekąskowe, do których zalicza się chrupki kukurydziane charakteryzujące się niewielkimi rozmiarami, różnorodnym smakiem, barwą i atrakcyjną konsystencją⁹. Istotnym elementem jakości wyrobów przekąskowych jest także ich wartość odżywcza, która w opinii konsumentów jest zbyt niska i wymaga doskonalenia¹⁰. Z tego względu od wielu lat prowadzone są badania nad wzbogacaniem ekstrudowanych wyrobów przekąskowych w surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się problemom wzrostu populacji ludzi na świecie, zmniejszających się zasobów słodkiej wody, zmianom klimatu

¹ Łukasiński W., Sikora T., (2009), Ciągłe doskonalenie - praktyczna realizacja zasady ISO 9001, *Problemy Jakości*, 10, s. 34-38.

² Dmowski P., (2019), Wielowymiarowe modelowanie jakości herbaty czarnej, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia, s. 7-8.

³ Salerno-Kochan R., Popek S., Halagarda M., Krzywonos M., (2020), Nauki o Jakości jako subdyscyplina w Naukach o Zarządzaniu i Jakości. Identyfikacja obszarów badawczych, *Przegląd Organizacji*, 8(967), s. 3-12, doi:10.33141/po.2020.08.01.

⁴ Tamże, s. 3-12.

⁵ Kita A., (2006), Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych, *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Nr 537. Rozprawy CCXL*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.

⁶ Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia.

⁷ Bartosiuk E., Markiewicz-Żukowska R., Puścion A., Mystkowska K., (2012), Ocena spożycia żywności typu „fast food” oraz napojów energetyzujących i alkoholu wśród grupy studentek Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 766-770.

⁸ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie młodych konsumentów, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 733-738.

⁹ Ruszkowska M., (2018), *Jakość, op.cit.*, s. 7.

¹⁰ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), Food extrusion: Effects on micronutrients, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp. 602-603.

oraz wzrastających kosztów produkcji zwierzęcej. Wymienione czynniki stanowią istotne przesłanki do podejmowania działań służących poszukiwaniu m.in. alternatywnych źródeł białka, charakteryzujących się bezpieczeństwem, akceptacją konsumentów i niskimi nakładami finansowymi oraz mniejszym wpływem na środowisko¹¹.

Jednym z przykładów alternatywnych źródeł białka są pochodzące z Azji Środkowej nasiona konopi siewnej (*Cannabis sativa L. var. sativa*) stanowiące surowiec o wysokiej wartości odżywczej, wykorzystywany głównie do produkcji oleju^{12,13}. Kolejnym alternatywnym źródłem białka są owady jadalne, które są znane i spożywane głównie w strefie klimatu tropikalnego, subtropikalnego, a w mniejszym stopniu w Europie^{14,15}. Z punktu widzenia żywieniowego owady stanowią istotną alternatywę dla składników odżywczych dostarczanych z konwencjonalnych źródeł zwierzęcych. Przykładem popularnego surowca z tej grupy jest świerszcz domowy (*Acheta domesticus*) wykorzystywany do produkcji pasz i żywności¹⁶.

Celem pracy była identyfikacja wpływu dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł na doskonalenie jakości produktu przekąskowego.

W pierwszym etapie badań dokonano oceny postaw i zachowań konsumentów wobec wzbogacanych produktów przekąskowych z uwzględnieniem poziomu neofobii i poziomu innowacyjności (stopnia podatności na innowację) respondentów. Etap drugi badań dotyczył oceny jakości surowców, mieszanek oraz wytworzonych produktów ekstrudowanych o różnym udziale dodatku wzbogacającego.

Przedstawione opracowanie wpisuje się w zakres dyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości obejmując aspekt dotyczący doskonalenia jakości wyrobów przekąskowych poprzez wykorzystanie dwóch rodzajów białka pozyskanego z niekonwencjonalnych źródeł. Opracowanie to wypełnia lukę empiryczną związaną z brakiem kompleksowych badań dotyczących wykorzystania białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

¹¹ Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

¹² Dąbrowski G., Skrajda M., (2016), Frakcja lipidowa i białkowa nasion konopi siewnych (*C. Sativa L.*) oraz jej korzystny wpływ na zdrowie człowieka, *Journal of Education, Health and Sport*. 6(9), s. 357-366, doi:10.5281/zenodo.62002.

¹³ Strzelczyk M., Kaniewski R., (2021), Konopie siewne *Cannabis sativa L.* – jeden z najstarszych gatunków roślin użytkowych, *Postępy Fitoterapii*, 1, s. 53-60, doi:10.25121/PF.2021.22.1.53.

¹⁴ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego*, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

¹⁵ Bartkiewicz J., (2018), Postawy i zachowania wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

¹⁶ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka ..., *op.cit.*, s. 49-59.

pochodzenia roślinnego i zwierzęcego do wzbogacania produktów ekstrudowanych. Stanowi również próbę wypełnienia luki aplikacyjnej poprzez stworzenie możliwości wykorzystania wyników przeprowadzonych prac badawczych do komercjalizacji nowego produktu rynkowego.

1. Jakość w świetle dyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości

1.1. Pojęcie jakości

Jakość stanowi ideę istotną z punktu widzenia rozwoju naukowego, sfer życia społecznego i gospodarczego¹⁷. Pojęcie to zaczęło nabierać swojego znaczenia z chwilą wystąpienia społecznego podziału pracy oraz wymiany dóbr i usług¹⁸. Zagadnienie jakości pozostaje nie bez związku z pojęciem wartości, czyli przedmiotem ludzkich dążeń.

W literaturze zagadnienie jakości (związane z niemierzalnością i opisem werbalnym) wciąż przeciwstawiane jest zagadnieniu ilości (opartemu na mierzalności i opisie liczbowym). Jest to jednak rozróżnienie błędne ze względu na możliwość określania ilości i jakości w różnych skalach pomiarowych i istnienie działu kwalimetrii w teorii jakości¹⁹. Współczesna nauka ze względu na abstrakcyjność niniejszego pojęcia ma problem z jego ustandaryzowaniem, dlatego jest ono często rozpatrywane ze względu na cel jakiego ma służyć, specyfikę obiektu czy w konwencji ujęć specjalistycznych^{20,21}.

Pomimo znaczącej ilości definicji jakości według Borysa (2012) wszystkie definicje związane są z jedną z dwóch interpretacji jakości:

- niewartościującą (opisowej/deskryptywnej, nieoceniającej) (jaka jest istota obiektu?),
- wartościującą (oceniającą, preferencyjną) (jaka jest ocena obiektu?).

Pozwala to na wyróżnienie dwóch kierunków badań: rozróżniania jakości i oceny ich stanów²². Trudność odnalezienia ogólnej definicji, mimo podejmowanych prób opartych o kwalitologię - naukę o jakości, skłoniła niektórych autorów do określenia jakości jako czegoś pierwotnego i niedefiniowalnego²³. Wśród różnych ujęć jakości wyróżnia się ujęcia ekonomiczne, filozoficzne, techniczne, ISO, TQM, Kaizen i marketingowe²⁴.

¹⁷ Przybyłowski P., Grudowski P., (2018), Nauki o jakości, ich miejsce i znaczenie w klasyfikacji dziedzin i dyscyplin naukowych oraz praktyce gospodarczej, *Problemy Jakości*, 7, s. 30-33. doi:10.15199/48.2018.7.4.

¹⁸ Mroczo F., (2012), Zarządzanie jakością, *Prace Naukowe Wałbrzyskiej Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości Seria: Zarządzanie*, Wałbrzych, s. 11-59.

¹⁹ Borys T., (2012), Interdyscyplinarność nauk o jakości, *Zarządzanie i Finanse*, 10(3), 1, s. 7-23.

²⁰ Tamże, s. 7-23.

²¹ Bielawa A., (2011), Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości, *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, 21, s. 143-152.

²² Borys T., (2012), Interdyscyplinarność, *op.cit.*, s. 7-23.

²³ Tamże, s. 7-23.

²⁴ Horbaczewski D., (2006), Filozoficzne źródła współczesnego pojmowania jakości, *Filozofia. Nauka. Jakość za Granicą*, 38, 10, s. 9-12.

Celem niniejszego rozdziału jest usystematyzowanie tej wiedzy. Różne ujęcia jakości przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Definicje jakości

Pojęcie jakości w ujęciu	Definicja
Filozoficznym (Platon)	Pewien stopień doskonałości. Sąd oceniającego subiektywnie zależny od doświadczenia
Filozoficznym (Lao Tse)	Doskonałość, perfekcja wykonania
Filozoficznym - ontologicznym (Arystoteles)	Jakością nazywam to, na mocy czego rzeczy są w pewien sposób określone
Technicznym	Zespół cech fizycznych, chemicznych, biologicznych itp., charakteryzujących dany produkt i odróżniających go od innych produktów
Ekonomicznym (B. Oyrzanowski)	Zdolność zaspokajania przez produkt pewnych potrzeb konsumentów i użytkowników
Kaizen (M. Imal)	To wszystko to co można poprawić
TQM (J. M. Juran)	Zgodność z przeznaczeniem lub celem
ISO	Jakość to stopień w jakim zbiór inherentnych właściwości spełnia wymagania
Marketingowym (V. A. Zeithmal, A. Parasuraman, L.A. Berry)	Jakość (usług) to realizacja spełniająca lub przekraczająca oczekiwania nabywcy

Zródło: opracowanie własne na podstawie: [Horbaczewski 2006; Bielawa 2011; Wojniłko 2017; Woźniak i Kud 2017].

Jakość w ujęciu filozoficznym rozumiana jest jako coś do czego dąży się intuicyjnie jednak bez możliwości jednoznacznego jej zdefiniowania. Pojęcie jakości widoczne było w naukach Platona, Stagiryta, Arystotelesa, Cycerona, Lao Tse, Kartezjusza, czy Kanta²⁵. Do innego spojrzenia na jakość zaliczyć należy jakość techniczną, której teoria tworzona była między innymi przez Dubowikowa (1969), Dulskiego (1971), Oyrzanowskiego (1970), Krencika (1965), Chwieduka, Miszewskiego. Podstawowym założeniem jakości technicznej jest pominięcie odbiorcy i skorzystanie ze wzorca, standardu, mówienie o cechach, które są istotą produktu^{26,27}. Jakość rozpatrywać można także z ujęcia ekonomicznego. Spojrzenie to definiowane przez Lwowa (1969), Kostrzewę (1974), czy Cholewicką-Goździk określało jakość w oparciu o ceny, koszty oraz wymagania klienta²⁸. Prokonsumenckim spojrzeniem na jakość charakteryzowało się też ujęcie marketingowe, skupiające się w znacznym stopniu na rynku. Znaczenie na współczesne

²⁵ Bielawa A., (2011), Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości, *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, 21, s. 143-152.

²⁶ Horbaczewski D., (2006), Filozoficzne źródła współczesnego pojmowania jakości, *Filozofia. Nauka. Jakość za Granicą*, 38, 10, s. 9-12.

²⁷ Bielawa A., (2011), Postrzeganie i rozumienie jakości ..., *op.cit.*, 143-152.

²⁸ Horbaczewski D., (2006), Filozoficzne źródła ..., *op.cit.*, 10, s. 9-12.

spojrzenie na jakość okazały się mieć definicje Deminga, Jurana, Fengelbauma czy Imala związane z obecnymi współcześnie filozofiami TQM i Kaizen²⁹.

Co istotne wśród współczesnych definicji jakości dostrzega się pewne podobieństwa - oparte o rolę podmiotu doznającego jakości (tab. 1). Według Horbaczewskiego znaczenie odbiorcy produktu lub usługi podkreślają spojrzenie Platona i ujęcie marketingowe, TQM czy ekonomiczne. Natomiast w ujęciach technicznym i ISO zauważa się wpływ myśli Arystotelesa – jakość to zespół swoistych cech odróżniających przedmiot^{30,31}. Związki dostrzega się także pomiędzy filozofią dążenia do doskonałości reprezentowanej przez LaoTse oraz filozofią Kaizen³². Refleksja na ile subiektywny odbiór produktu przez konsumenta ma wpływ na jego jakość jest więc obecna od początku istnienia tego pojęcia aż do czasów współczesnych.

Współcześni autorzy przy tworzeniu definicji najczęściej bliżsi są spojrzeniu Platona niż Arystotelesa, podkreślają oni w definicjach jakości spełnienie lub przekroczenie oczekiwań klienta. Analizując dynamikę rozwoju pojęcia uznaje się zadowolenie klienta, czyli wzgląd użyteczny za przyczynę rozwoju jakości. Ma to bez wątpienia związek ze zmianami społecznymi i ekonomicznymi jak bogacenie się obywateli, wzrost znaczenia usług i rosnący poziom konkurencji³³.

Podobnie Garvin (1984) wśród 7 kategorii jakości wyróżniał jakość odnoszącą się do użytkownika, opartą na subiektywnej ocenie konsumenta i jakość odnoszącą się do produktu stanowiącą sumę ocenianych atrybutów produktu (zmienną mierzalną i precyzyjną), czy jakość odnoszącą się do wytwarzania, czyli zgodność z założonym projektem^{34,35}.

W tabeli 2 przedstawiono teorię Garvina.

²⁹ Horbaczewski D., (2006), Filozoficzne źródła współczesnego pojmowania jakości, *Filozofia. Nauka. Jakość za Granicą*, 38, 10, s. 9-12.

³⁰ Tamże, s. 9-12.

³¹ Bielawa A., (2011), Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości, *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, 21, s. 143-152.

³² Horbaczewski D., (2006), Filozoficzne źródła, *op.cit.*, s. 9-12.

³³ Mroczo F., (2012), Zarządzanie jakością, *Prace Naukowe Wałbrzyskiej Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości Seria: Zarządzanie*, Wałbrzych, s. 11-59.

³⁴ Bielawa A., (2011), Postrzeganie i rozumienie jakości, *op.cit.*, s. 143-152.

³⁵ Mroczo F., (2012), Zarządzanie jakością....., *op.cit.*, s. 11-59.

Tabela 2. Teoria Garvina

	Definicja	Słaby punkt ujęcia
Jakość bezwzględna, ogólna, transcendentna	Stan doskonałości, pozwalający odróżnić świetną jakość od kiepskiej jakości, dobroć produktu	Brak możliwości przełożenia na konkretne działania
Jakość odnosząca się do produktu	Suma atrybutów produktu, zdolność do wykonywania zadań	Pominięcie aspektów kosztowych osiągnięcia jakości produktu i potrzeb klienta
Jakość odnosząca się do wytwarzania (produkcji)	Stopień spełnienia przez produkt wymagań projektu lub specyfikacji, zgodność z wymaganiami zewnętrznymi i wewnętrznymi	Konieczność zapewnienia odpowiedniej jakości specyfikacji. Zgodność ze specyfikacją złej jakości skutkuje obniżeniem jakości produktu
Jakość odnosząca się do użytkownika	Jakość oparta o subiektywną ocenę użytkownika wyrobu, spełnienie wymagań klienta	Brak możliwości stosowania definicji w działaniach produkcyjnych z powodu braku danych technicznych
Jakość odnosząca się do wartości	Stopień doskonałości przy akceptowanej cenie i sterowanie zmiennością przy akceptowalnym koszcie (połączenie kategorii związanych z użytkownikiem produkcją i produktem)	-
Jakość wielowymiarowa	Wykonanie, dodatkowe wyposażenie, zgodność, estetyka, wytrzymałość, zdolność do działania, postrzegana jakość	-
Jakość strategiczna	Jedna z dróg odróżniających produkt od konkurencyjnego – konieczna w obszarach istotnych dla klienta	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Bielawa 2011; Mroczko 2012].

Autorzy definicji wielowymiarowych, m.in. Garvin, zauważyli jednak niedoskonałość jednowymiarowego postrzegania jakości i wskazali na konieczność tworzenia definicji stanowiących połączenie różnych kategorii jakości (tab. 2)³⁶. Skupienie się bowiem wyłącznie na jakości produktu powodowało pominięcie problemu kosztów osiągnięcia jakości i potrzeb klienta. Skupienie się wyłącznie na jakości odnoszącej się do użytkownika (jego potrzebach i oczekiwaniach z pominięciem danych technicznych) nie pozwalało na bezpośrednie zastosowanie wiedzy o konsumencie w etapie produkcji³⁷. Dla producenta produkt wysokiej jakości stanowić będzie bowiem produkt zyskowny, konkurencyjny, mający znaczący udział w rynku, poddawany procesom ciągłego doskonalenia. Konsument za produkt wysokiej jakości uzna natomiast produkt pełniący swoją funkcję, ekonomiczny, komfortowy w użytkowaniu, niezawodny, niepowodujący znacznego obciążenia środowiska³⁸. Dokonując krótkiego przeglądu teorii jakości można wnioskować, że jakość jest dążeniem do doskonałości. Wymusza

³⁶ Mroczko F., (2012), Zarządzanie jakością, Prace Naukowe Wałbrzyskiej Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości Seria: Zarządzanie, Wałbrzych, s. 11-59.

³⁷ Tamże, s. 11-59.

³⁸ Bielawa A., (2011), Postrzeganie i rozumienie jakości, *op.cit.*, s. 143-152.

zatem uwzględnienie wymagań technicznych i zadowolenia klienta. Taka filozofia przyjęta przez przedsiębiorstwo jest czynnikiem powodującym zmiany, czynnikiem twórczo rozwijającą organizację³⁹.

1.2. Jakość żywności

Szczególnie istotnym zagadnieniem jest jakość żywności, definiowana jako ogół cech i właściwości produktu decydujących o zdolności zaspokojenia potrzeb konsumenta (parametr subiektywny). Zadaniem żywności jest jednak dostarczenie organizmowi podstawowych składników budulcowych (w tym białka) oraz wszelkich innych potrzebnych substancji biologicznie aktywnych (m.in. witaminy, antyoksydanty, flawonoidy). Z tego względu możliwe jest obiektywne określenie zdrowotności żywności, na którą składa się jej wartość biologiczna i bezpieczeństwo zdrowotne⁴⁰. Wartość biologiczna żywności określana jest jako przydatność produktu do pokrywania potrzeb organizmu związanych z przemianami metabolicznymi, natomiast bezpieczeństwo zdrowotne określa się jako brak zagrożeń pasożytniczych, mechanicznych, radiacyjnych po spożyciu żywności, z uwzględnieniem spożywaniu produktów przez dłuższy czas (wpływ kumulatywny)⁴¹. Jakość żywności może być oceniana ponadto w aspekcie jakości handlowej definiowanej jako cechy artykułu rolno-spożywczego dotyczące jego właściwości organoleptycznych, fizykochemicznych i mikrobiologicznych w zakresie technologii produkcji, wielkości lub masy oraz wymagania wynikające ze sposobu produkcji, opakowania, prezentacji oznakowania, nieobjęte wymaganiami sanitarnymi, weterynaryjnymi lub fitosanitarnymi⁴².

1.3. Rola oceny jakości w dyscyplinie

Dyscyplina Nauk o Zarządzaniu i Jakości obejmuje 23 subdyscypliny dotyczące zarówno nurtu praktycznego i teoretycznego zarządzania i porusza zagadnienia z poziomu strategicznego, operacyjnego i funkcjonalnego. Subdyscypliny zaproponowane przez PAN przedstawiono w tabeli 3.

³⁹ Mroczo F., (2012), Zarządzanie jakością, ..., *op.cit.*, s. 11-59.

⁴⁰ Woźniak L., Kud K., (2017), Jakość biologiczna i zdrowotna żywności jako podstawowa wartość dla konsumenta, *Zarządzanie i Finanse*, 15, 2, s. 329-341.

⁴¹ Tamże, s. 329-341.

⁴² Kowalczyk S., (2014), Bezpieczeństwo i jakość polskiej żywności, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów, Rolnictwa i Agrobiznesu*, 16, 4, s. 147-152.

Tabela 3. Subdyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości

Nurt praktyczny				Nurt teoretyczny
Poziomy zarządzania			Typy organizacji	
Poziom strategiczny	Poziom operacyjny	Poziom funkcjonalny		
Zarządzanie strategiczne	Wspomaganie decyzji menedżerskich	Zarządzanie technologią i produkcją	Zarządzanie organizacjami gospodarczymi	Teoria organizacji i zarządzania
Przedsiębiorczość	Zarządzanie procesami	Zarządzanie usługami	Zarządzanie publiczne i NGO	Metodologia nauk o zarządzaniu
-	Zarządzanie projektami	Zarządzanie finansami przedsiębiorstwa	-	Studia krytyczne w naukach o zarządzaniu
-	Zarządzanie wiedzą i informacją	Zarządzanie logistyką	-	-
-	Zarządzanie innowacjami	Zarządzanie zasobami ludzkimi	-	-
-	Zarządzanie jakością	Zarządzanie marketingiem	-	-
-	Zachowania organizacyjne	Zarządzanie wartościami niematerialnymi	-	-

Zródło: opracowanie własne na podstawie: [Knoiz Pan 2020].

Współczesna dyscyplina nauk o zarządzaniu i jakości stanowi tematykę o wielowymiarowym zasięgu obejmującą bezpośrednio zagadnienia: nauk o zarządzaniu, nauk o jakości i inne interdyscyplinarne problemy z pogranicza różnych dyscyplin, nie mieszczących się wyłącznie w dziedzinie nauk społecznych⁴³. Do grupy tej należy dołączyć obecnie również zakres zainteresowania towaroznawstwa – nauk o jakości^{44,45}.

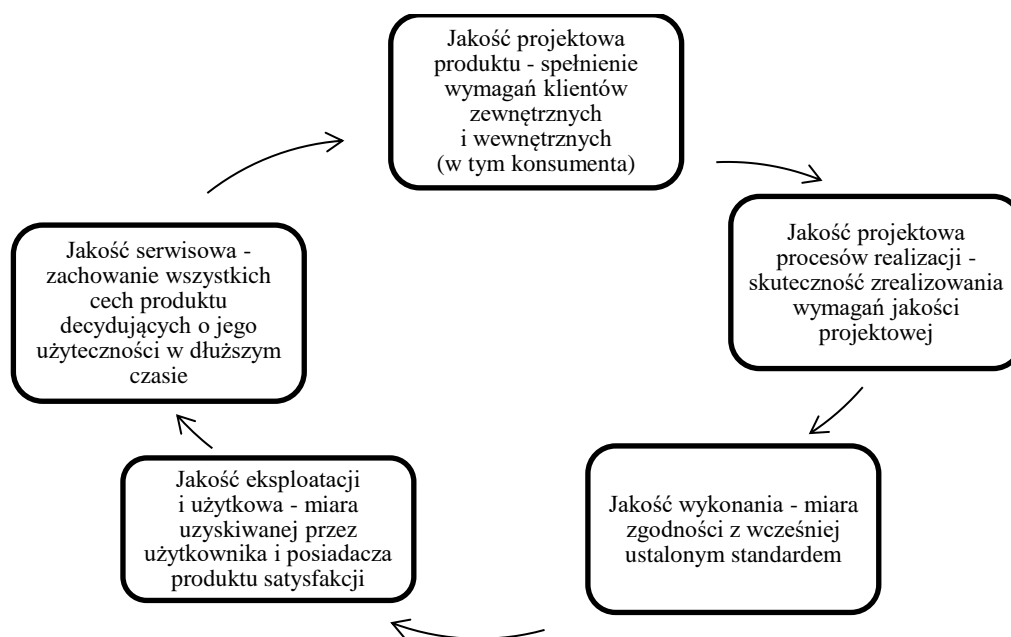
W literaturze istnieje wiele interpretacji nauk o jakości oraz ich miejsca w naukach o zarządzaniu i jakości. W ramach nowego spojrzenia na zakres zainteresowania towaroznawstwa w naukach o zarządzaniu konieczne jest ujmowanie wiedzy o produktach (towarach) problemowo i procesowo, z uwzględnieniem ich kompleksowości, a przede wszystkim z uwzględnieniem stawianych przed nimi zadań i wyzwań czasu - zmian otaczającego środowiska przyrodniczego i społecznego, z uwzględnieniem najnowszych trendów rozwoju współczesnego świata. Mimo iż kluczowym pojęciem nauk o jakości wciąż jest jakość, postrzegana ona musi

⁴³ Jałowiec T., (2019), Logistyka wojskowa jako obszar poznania nauk o zarządzaniu i jakości, *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 71, 5, s. 217-228, doi:10.33226/1231-2037.2019.5.19.

⁴⁴ Tamże, s. 217-228.

⁴⁵ Lotko M., (2021), Towaroznawstwo w naukach o zarządzaniu i jakości, *Problemy Jakości*, 53, 4, s. 9-14, doi:10.15199/46.2021.4.2.

być obecnie jako jeden z głównych filarów sukcesu rynkowego opartego o koncentrację na pełnym cyklu życia produktu (faza innowacyjna, rynkowa i porynkowa) (rys. 1)⁴⁶.



Rys. 1. Jakość produktu z uwzględnieniem cyklu życia

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Bielawa 2011].

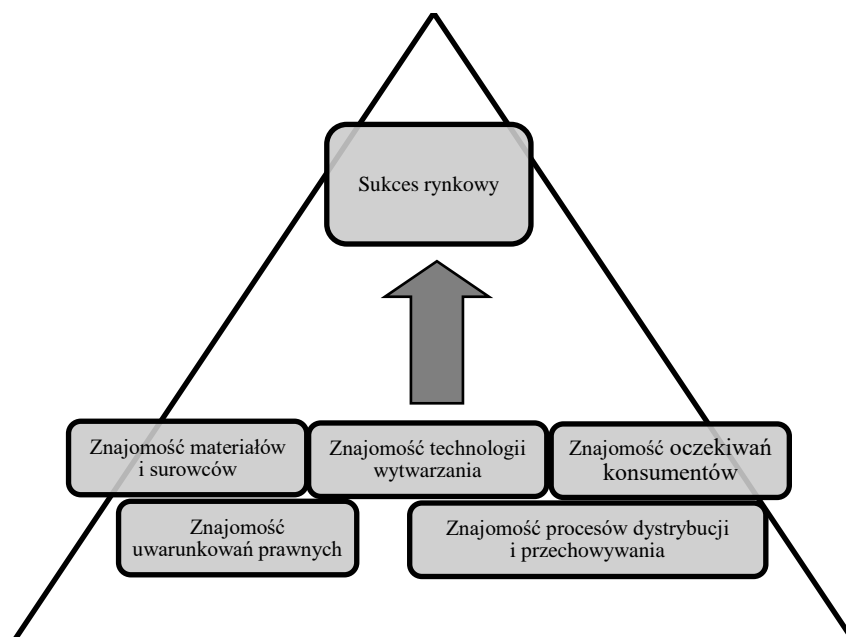
Ważnym wyróżnikiem, koniecznym do zrozumienia tożsamości towaroznawstwa (nauk o jakości) w naukach o zarządzaniu jest jego interdyscyplinarność i interdyscyplinowość, która pozwala na połączenie nie tylko z dziedziną nauk ekonomicznych, ale także na zasadzie wzajemności z naukami przyrodniczymi czy technicznymi^{47,48}. Jest to powodem podziału na tzw. towaroznawstwo twarde (włączone do inżynierii materiałowej, czy nauk rolniczych) oraz towaroznawstwo miękkie, którego głównym przedmiotem badań jest relacja między produktem i konsumentem - badanie potrzeb i oczekiwań klientów, projektowanie jakości z punktu widzenia konsumenta oraz badanie wpływu jakości na kształtowanie relacji producent – konsument⁴⁹.

⁴⁶ Salerno-Kochan R., Popek S., Halagarda M., Krzywonos M., (2020), Nauki o Jakości jako subdyscyplina, *op.cit.*, s. 3-12, doi:10.33141/po.2020.08.01.

⁴⁷ Jałowicz T., (2019), Logistyka wojskowa jako obszar poznania nauk o zarządzaniu i jakości, *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, 71, 5, s. 217-228, doi:10.33226/1231-2037.2019.5.19.

⁴⁸ Lotko M., (2021), Towaroznawstwo w naukach o zarządzaniu i jakości, *Problemy Jakości*, 53, 4, s. 9-14, doi:10.15199/46.2021.4.2.

⁴⁹ Lotko M., (2021), Towaroznawstwo w naukach, *op.cit.*, s. 9-14.



Rys. 2. Podstawy sukcesu rynkowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Salerno-Kochan i in. 2020; Lotko 2021].

W ocenie wielu autorów kluczowa dla nauk o jakości okazuje się więc być znajomość i łączenie elementów: rynku i postaw konsumentów, ale także natury wyrobów i surowców, które pozwalają na określenie nowych trendów ciągłego, jakościowego rozwoju produktu i jego doskonalenia^{50,51}. Priorytetowe są więc badania ukierunkowane na konsumentów, które swoim zakresem obejmują identyfikację i weryfikację ich oczekiwań oraz potrzeb, a w przypadku tworzenia nowego produktu, sprawdzenie ich opinii, preferencji, czy postaw i zachowań. Powyższa praktyka nie może mieć jednak miejsca bez określenia czynników wpływających na właściwości (cechy) produktów oraz poziomów wymagań dla parametrów je określających (fizyczne, funkcjonalne, strukturalne)⁵². Niniejsze podejście pozwala na odzwierciedlenie wyników badań konsumenckich w wyznaczonych charakterystycznymi dla oceny jakości metodami parametrach technicznych i cechach organoleptycznych produktów⁵³. Należy jednak podkreślić różnicę między prowadzeniem badań typowych dla technologii żywności oraz inżynierii materiałowej i badań dotyczących doskonalenia jakości produktu

⁵⁰ Salerno-Kochan R., Popek S., Halagarda M., Krzywonos M., (2020), Nauki o Jakości ...*op.cit.*, s. 3-12, doi:10.33141/po.2020.08.01.

⁵¹ Lotko M., (2021), Towaroznawstwo w naukach o zarządzaniu i jakości, Problemy Jakości, 53, 4, s. 9-14, doi:10.15199/46.2021.4.2.

⁵² Salerno-Kochan R., Popek S., Halagarda M., Krzywonos M., (2020), Nauki o Jakości, *op.cit.*, s. 3-12, doi:10.33141/po.2020.08.01.

⁵³ Salerno-Kochan R., Popek S., Halagarda M., Krzywonos M., (2020), Nauki o Jakości, *op.cit.*, s. 3-12, doi:10.33141/po.2020.08.01.

w pełnym cyklu jego życia, w aspekcie społecznym, mającym za zadanie ochronę interesów konsumenta, z zastosowaniem wiedzy, narzędzi i metod własnych, a także stosowanych w innych naukach, w tym przyrodniczo - technicznych⁵⁴.

Powyższa komplementarność metod przyrodniczych i społecznych w naukach o jakości i jej miejsce w naukach o zarządzaniu i jakości uzasadniona być może także eklektycznością dyscypliny nauk o zarządzaniu, która łączy w sobie dorobek i tradycje wielu dziedzin nauk i zapożyczająca z nich przydatne z własnej perspektywy badawczej elementy oraz jej intensywnym rozwojem i ewolucją w odpowiedzi na potrzeby praktyki w porównaniu do innych dziedzin nauki o ustalonych już tradycjach. Skutkuje to wciąż intensywnymi zmianami w dyscyplinie i włączaniu nowych obszarów zainteresowań, aby móc jednocześnie zaspokajać potrzeby rozwijania teorii i rozwiązywania problemów praktyki⁵⁵.

1.4. Doskonalenie jakości

Zapotrzebowanie rynku na produkty wysokiej jakości skłania producentów żywności do ciągłego doskonalenia jakości produktów. Za najbardziej znane definicje doskonalenia uznaje się definicje z norm ISO. Postanowienia ogólne normy stanowią, że: organizacja powinna określić i wybrać możliwości doskonalenia oraz wdrożyć wszelkie niezbędne działania mające na celu spełnienie wymagań klienta i zwiększenie zadowolenia klienta⁵⁶.

Możliwości doskonalenia obejmują w tym wypadku oprócz doskonalenia funkcjonowania i skuteczności systemu zarządzania jakością, także doskonalenie wyrobów i usług w celu spełnienia wymagań klienta, jak również uwzględnienie przyszłych potrzeb i oczekiwań oraz korygowanie, zapobieganie lub ograniczanie niepożądanych skutków⁵⁷.

W ujęciu marketingowym doskonalenie jakości określa się jednak jako dążenie do doskonałości i uzyskanie stanu lepszego od wyjściowego⁵⁸.

Doskonalenie jakości produktów jest głównym działaniem przedsiębiorstw. Związane jest bezpośrednio z opracowywaniem w przemyśle i efektywny sposób

⁵⁴ Tamże, s. 3-12.

⁵⁵ Jałowicz T., (2019), Logistyka wojskowa jako obszar poznania nauk o zarządzaniu i jakości, *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 71, 5, s. 217-228, doi:10.33226/1231-2037.2019.5.19.

⁵⁶ PN-EN ISO 9001:2015-10, Systemy zarządzania jakością – Wymagania.

⁵⁷ PN-EN ISO 9001:2015-10, Systemy zarządzania jakością – Wymagania.

⁵⁸ Ząbek J., (2015), Doskonalenie jakości (wyrobów) konsekwencją nowelizacji prawa konsumenckiego, *Problemy Jakości*, 47, 9, s. 10-17, doi:10.15199/46.2015.9.2.

procesów produkcji wyrobów. Realizowane jest ono w ramach podejmowania odpowiednich działań, poprzez które możliwe jest wykrycie oraz wyeliminowanie ewentualnych niezgodności produktów⁵⁹. Skuteczne działania doskonalące, mające na celu poprawę jakości produktów spożywczych, możliwe są więc m.in. dzięki efektywnemu identyfikowaniu, a następnie rozwiązywaniu problemów toku produkcji⁶⁰. Ważnym problemem badawczym jest zrozumienie idei doskonalenia odnoszonej zarówno do fizycznych parametrów wyrobów, jak i parametrów nieidentyfikowanych fizycznie – rozumianych w kategoriach spełniania rosnących oczekiwań konsumenta⁶¹. Doskonalenie jakości produktów spożywczych jest więc odzwierciedleniem dążeń producentów do dostarczenia konsumentom wyrobów zdrowych, bezpiecznych oraz spełniających ich preferencje⁶².

Doskonalenie jakości odbywać się może poprzez poszukiwanie niezgodności i zastosowanie odpowiednich instrumentów zarządzania jakością: burza mózgów, diagram przyczynowo-skutkowy, wielokrotne głosowanie i metoda 5Why, dom jakości (QFD)^{63,64,65}. Powyższe spojrzenie na doskonalenie jakości nie jest jednak jedynym. Doskonalenie jakości produktów żywnościowych obserwowane jest bowiem także na drodze zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko (LCA) produktu żywnościowego oraz doskonalenia jakości technicznej produktów poprzez działania innowacyjne^{66,67}.

⁵⁹ Siwiec D., Pacana A., (2020), Połączona metoda doskonalenia jakości produktów, *Motivation. Trust. Environment*, Ružomberok, pp. 112-120.

⁶⁰ Kowalska M., Paździor M., (2015), Zastosowanie diagramu Ishikawy jako narzędzia doskonalenia jakości produktów spożywczych, *Postępy i Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, s. 136-139.

⁶¹ Ząbek J., (2015), Doskonalenie jakości ...*op.cit.*, s. 10-17, doi:10.15199/46.2015.9.2.

⁶² Kowalska M., Paździor M., (2015), Zastosowanie diagramu, *op.cit.*, s. 136-139.

⁶³ Tamże, s. 136-139.

⁶⁴ Gadzała K., Wypchły A., Lesiów T., (2018), Wykorzystanie metody projektu w doskonaleniu jakości produktów żywnościowych, *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 4(31), s. 9-30, doi:10.15611/nit.2018.4.01.

⁶⁵ Siwiec D., Pacana A., (2020), Połączona metoda, *op.cit.*, pp. 112-120.

⁶⁶ Urbaniak M., (2007), Rola aspektów środowiskowych w doskonaleniu jakości produktów, *Problemy Jakości*, 8, s. 29-35.

⁶⁷ Skrzypek A., (2019), Doskonalenie jako szansa na sukces rynkowy organizacji, *Problemy Jakości*, 12, s. 3-10, doi:10.15199/46.2019.12.1.

W literaturze przedmiotu obserwuje się liczne prace omawiające doskonalenie jakości żywności poprzez zastosowanie innych, nowych technologii produkcji^{68,69,70} i surowców oraz dodatków^{71,72,73,74,75,76,77}. Jednakże kluczowe wydaje się porównanie cech produktu, ważnych z punktu widzenia oczekiwań konsumenta oraz jego parametrów technicznych, często z uwzględnieniem produktów konkurencyjnych⁷⁸.

-
- ⁶⁸ Garcia-Gimenez G., Jobling S. A., (2022), Gene editing for barley grain quality improvement, *Journal of Cereal Science*, 103, doi:10.1016/j.jcs.2021.103394.
- ⁶⁹ Tumpanuvat T., Jittanit W., (2022), Quality improvement of refrigerated ready-to-eat cooked brown rice by adding gellan gum and trehalose with ohmic heating compared to conventional cooking method, *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, 4, pp. 1-17, doi:10.1111/jfpp.16443.
- ⁷⁰ Hu L., Chen X., Lin R., Xu T., Xiong D., Li L., Zhao Z., (2023), Quality Improvement in Apple Ciders during Simultaneous Co-fermentation through Triple Mixed-Cultures of *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kudriavzevii* and *Lactiplantibacillus plantarum*, *Foods*, 12(3), 655, pp. 1-16, doi:10.3390/foods12030655.
- ⁷¹ Jiang S., Cai W., Xu B., (2013), Food Quality Improvement of Soy Milk Made from Short-Time Germinated Soybeans, *Foods*, 2(2), pp. 198-2012, doi:10.3390/foods2020198.
- ⁷² Lü Y., Chen J., Li X., Ren L., He Y., Qu L. B., (2014), Study on processing and quality improvement of frozen noodles, *LWT – Food Science and Technology*, 59, 1, pp. 403-410, doi:10.1016/j.lwt.2014.05.046.
- ⁷³ Kim Y., Kee J., Lee S., Yoo S.H., (2014), Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase, *Food Chemistry*, 145, pp. 409-416, doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.078.
- ⁷⁴ Su X., Wu F., Zhang Y., Yang Na., Chen F., Jin Z., Xu X., (2019), Effect of organic acids on bread quality improvement, *Food Chemistry*, 278, pp. 267-275, doi:10.1016/j.foodchem.2018.11.011.
- ⁷⁵ Tunnarut D., Nopwinyuwong A, Tanakamolpradit T., (2022), Quality improvement of plant-based patty using methylcellulose, κ -carrageenan and xanthan gum, *Journal of Current Science and Technology*, 12, 2, pp. 327-335.
- ⁷⁶ He Y., Zhang C., Zheng Y., Xiong H., Ai C., Cao H., Xiao J., El-Seedi H., Chen L., Teng H., (2023), Effects of blackberry polysaccharide on the quality improvement of boiled chicken breast, *Food Chemistry: X*, 18, pp. 1-9, doi:10.1016/j.fochx.2023.100623.
- ⁷⁷ Lee J.S., Yusoff N., Ho A.L., Siew C.K., Akanda J.H., Tan W.X., (2023), Quality Improvement of Green Saba Banana Flour Steamed Cake, *Applied Sciences*, 13(4), 2421, pp. 1-15, doi:10.3390/app13042421.
- ⁷⁸ Gadzała K., Wypchły A., Lesiów T., (2018), Wykorzystanie metody projektu w doskonaleniu jakości produktów żywnościowych, *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 4(31), s. 9-30, doi:10.15611/nit.2018.4.01.

2. Doskonalenie jakości produktu żywnościowego

2.1. Doskonalenie jakości przez proces ekstruzji

2.1.1. Charakterystyka procesu ekstruzji

Ekstruzja jest procesem łączącym wiele operacji technologicznych: mieszanie składników, ścinanie, procesy ogrzewania i chłodzenia oraz kształtowanie i formowanie. W wyniku procesu ekstruzji wytwarza się półprodukty i produkty gotowe, w tym m.in. wyroby przekąskowe⁷⁹. Proces ekstruzji ma zastosowanie w produkcji żywności od lat 40 XX wieku i w ogólnym zarysie stanowi operację technologiczną wytłaczania materiału sypkiego pod wysokim ciśnieniem i w wysokiej temperaturze, powodującą uplastycznienie przetwarzanej masy i wywołującą w przetwarzanym materiale istotne zmiany fizykochemiczne^{80,81}. Wybrane definicje procesu ekstruzji zawarto w tabeli 4.

Tabela 4. Definicje procesu ekstruzji

Autor	Treść definicji
Biller 2005	Termiczno-ciśnieniowa obróbka surowców. Proces składający się z etapów ściskania i mieszania w kontrolowanych warunkach temperatury i ciśnienia materiału rozdrobnionego, zmiany stanu produktu do półstałego i przeciskania przez szczelinę z ustaloną prędkością.
Singh et al. 2007	Wysokotemperaturowy, krótkotrwały proces, w którym wilgotne, ekspansywne, skrobiowe i/lub białkowe surowce spożywcze są uplastyczniane, gotowane w ekstruderze pod wpływem działania wilgoci, ciśnienia, temperatury i mechanicznego ścinania, powodując transformację molekularną i reakcje chemiczne.
Pijanowski, et al. 2004	Wytłaczanie termoplastyczne materiału poddanego uprzednio obróbce mechanicznej.
Emin 2016	Proces termomechaniczny, w którym materiały są fizycznie i chemicznie przekształcane w wyniku naprężeń termicznych i mechanicznych generowanych przez obracające się ślimaki i podgrzewane cylindry, a następnie formowane i kształtowane przez przepychanie przez zwężenie lub dyszę.
Berk 2013	Proces termomechaniczny, w którym poprzez transport ciepła i masy oraz zmiany ciśnienia oraz ścinanie uzyskiwane są efekty takie jak, jak gotowanie, sterylizacja, suszenie, topienie, chłodzenie, teksturowanie, mieszanie, ugniatanie, konszowanie, zamrażanie, formowanie itp.
Adekola 2016	Proces gotowania HTST (high temperaturę short time) połączony z innymi operacjami technologicznymi jak transport, ugniatanie, ogrzewanie, formowanie prowadzony w jednym urządzeniu.

Zródło: opracowanie własne na podstawie: [Pijanowski i in. 2004; Biller 2005; Singh i in. 2007; Berk 2013; Adekola 2016; Emin 2016].

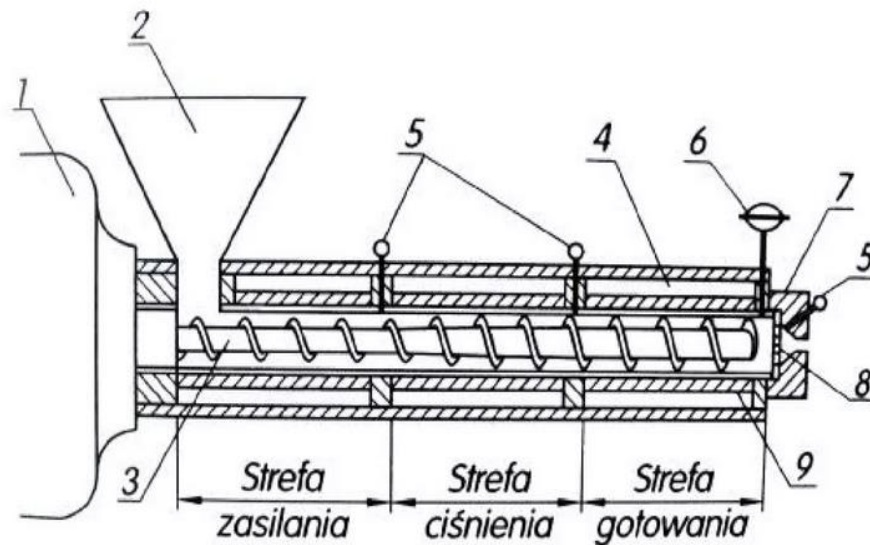
⁷⁹ Biller E., (2005), *Technologia żywności, wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 125-139.

⁸⁰ Ruszkowska M., (2018), *Jakość*, *op.cit.*, s. 41-46.

⁸¹ Wójtowicz A., (2018), *Ekstruzja – wybrane aspekty techniczne i technologiczne*, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 595, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

Proces ekstruzji realizowany jest w urządzeniach zwanych ekstruderami, których główne elementy stanowią: jednostka napędowa z elementami sterującymi, korpus ekstruzyjny i urządzenie tnące⁸². W budowie ekstrudera wyróżnić więc można takie elementy jak: komora termiczno-ciśnieniowa ze ślimakiem, płaszczem parowym i doprowadzeniem wody (system grzania i chłodzenia), dysza przez którą wytłaczany jest produkt, a ponadto obrotowy nóż, instrumenty pomiarowe i silnik^{83,84,85,86}.

Przykładową, schematyczną budowę ekstrudera jednoślimakowego przedstawiono na rysunku 3.



1 – napęd, 2 – lej zasilający, 3 – ślimak ze wzrastającą średnicą, 4 – płaszcz parowy, 5 – termoelementy, 6 – przetwornik ciśnienia, 7 – głowica, 8 – matryca, 9 – cylinder z utwardzoną wkładką

Rys. 3. Budowa ekstrudera jednoślimakowego

Źródło: [Bajor 2007].

Na końcowy efekt procesu i jakość ekstrudatów wpływa wiele czynników, które można podzielić na trzy główne grupy: rodzaj urządzenia stosowanego do ekstruzji,

⁸² Bajor D., (2007), *Piekarz. Wytwarzanie specjalnych wyrobów piekarskich*, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom, s. 18-26.

⁸³ Pijanowski E., Dłużniewski M., Dłużniewska A, Jarczyk A, (2004), *Ogólna technologia żywności* (wyd. 8), Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, s. 194-196.

⁸⁴ Biller E., (2005), *Technologia żywności, wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 125-139.

⁸⁵ Bajor D., (2007), *Piekarz. Wytwarzanie specjalnych ...*, *op.cit.*, s. 18-26.

⁸⁶ Berk Z., (2013), *Food process engineering and technology* (2nd edition), Elsevier, London, pp. 379-393.

zastosowane parametry procesu (m.in. pH, ciśnienie, temperatura, czas przebywania w ekstruderze) oraz surowce wykorzystane do produkcji ekstrudatów^{87,88}.

Podstawowym i najczęściej spotykanym podziałem ekstruderów jest podział na ekstrudery jednoślimakowe i dwuślimakowe. Stosowane urządzenia różnicować może jednak: konstrukcja cylindra, kierunek ruchu ślimaków, rodzaj zwoi ślimacznicy, gęstość uzwojenia ślimaka, sposób przemieszczania mieszanki i dostarczania energii mechanicznej oraz kształt rdzeni ślimaka^{89,90,91,92,93}.

Ciśnienie wyłaczania w procesie ekstruzji dochodzić może do 20-25 MPa, a temperatura procesu w zależności od rodzaju ekstruzji wynieść 120-200°C (ekstruzja wysokotemperaturowa), 65-120°C (ekstruzja niskotemperaturowa), 50-65°C (ekstruzja „na zimno”)^{94,95}. Wydajność urządzeń w zależności od ich budowy i wymagań procesowych jest różna i waha się od kilku gramów do kilku ton na godzinę⁹⁶.

Proces ekstruzji rozpoczyna się od umieszczenia składników suchych w zbiorniku za pomocą przenośników, następnie składniki przetransportowane są do kondycjonera i mieszane wraz ze składnikami mokrymi. Kolejnym etapem jest upłynnienie i uplastycznienie gęstwy w cylindrze, następnie materiał transportowany jest do wylotu ekstrudera i przepychany pod wysokim ciśnieniem przez dyszę oraz odcinany obrotowym nożem. Wysoka temperatura procesu osiągnana jest podczas trwania procesu dzięki zastosowaniu elementów grzewczych, ale także poprzez zamianę energii tarcia w energię cieplną⁹⁷.

Przebieg procesu ekstruzji przedstawiono na rysunku 4.

⁸⁷ Pijanowski E., Dłużniewski M., Dłużniewska A., Jarczyk A., (2004), Ogólna technologia żywności (wyd. 8), Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, s. 194-196.

⁸⁸ Biller E., (2005), Technologia żywności, wybrane zagadnienia, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 125-139.

⁸⁹ Pijanowski E., Dłużniewski M., Dłużniewska A., Jarczyk A., (2004), Ogólna technologia, *op.cit.*, s. 194-196.

⁹⁰ Biller E., (2005), Technologia żywności,, *op.cit.*, s. 125-139.

⁹¹ Berk Z., (2013), Food process, *op.cit.*, pp. 379-393.

⁹² Adekola K., (2016), Engineering Review Food Extrusion Technology and Its Applications, Journal of Food Science and Engineering, 6, pp. 149-168, doi:10.17265/2159-5828/2016.03.005.

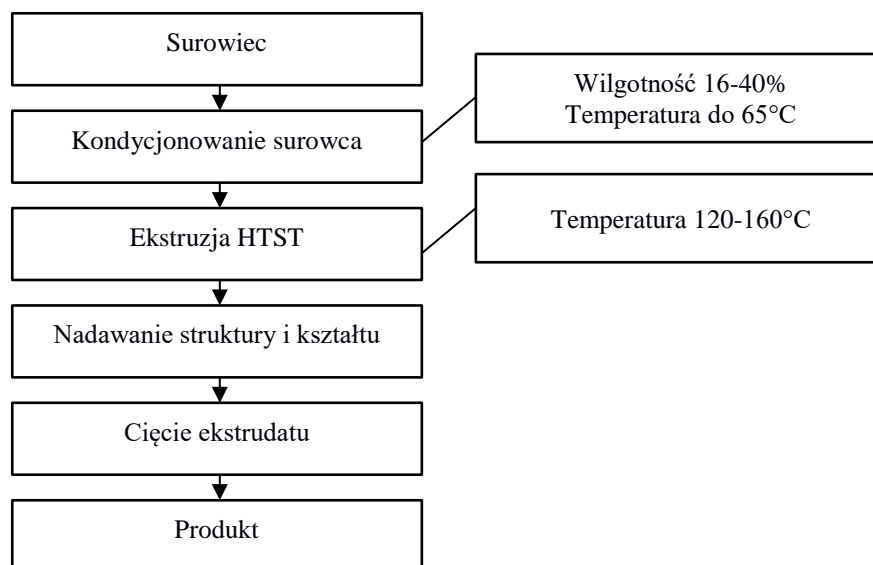
⁹³ Wójtowicz A., (2018), Ekstruzja –, *op.cit.*, s. 131-144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

⁹⁴ Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A., (2007), Technika ekstruzji, *op.cit.*, s. 11-28.

⁹⁵ Wójtowicz A., (2018), Ekstruzja....., *op.cit.*, s. 131-144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

⁹⁶ Emin M., (2016), Extrusion, In: Reference Module in Food Sciences, Elsevier, pp. 1-2, doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.03413-2.

⁹⁷ Berk Z., (2013), Food process, *op.cit.*, pp. 379-393.



Rys. 4. Etapy procesu wytwarzania produktów ekstrudowanych

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Obuchowski i Michniewicz 1993].

Do podstawowych zalet procesu ekstruzji zaliczyć można przede wszystkim: wszechstronność procesu, niski koszt, brak powstających ścieków poprodukcyjnych, pracę w długich cyklach produkcyjnych, wydajność procesu, sprawność energetyczną, stosunkowo niewielkie rozmiary urządzenia, niewielkie nakłady pracy, wszechstronność urządzenia przy niewielkich jego modyfikacjach, a przede wszystkim możliwość wykorzystywania różnorodnych (suchych i lepkich) materiałów^{98,99,100}. Wymienione powyżej zalety procesu ekstruzji umożliwiają tym samym doskonalenie jakości produktów. Wzbogacenie surowca podstawowego (strukturotwórczego) w inne składniki, przy odpowiednim doborze parametrów procesu ekstruzji, umożliwiają wytworzenie produktów charakteryzujących się różnorodnym kształtem, barwą, wysokim współczynnikiem strawności, ale także prawdopodobnie wyższą wartością

⁹⁸ Wójtowicz A., (2018), Ekstruzja, *op.cit.*, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

⁹⁹ Berk Z., (2013), Food process, *op.cit.*, pp. 379-393.

¹⁰⁰ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), Food extrusion: Effects on micronutrients, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp. 602-603.

odżywczą w porównaniu z produktem wytworzonym wyłącznie z surowca strukturotwórczego (m.in. kaszki kukurydzianej)^{101,102,103,104,105}.

Na zawartość składników odżywczych w wytworzonych ekstrudatach wpływa skład i wilgotność mieszanki, rozmiar cząsteczek mieszanki, prędkość posuwu, konfiguracja ślimaków, prędkość obrotu ślimaków, geometria dyszy oraz ciśnienie i temperatura procesu¹⁰⁶. Z tego względu wartość żywniowa ekstrudatów jest często inna niż surowca wyjściowego.

Zależnie od składu mieszanki można uzyskać produkt o różnej strukturze, a każda zmiana receptury wymaga indywidualnego doboru parametrów procesu¹⁰⁷. Surowce wykorzystywane w procesie ekstruzji to przede wszystkim:

- surowce wysokoskrobiowe pełniące rolę strukturotwórczą: ryż, kukurydza, susz ziemniaczany, płatki, skrobie, pszenica, owies, gryka,
- wypełniacze zwiększające elastyczność ciasta: surowce włókniste i białkowe roślin oleistych i zbóż oraz surowce bogate w błonnik pokarmowy,
- plastyfikatory stanowiące rozpuszczalnik i czynnik zwiększający dyspersję: woda, olej, emulgatory oraz tłuszcze,
- substancje spulchniające: węglan wapnia i soda,
- komponenty smakowe pełniące razem z substancjami spulchniającymi rolę strukturotwórczą, zwiększające porowatość: sól, cukier,
- barwniki¹⁰⁸.

W produktach ekstrudowanych podstawowym składnikiem strukturotwórczym jest skrobia. Skrobię uważa się za częściowo krystaliczny polimer, składający się z jednostek glukozy połączonych w długie łańcuchy i ulegający plastyfikacji

¹⁰¹ Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects of food extrusion: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹⁰² Escarnot E., Agneessens R., Wathelet B., Paquot M., (2010), Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions, *Food Chemistry*, 122, 3, pp. 857-863, doi:10.1016/j.foodchem.2010.02.047

¹⁰³ Ekielski A., (2011), Effect of selected parameters of double-screw extruder operation on fractal dimensions of the extrudate, *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW – Agriculture*, 57, s. 41-47.

¹⁰⁴ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), Food extrusion: Effects on micronutrients, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp. 602-603.

¹⁰⁵ Tamże, pp. 602-603.

¹⁰⁶ Tamże, pp. 603.

¹⁰⁷ Biller E., (2005), *Technologia żywności, wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 125-139.

¹⁰⁸ Wójtowicz A., (2018), *Ekstruzja*, *op.cit.*, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

pod wpływem wody^{109,110,111}. Przemiany skrobi zachodzące podczas procesu ekstruzji związane są często z przemianami fizykochemicznymi: stapianiem, fragmentacją oraz zmianą cech reologicznych - stworzeniem struktury plastra miodu na skutek gwałtownej przemiany wody zawartej w produkcie w parę wodną¹¹². Zmiany skrobi zależą od jej morfologii - stosunku ilościowego amylozy do amylopektyny. Ekstruzja wpływa także na wzrost rozpuszczalności skrobi w wodzie w temperaturze otoczenia, wskutek zniszczenia podczas trwania procesu stabilizujących cząsteczkę wiązań wodorowych^{113,114}. Kluczowe dla wartości odżywczej są przemiany na skutek hydrolizy, procesów żelatynizacji (kleikowania) powodujące wzrost zawartości wolnych cukrów oraz wzrost strawności ekstrudatu^{115,116,117,118}. Pod wpływem procesu ogrzewania uwodnione ziarna skrobi pęcznieją, chłoną wodę i kleikują, tracąc przy tym naturę krystaliczną¹¹⁹. Dowiedziono również, że skrobia skleikowana ulega zjawisku degradacji pod wpływem naprężeń ścinających i temperatury. Zjawisku degradacji ulegają obie frakcje skrobi, amyloza i amylopektyna, jednak bardziej narażona jest na nią amylopektyna, w której często obserwuje się pękanie wiązań 1-6 glikozydowych¹²⁰.

Termoplastyczne przetwarzanie surowców roślinnych metodą ekstruzji wywołuje także istotne zmiany w substancjach białkowych¹²¹. O wpływie białek na jakość produktów ekstrudowanych decyduje ich pochodzenie, ilość oraz stopień denaturacji. Podczas procesu ekstruzji białka wchodzą w interakcje z kleikującą skrobią, tworząc sieć skrobiowo-białkową determinującą smak i zapach ekstrudatu¹²². Podczas procesu

¹⁰⁹ Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A., (2007), Technika ekstruzji, *op.cit.*, s. 61-74.

¹¹⁰ Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects of food extrusion: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹¹¹ Ruszkowska M., (2018), *Jakość*, *op.cit.*, s. 41-45

¹¹² Tamże, s. 41-45.

¹¹³ Krzyżaniak W., Jankowski T., Grajek W., (2005), Optymalizacja parametrów hydrolizy enzymatycznej skrobi ziemniaczanej połączonej z procesem ekstruzji, *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(42), s. 48-62.

¹¹⁴ Ruszkowska M., (2018), *Jakość*, *op.cit.*, s. 41-45.

¹¹⁵ Obuchowski W., Chalcarz A., (2006), Wpływ surowca na zawartość substancji rozpuszczalnych oraz kierunek i wielkość przemian sacharydów w procesie ekstruzji, *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 4, s. 16-19.

¹¹⁶ Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), *Nutritional*, *op.cit.*, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹¹⁷ Berk Z., (2013), *Food process*, *op.cit.*, pp. 379-393.

¹¹⁸ Berk Z., (2017), *Food Extrusion, In: Engineering Foods for bioactivities Stability and Delivery*, Ross Y., Livney D. (eds.), Springer Nature, New York.

¹¹⁹ Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A., (2007), Technika ekstruzji, *op.cit.*, s. 61-74.

¹²⁰ Ruszkowska M., (2018), *Jakość*, *op.cit.*, s. 1-236.

¹²¹ Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A., (2007), Technika ekstruzji, *op.cit.*, s. 61-74.

¹²² Ruszkowska M., (2018), *Jakość*, *op.cit.*, s. 1-236.

dostrzegalna jest zmiana wartości biologicznej białek. Wartość biologiczna białka zawartego w produktach żywnościowych uzależniona jest od zawartości aminokwasów egzogennych i endogennych, wzajemnych proporcji poszczególnym aminokwasów egzogennych, strawności produktów białkowych i dowozu energii niezbędnej do procesu syntezy białka ustrojowego^{123,124}. Proces ekstruzji wpływać może na straty lizyny, argininy, tryptofanu i cysteiny^{125,126}. W przypadku zbóż limitującym aminokwasem egzogennym, którego jest stosunkowo najmniej, jest lizyna¹²⁷. W przypadku lizyny kluczowe znaczenie dla zmniejszenia dostępności białka mają reakcje Maillarda stanowiące reakcje tego aminokwasu z cukrami prostymi¹²⁸. Co istotne dla przetwórstwa surowców zbożowych na drodze procesu ekstruzji ograniczenie straty tego aminokwasu jest możliwe poprzez modyfikację procesu: prowadzenie ekstruzji w temperaturze niższej niż 180°C, przy wilgotności niższej niż 15% oraz przy ograniczeniu kwasowości środowiska i zawartości cukrów wolnych. Pomimo wysokiej temperatury i ciśnienia procesu podczas ekstruzji zaobserwować można także wzrost przyswajalności białka, związany głównie z inaktywacją substancji antyodżywczych, a zwłaszcza substancji powodujących inhibicję działania proteazy, a także trypsyny, jak np. garbniki, fityniany, czy hemaglutyniny. Wyższe zawartości białka podczas ekstruzji ograniczają ponadto powstawanie akrylamidu¹²⁹. Do negatywnych zmian zachodzących podczas procesu ekstruzji produktów wysokobiałkowych zaliczyć można: zmniejszenie stopnia ekspansji, wzrost gęstości i twardości ekstrudatów¹³⁰.

W procesie ekstruzji zaleca się zastosowanie surowców charakteryzujących się niewielką zawartością tłuszczu. Wyłaczanie materiałów wysokotłuszczowych jest niewskazane, ponieważ poziom lipidów powyżej 5-6% pogarsza wydajność

¹²³ Gawęcki J., (red.), (2012), *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 204-219.

¹²⁴ Makowska A., Kowalczewski P., Galiński G., Chudy S., Michniewicz J., (2016), Wartość żywieniowa ekstrudatów pszenżytnich na podstawie badań *in vivo*, *Nowoczesne technologie produkcji żywności*, s. 70-79.

¹²⁵ Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects of food extrusion: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹²⁶ Berk Z., (2013), Chapter 15 – Extrusion w *Food Process Engineering and Technology* (2nd edition), 379-393, doi:10.1016/B978-0-12-415923-5.00015-0

¹²⁷ Makowska A., Kowalczewski P., Galiński G., Chudy S., Michniewicz J., (2016), *Wartość żywieniowa ...*, *op.cit.*, s. 70-79.

¹²⁸ Tamże, s. 70-79.

¹²⁹ Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects of food extrusion: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹³⁰ Ruszkowska M., (2018), *Jakość ekstrudatów ...*, *op.cit.*, s. 1-236.

wytłaczarki i zmniejsza współczynnik ekspansji produktu¹³¹. Podczas procesu ekstruzji tłuszcze mogą być uwalniane z komórek w wyniku działania wysokiej temperatury i fizycznego naruszenia ścian komórek roślinnych. Straty tego składnika odżywczego następują wówczas podczas wychodzenia produktu z ekstrudera przez dyszę¹³². Kolejne zagadnienie stanowi proces utleniania lipidów, który ma negatywny wpływ na walory sensoryczne i odżywcze żywności. Według Singh i in. (2007) w trakcie ekstruzji ze względu na bardzo krótki czas przebywania surowca w ekstruderze nie obserwuje się procesu utleniania tłuszczów. Co więcej prowadzony proces powodować może ograniczenie utleniania tłuszczów na skutek denaturacji enzymów katalizujących ten proces, a także przeciwutleniającego działania związków powstających w reakcji Maillarda¹³³.

Oprócz przemian podstawowych składników, tj. węglowodanów, białek i tłuszczu, w czasie trwania procesu ekstruzji obserwuje się spadek zawartości witamin A, E, C oraz niektórych witamin z grupy B, nie obserwuje się jednak strat witamin D i K^{134,135}. Proces ekstruzji nie wpływa znacząco na straty związków mineralnych. W ocenie Singh (2007) ekstruzja może poprawić wchłanianie składników mineralnych poprzez zmniejszenie innych czynników hamujących ich wchłanianie^{136,137}.

Powołując się na Singh i in. (2007) w procesie ekstruzji może dochodzić również do obniżenia właściwości przeciwutleniających poprzez zmniejszenie zawartości antocyjanów i izoflawonów¹³⁸. Z kolei według innych autorów, ekstruzja nie wpływa istotnie na zmniejszenie zawartości składników bioaktywnych, w tym polifenoli¹³⁹ lub może zwiększać tę zawartość w zależności od użytego surowca¹⁴⁰.

¹³¹ Singh S, Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects of food extrusion: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹³² Tamże, pp. 919-929.

¹³³ Tamże, pp. 923.

¹³⁴ Tamże, pp. 923-925.

¹³⁵ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), Food extrusion: Effects on micronutrients, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp. 602-603.

¹³⁶ Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional..., *op.cit.*, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹³⁷ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), Food extrusion..., *op.cit.*, pp. 602-603, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹³⁸ Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects..., *op.cit.*, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

¹³⁹ Wójtowicz A., (2018), Ekstruzja ..., *op.cit.*, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

¹⁴⁰ Wu N. N., Ma Z. Q., Li H. H., Tian X. H., Fand Y., Tan B., (2020), Nutritional and cooking quality improvement of brown rice noodles prepared with extruded rice bran, *Cereal Chemistry*, 98, 2, pp. 346-354, doi:10.1002/cche.10374.

2.1.2. Ekstruzja – wykorzystanie w przemyśle spożywczym

Proces ekstruzji wdrażany jest w wielu firmach przetwórstwa żywności i umożliwia produkcję nowego asortymentu produktów. Zaliczyć do nich można m.in.: produkty przekąskowe, płatki śniadaniowe i galanterię śniadaniową, chleb dietetyczny, panierki, kruszonki i posypki, grzanki, makarony, wstępnie gotowaną i modyfikowaną skrobię, wyroby cukiernicze, gumy, żelki, lukrecje, czekolady, bazy napojów, bazy zup i sosów, pasze, pellety przekąskowe, produkty mrożone, teksturowane białko roślinne (zamienniki mięsa), ekstrudowaną kazeinę, półprodukty do koncentratów spożywczych m.in. mięso ryb i zwierzęce, karmę dla zwierząt^{141,142,143}.

Wymienione produkty wytwarzane są przy różnych parametrach procesu ekstruzji, z wykorzystaniem różnorodnych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń. Teksturowane białka, pasze, ekspandowane wyroby spożywcze produkuje się przy pomocy ekstruzji wysokotemperaturowej, często z zastosowaniem ekstruderów dwukomorowych oraz ekstruderów wysokonapężeniowych przy wysokiej wilgotności. Do produkcji makaronów wykorzystuje się prasy makaronowe, natomiast w produkcji pelletów stosowana jest ekstruzja niskotemperaturowa i ekstruzja na zimno, często przy wykorzystaniu niskonapężeniowych i wysokonapężeniowych ekstruderów^{144,145,146}.

Produkcja wyrobów przekąskowych typu chrupki kukurydziane odbywa się zwykle w ekstruderach jednoślindakowych lub w ekstruderach typu collet^{147,148,149}. Cechą charakterystyczną chrupek kukurydzianych jest niska zawartość wody w produkcie, zapewniająca trwałość mikrobiologiczną i możliwość ich przechowywania przez długi czas, a także atrakcyjna chrupka konsystencja¹⁵⁰. Jakość produktów przekąskowych typu chrupki kukurydziane określana jest na podstawie charakterystyki

¹⁴¹ Biller E., (2005), *Technologia żywności, wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 125-139.

¹⁴² Wójtowicz A., (2018), *Ekstruzja...., op.cit.*, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

¹⁴³ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), *Food extrusion: Effects on micronutrients*, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp. 602-603.

¹⁴⁴ Pijanowski E., Dłużniewski M., Dłużniewska A., Jarczyk A., (2004), *Ogólna technologia żywności (wyd. 8)*, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, s. 194-196.

¹⁴⁵ Emin M., (2016), *Extrusion*, In: *Reference Module in Food Sciences*, Elsevier, pp. 1-2, doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.03413-2.

¹⁴⁶ Wójtowicz A., (2018), *Ekstruzja, op.cit.*, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

¹⁴⁷ Pijanowski E., Dłużniewski M., Dłużniewska A., Jarczyk A., (2004), *Ogólna technologia, op.cit.*, s. 194-196.

¹⁴⁸ Emin M., (2016), *Extrusion,, op.cit.*, pp. 1-2, doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.03413-2.

¹⁴⁹ Wójtowicz A., (2018), *...., op.cit.*, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.

¹⁵⁰ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), *Food extrusion, op.cit.*, pp. 602-603.

między innymi parametrów determinujących stopień akceptacji produktu przez konsumenta oraz współczynnika ekspansji, parametry tekstury oraz współczynnik wodochłonności i rozpuszczalności¹⁵¹. Możliwość doskonalenia jakości ekstrudowanych produktów przekąskowych dostrzega się jednak zwłaszcza w zwiększaniu ich wartości odżywczej.

Od wielu lat prowadzone są badania nad wzbogacaniem ekstrudowanych wyrobów przekąskowych. Podejmowane były próby wzbogacania ekstrudatów kukurydzianych dodatkiem m.in.: mączek rybnych¹⁵², białek mleka^{153,154}, nasion soi^{155,156}, wyłoków lnianych^{157,158}, nasion lnu¹⁵⁹, wyłoków rzepakowych¹⁶⁰, wyłoków z pomidorów¹⁶¹, wyłoków z winogron¹⁶², wyłoków z sezamu¹⁶³, nasion gryki^{164,165}, nasion soczewicy¹⁶⁶,

¹⁵¹ Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów ..., *op.cit.*, s. 1-236.

¹⁵² Goes E.S.R., de Souza M.L.R., Campelo D.A.V., Yoshida G.M., Xavier T.O., de Moura L.B., Monteiro A.R.G., (2015), Extruded snacks with the addition of different fish meals, *Food Science and Technology*, 35(4), pp. 683-689.

¹⁵³ Szpendowski J., Śmietana Z., Chojnowski W., (1990), Ekstruzja wysokobiałkowych preparatów z mleka i kukurydzy, *Przemysł Spożywczy*, 44(4/5), s. 94-97.

¹⁵⁴ Fornal Ł., Majewska K., (1995), Mieszanki wieloskładnikowe w technologii ekstruzji, *Przegląd Zbożowo Młynarski*, 39(6), s. 25-26.

¹⁵⁵ Li S., Zhang H.Q., Jin T., Hsieh F., (2005), Textural modification of soya bean/corn extrudates as affected by moisture content, screw speed and soya bean concentration, *International Journal of Food Science and Technology*, 40, pp. 731-740, doi:10.1111/j.1365-2621.2005.00993.x.

¹⁵⁶ Gajewski M., Radzanowska J., Jeznach M., Jariene E., Danilcenko H., (2015), Ocena profilowa i konsumencka jakości sensorycznej chrupek kukurydzianych z dodatkiem dyni, topinamburu i amarantusa, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, s. 15-21.

¹⁵⁷ Kita A., Popiela-Kukuś K., (2010), Wpływ dodatku wyłoków lnianych na wybrane właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych, *Acta Agrophysica*, 16(1), s. 69-77.

¹⁵⁸ Makowska A., (2013), Wpływ dodatku wyłoków lnianych na wybrane cechy jakościowe wyrobów przekąskowych wytworzonych metodą ekstruzji, *Aparatura Badawcza i Dydaktyka*, 4, s. 309-316.

¹⁵⁹ Wójtowicz A., Pasternak E., Juško S., Hodara K., Kozłowicz K., (2012), Wybrane cechy jakościowe chrupek kukurydzianych z dodatkiem odtłuszczonych nasion lnu, *Acta Scientiarum Polonorum*, 11(3-4), s. 25-33.

¹⁶⁰ Kita A., Górnicka E., Wojdyło A., Drożdż W., (2012), Wpływ dodatku wyłoków rzepaku na właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych, *Rośliny Oleiste*, 33, s. 285-294.

¹⁶¹ Altan A., McCarthy K.L., Maskan M., (2008), Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions, *Journal of Food Engineering*, 89, pp. 24-32.

¹⁶² Tamże, pp. 24-32.

¹⁶³ do Nascimento E.M.G.C., Carvalho C.W.P., Takeiti C.T., Freitas D.G.C., Ascheri J.L.R., (2012), Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates, *Food Research International*, 45, pp. 434-443, doi:10.1016/j.foodres.2011.11.009.

¹⁶⁴ Wójtowicz A., Kolasa A., Mościcki L., (2013), Influence of Buckwheat Addition on Physical Properties, Texture and Sensory Characteristics of Extruded Corn Snacks, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63, 1, pp. 239-244, doi:10.2478/v10222-012-0076-2.

¹⁶⁵ Żelaziński T., (2013), Wpływ dodatku gryki na zmiany barwy ekstrudatów kukurydzianych, *Postępy techniki przetwórstwa spożywczego*, 1, s. 50-54.

¹⁶⁶ Lazou A., Krokida M., (2010), Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks, *Journal of Food Engineering*, 100(3), pp. 392-408.

proszku z lucerny siewnej¹⁶⁷, mąki z topinamburu i dyni^{168,169}, warzyw (czosnek, dynia, brokuł)¹⁷⁰, nasion lędźwianu siewnego (soczewicy białej)¹⁷¹, a w ostatnich latach także białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł - proszku z alg^{172,173} i proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)¹⁷⁴.

¹⁶⁷ Igual M., Chiş M.S., Socaci S.A., Vodnar D.C., Rnaga F., Martínez-Monzó J., García-Segovia P., (2021), Effect of *Medicago sativa* Addition on Physicochemical, Nutritional and Functional Characteristics of Corn Extrudates, *Foods*, 10(5), pp. 1-21, doi:10.3390/foods10050928.

¹⁶⁸ Pęksa A., Kita A., Tajner-Czopek A., Rytel E., Miedzianka J., (2015), Jakość chrupek ..., *op.cit.*, s. 490-495.

¹⁶⁹ Tul-Krzyszczuk A., Kosicka-Gębska M., Jeznach M., Gębski J., (2017), Preferencje konsumentów wobec innowacyjnych chrupek ekstrudowanych, *Handel Wewnętrzny*, 1(366), s. 377-386.

¹⁷⁰ Gondek E., Gauze J., Jakubczyk E., Janczar-Smuga M., Nowak D., Stasiak M., Kamińska-Dwórznińska A., Samborska K., (2017), Wysokobłonnikowe przekąski zbożowo-warzywne ..., *op.cit.*, s. 15-27, doi:10.22630/ZPPNR.2017.590.30.

¹⁷¹ Rzedzicki Z., Kasprzak M., (2005), Wpływ temperatury obróbki ..., *op.cit.*, s. 70-82.

¹⁷² Tańska M., Konopka I., Ruszkowska M., (2017), Sensory, Physico-Chemical and Water Sorption Properties of Corn Extrudates Enriched with Spirulina, *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

¹⁷³ Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów ..., *op.cit.*, s. 1-236.

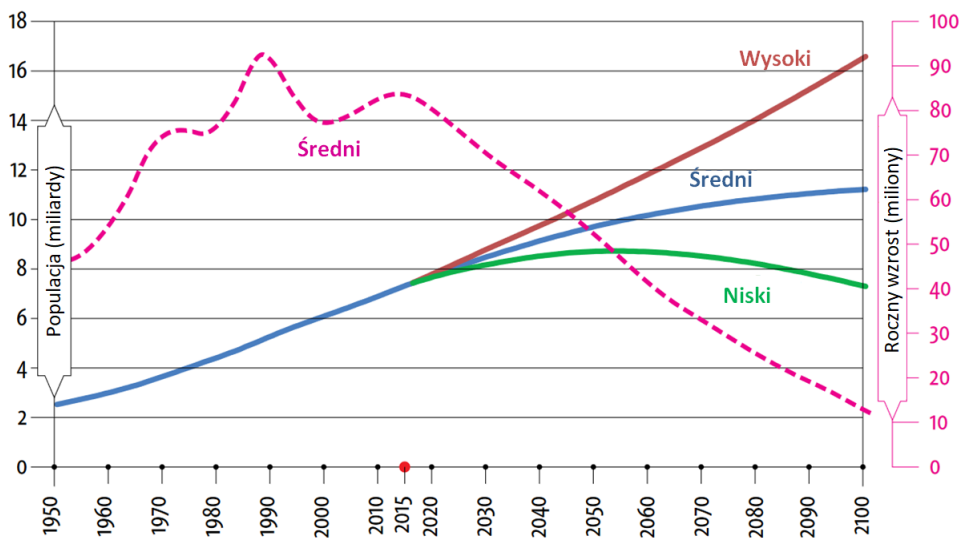
¹⁷⁴ Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, *Journal of Food Engineering*, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

2.2. Doskonalenie jakości produktu spożywczego przez zastosowanie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

2.2.1. Uzasadnienie wykorzystania białka pozyskanego z niekonwencjonalnych źródeł

Współczesne zmiany demograficzne, społeczne i ekologiczne powodują konieczność poszukiwań nowych niekonwencjonalnych źródeł białka. Jednym z obszarów rozważań nad zagrożeniami cywilizacyjnymi jest problem postępującego przeludnienia naszej planety oraz nieproporcjonalny rozkład populacyjny w odniesieniu do niektórych cywilizacji i narodów w nich usytuowanych¹⁷⁵.

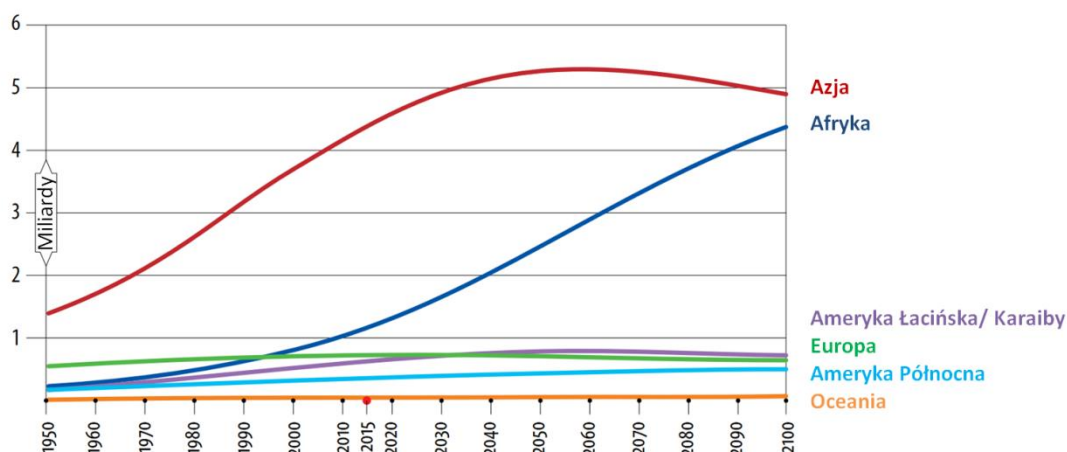
Dane dotyczące tego zjawiska przedstawiono na rysunkach 5 i 6.



Rys. 5. Prognozowane warianty przeludnienia

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [FAO 2017].

¹⁷⁵ Bodziany M., (2010). Jaka przyszłość czeka cywilizację zachodnią? Wojna o zasoby i „bomba populacyjna” – dwie wizje przyszłego świata, Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Różne oblicza bezpieczeństwa, Wydawnictwo WSOWL, Wrocław.



Rys. 6. Przeludnienie (populacja) z uwzględnieniem regionów geograficznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [FAO 2017.]

Problem przeludnienia poruszany jest w wielu publikacjach naukowych. Według danych FAO populacja ludności na świecie w 2050 roku może wynieść 9,73 miliarda, a do 2100 roku wzrośnie do 11,2 miliarda. Te same prognozy w najbardziej negatywnym wariantcie mówią o wzroście populacji do około 16 miliardów w 2100 roku, co oznacza dwukrotny wzrost liczby ludności na Ziemi¹⁷⁶. W ocenie Bodziany (2010) problem przeludnienia związany jest jednak w głównej mierze z nierównomiernym rozkładem przyrostu w odniesieniu do różnych cywilizacji (kontynentów)¹⁷⁷. Zjawisko to występować będzie w największym zakresie w Afryce i Azji, osiągając wartości kilkukrotnie wyższe w porównaniu do populacji europejskiej¹⁷⁸.

Kolejnym istotnym czynnikiem przyczyniającym się do poszukiwania białka pochodzącego z alternatywnych źródeł jest problem bezpieczeństwa żywnościowego. Współczesna koncepcja bezpieczeństwa żywnościowego oparta jest między innymi o dostateczną podaż, dostęp ekonomiczny oraz stabilizację dostępu do żywności w ścisłym powiązaniu ze sprawami etyki, handlu i pomocy humanitarnej. Bezpieczeństwo żywnościowe odnosi się zatem do trzech głównych aspektów: fizycznej dostępności żywności, ekonomicznej dostępności żywności oraz zdrowotnej

¹⁷⁶ FAO, (2019), The state of food security in nutrition in the world 2019, <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>, (dostęp: 18.11.22).

¹⁷⁷ Bodziany M., (2010). Jaka przyszłość czeka cywilizację zachodnią? Wojna o zasoby i „bomba populacyjna” – dwie wizje przyszłego świata, Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Różne oblicza bezpieczeństwa, Wydawnictwo WSOWL, Wrocław.

¹⁷⁸ FAO, (2017), The future of food and agriculture. Trends and challenges, Rome, <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>, (dostęp: 18.11.2022).

odpowiedniości pojedynczego produktu żywnościowego¹⁷⁹. W największym zakresie brak bezpieczeństwa żywnościowego związany ze zjawiskiem niedożywienia i głodu, które dostrzegalne jest najbardziej w Azji Środkowej i Afryce Subsacharyjskiej, w mniejszym zakresie natomiast w Ameryce Łacińskiej i pozostałych częściach Afryki i Azji^{180,181}. Aktualnie sytuacja ta dotyczy więcej niż 805-820 milionów ludzi, w tym nawet 150 milionów dzieci^{182,183}.

Oprócz zjawiska głodu ilościowego w krajach rozwijających się obserwuje się zjawisko głodu jakościowego, które związane jest z nieprawidłowym żywieniem, brakiem pożywienia o odpowiednim składzie aminokwasowym i wartości odżywczej. Wynika to z rodzaju diety stosowanej w krajach rozwijających się, bogatej w węglowodany, opartej o warzywa i zboża, w której produkty o wysokiej zawartości białka (pochodzenia roślinnego i zwierzęcego) są rzadko spożywane, szacunkowo od 1 do 2 razy w tygodniu¹⁸⁴. Z problemem bezpieczeństwa żywnościowego związana jest również degradacja środowiska naturalnego. Efektem negatywnych zmian w środowisku może być większa trudność w hodowli niektórych zwierząt gospodarskich na skutek m.in. obniżenia ilości paszy i dostępności wody oraz spadek pozyskiwanych płodów rolnych i potencjału połowowego w krajach tropikalnych na skutek podwyższania się temperatury otoczenia¹⁸⁵. Za przyczynę degradacji środowiska uważa się najczęściej działalność ludzką, nadmierną odnawialność produkcji, urbanizację i nieumiarkowaną konsumpcję społeczeństw¹⁸⁶. Szczególny wpływ na degradację środowiska ma hodowla bydła związana z powstawaniem gazów cieplarnianych (2.1 Gt ekwiwalentu CO₂ rocznie) oraz użytkowaniem coraz większych powierzchni terenu¹⁸⁷.

¹⁷⁹ Kowalczyk S., (2014), Bezpieczeństwo i jakość polskiej żywności, Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów, Rolnictwa i Agrobiznesu, 16, 4, s. 147-152.

¹⁸⁰ Baer-Nawrocka, A., Sadowski, A., (2019), Food security and food self-sufficiency around the world: A typology of countries, PLOS ONE, 14(3), pp. 1-15, doi:10.1371/journal.pone.0213448.

¹⁸¹ FAO, (2019), The state of food security and nutrition in the world 2019, <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>, (dostęp: 18.11.22).

¹⁸² Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issue, Food Quality and Safety, 2, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.

¹⁸³ FAO, (2019), The state of food security and nutrition in the world 2019, <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>, (dostęp: 18.11.22).

¹⁸⁴ Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects ..., *op.cit.*, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.

¹⁸⁵ FAO, (2017), The future of food and agriculture. Trends and challenges, Rome, <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>, (dostęp: 18.11.2022).

¹⁸⁶ Henchion M., Hayes M., Mullen A. et al., (2017), Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium, Foods, 6, 53, pp. 1-21.

¹⁸⁷ Alexander P., Brown C., Arneith A., Dias C., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., (2017), Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?, Global Food Security, 15, pp. 22-32.

W związku z tym jednym z wariantów zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego rosnącej populacji jest poszukiwanie alternatywnych źródeł białka.

2.2.2. Rodzaje i definicja niekonwencjonalnych źródeł białka

Alternatywne (niekonwencjonalne) źródła białka definiuje się jako białka, których dotychczas nie stosowano do żywienia ludzi i zwierząt lub stosowano je tylko w ograniczonym zakresie i tylko wśród niektórych populacji¹⁸⁸. Według literatury do grupy tej można zaliczyć m.in.: białka organizmów jednokomórkowych, białka organizmów morskich (kryl i algi), owady, niektóre białka pochodzenia roślinnego: nasiona roślin oleistych (m.in. konopie) oraz roślin strączkowych, kiełki lub skiełkowane nasiona, liście, rośliny wodne (rzęsa wodna), nasiona bawełny, mięso *in vitro* oraz produkty uboczne przemysłu spożywczego (serwatka, kości) (rys. 3)^{189,190,191,192,193,194}. Wśród głównych zalet białek pochodzących ze źródeł alternatywnych wyróżnia się ich wysoką wartość odżywczą i biologiczną oraz znacznie niższy wpływ na degradację środowiska w porównaniu do białka pochodzącego z konwencjonalnych źródeł.

Białka pochodzące z alternatywnych źródeł przedstawiono na rys. 7.

¹⁸⁸ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

¹⁸⁹ Baczek-Kwinta R., Waligorski P., Kalandyk A., et al., (2017), Oxidoreductive and hormonal processes in germinating lupine seeds, Oxidation Communications 40, 3, pp.1095–1105.

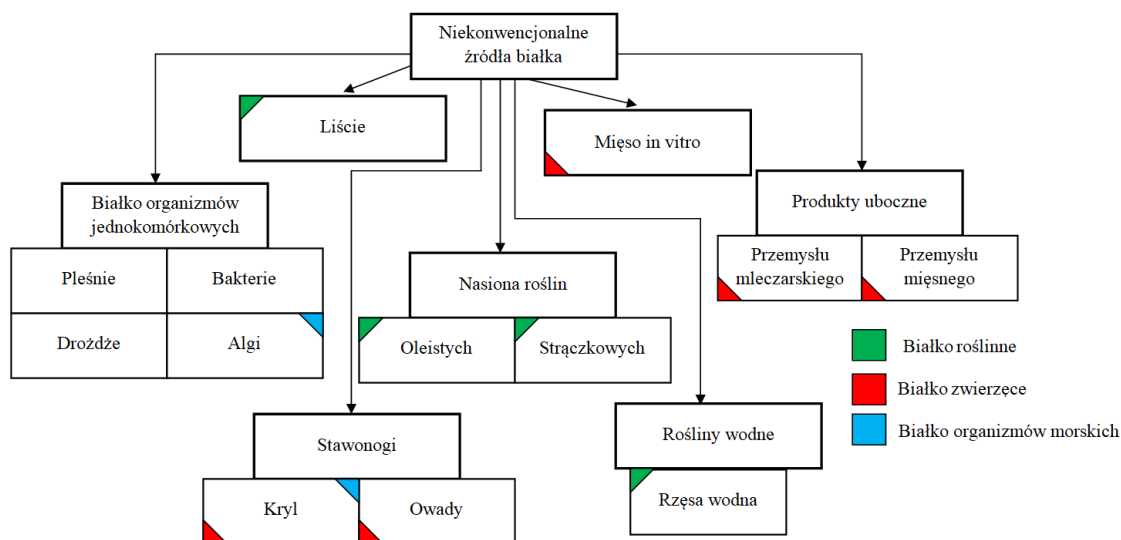
¹⁹⁰ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka ..., *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

¹⁹¹ Gawęcki J. (red.), (2017), Białka w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, s. 65-75.

¹⁹² Olarotimi O., Adu O., (2017), Potentials of non-conventional protein sources in poultry nutrition, Archivos de Zootecnia, 66, 255, pp. 451-457.

¹⁹³ Bartkowiec J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

¹⁹⁴ Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins: The race for market share is on, McKinsey Insights. Agriculture Practice, <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>, (dostęp: 10.07.2021).



Rys. 7. Schemat podziału alternatywnych źródeł białka

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Hudson 1994; Baczek-Kwinta i in. 2017; Gawęcki 2017; Olarotimi i Adu 2017; Bashi i in. 2019; Sexton i in. 2019].

2.2.3. Białka roślinne

Białka pochodzenia roślinnego stanowią przykład surowców charakteryzujących się znaczącą ilością białka i wysoką zawartością związków funkcjonalnych¹⁹⁵. Mocną stroną wykorzystania roślin jako źródła białka, oprócz wartości odżywczej, są również korzyści środowiskowe i ekonomiczne. Wśród wielu alternatywnych źródeł białka to białko grochu i soi charakteryzuje niewielki wpływ na środowisko¹⁹⁶. Dodatkowo niektóre wysokobiałkowe rośliny stanowią jedną z najlepszych możliwości zagospodarowania terenu. Wartości wytworzonego białka na metr kwadratowy ziemi uprawnej, wskazują na większą wydajność soi w porównaniu do owadów, czy mięsa *in vitro*¹⁹⁷. Ekonomia produkcji białka roślinnego jest również korzystna, ponieważ pozwala na uniknięcie strat przy przetwarzaniu paszy na żywność, typowych dla innych form białka¹⁹⁸. Istotną wartość białka pochodzącego z surowców roślinnych stanowi także niższy poziom neofobii wśród konsumentów. Białko pochodzenia roślinnego

¹⁹⁵ Gawęcki J. (red.), (2017), Białka w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.

¹⁹⁶ Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins: The race for market share is on, McKinsey Insights. Agriculture Practice, <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>, (dostęp: 10.07.2021).

¹⁹⁷ Alexander P., Brown C., Arneith A., Dias C., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., (2017), Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?, Global Food Security, 15, pp. 22-32.

¹⁹⁸ Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins ..., *op.cit.*, (dostęp: 10.07.2021).

charakteryzuje się wysoką akceptacją większości grup konsumentów, stanowiąc źródło pożywienia bardziej akceptowane w porównaniu z białkiem owadów, organizmów jednokomórkowych, czy mięso *in vitro*¹⁹⁹.

W grupie niekonwencjonalnych źródeł białka pochodzenia roślinnego wyróżnić można m.in.: nasiona roślin strączkowych i oleistych, kiełki lub skielkowane nasiona, liście, rośliny wodne, nasiona bawełny^{200,201,202,203,204}.

Podobnie jak w przypadku owadów, w tabeli 5 przedstawiono mocne i słabe strony białek roślinnych pozyskanych z niekonwencjonalnych źródeł.

Tabela 5. Mocne i słabe strony białek roślinnych pozyskanych z niekonwencjonalnych źródeł

Mocne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> • Atrakcyjność dla konsumentów • Niska cena produkcji • Niewielki negatywny wpływ na środowisko • Możliwość modyfikowania wartości odżywczej przez proces kiełkowania • Dodatkowe właściwości funkcjonalne 	<ul style="list-style-type: none"> • Sezonowość produkcji • Wpływ warunków klimatycznych i jakości gleby na wielkość plonów

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Borek i in. 2009; Gawęcki 2017; Bashi i in. 2019; Grasso i in. 2019].

Niektóre źródła literaturowe nie klasyfikują białek pochodzenia roślinnego jako niekonwencjonalnych źródeł białka. Część z nich, jak nasiona strączkowe, a zwłaszcza soja, którą kiedyś zaliczano do tej grupy, jest współcześnie popularnym surowcem do produkcji żywności. Przykładem innowacyjnego surowca są nasiona łubinu, które posiadają skład aminokwasowy analogiczny do nasion soi, jednakże zawierają mniej tryptofanu i lizyny i nie zawierają glikoprotein²⁰⁵. Alternatywnym źródłem białka, które może zyskać na znaczeniu w najbliższych latach są także kiełki nasion. Zawartość i dostępność białka roślin poddanych kiełkowaniu zmienia się w zależności od stadium

¹⁹⁹ Grasso A., Hung Y. et al., (2019), Older Consumers' Readiness to Accept Alternative, More Sustainable Protein Sources in the European Union, *Nutrients* 11, 8, pp. 1-18, doi:10.3390/nu11081904.

²⁰⁰ Baczek-Kwinta R., Waligorski P., Kalandyk A. et al., (2017), Oxidoreductive and hormonal processes in germinating lupine seeds, *Oxidation Communications* 40, 3, pp.1095–1105.

²⁰¹ Gawęcki J. (red.), (2017), *Białka w żywności i żywieniu*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.

²⁰² Olarotimi O., Adu O., (2017), Potentials of non-conventional protein sources in poultry nutrition, *Archivos de Zootecnia*, 66, 255, pp. 451-457.

²⁰³ Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, *Rozprawa doktorska*, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

²⁰⁴ Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins: The race for market share is on, *McKinsey Insights. Agriculture Practice*, <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>, (dostęp: 10.07.2021).

²⁰⁵ Gawęcki J. (red.), (2017), *Białka w żywności i żywieniu*...., *op.cit.*, s. 65-75.

rozwoju rośliny i działania enzymów^{206,207}. Zmiany te szczegółowo omówiono w pracy Borek i in. (2009), w której autorzy stwierdzili wzrost zawartości białka w kiełkujących nasionach poprzez zastosowanie wzbogacanych podłoży²⁰⁸. Natomiast Baczek-Kwinta i in. (2017) zaobserwowali obniżenie zawartości białka w czasie prowadzonego procesu kiełkowania²⁰⁹. Pomimo tego, w przyszłości, odpowiednio prowadzony proces kiełkowania nasion może pozwolić na produkcję preparatów białkowych o pożądanym właściwościach.

Kolejnym przykładem roślinnego surowca niekonwencjonalnego wykorzystywanego w niewielkim stopniu do żywienia człowieka, a mającym zastosowanie głównie w produkcji pasz (w postaci mączki) są liście roślin np. moringi olejodajnej (*Moringa oleifera*) (27,2÷29,7% surowego białka), które mogą zawierać od 20 do nawet 33% białka²¹⁰. Zastosowanie w żywieniu zwierząt mogą mieć również mączki uzyskane z liści: mimozy białej – *Leuceana leucocephala* (25,9% surowego białka), miody indyjskiej – *Azadirachta indica* (20,68% surowego białka), manioku – *Manihot esculenta* (26,3% surowego białka), *Gliricidia sepium* (22,9% surowego białka), melonowca właściwego – *Carica papaya* (26,3% surowego białka), wilca ziemniaczanego – (batatu) - *Ipomea batata* (26-33% surowego białka)²¹¹.

Kolejną grupę roślinnych źródeł białka stanowią nasiona roślin oleistych, do których zalicza się m.in. konopię siewną (*Cannabis sativa* L.). Zawartość składników odżywczych w konopi siewnej (*C. sativa*), zarówno w postaci całych nasion, jak i mączki, przedstawiono w tabeli 6.

²⁰⁶ Borek S., Pukacka S., Michalski K. et al., (2009), Lipid and protein accumulation in developing seeds of three lupine species: *Lupinus luteus* L., *Lupinus albus* L., and *Lupinus mutabilis* Sweet, Journal of Experimental Botany, Vol. 60, No. 12, pp. 3453–3466.

²⁰⁷ Baczek-Kwinta R., Waligorski P., Kalandyk A. et al., (2017), Oxidoreductive and hormonal processes in germinating lupine seeds, Oxidation Communications 40, 3, pp. 1095–1105.

²⁰⁸ Borek S., Pukacka S., Michalski K. et al., (2009), Lipid and protein..., *op.cit.*, pp. 3453–3466.

²⁰⁹ Baczek-Kwinta R., Waligorski P., Kalandyk A. et al., (2017), Oxidoreductive and hormonal processes in germinating lupine seeds, Oxidation Communications 40, 3, pp. 1095–1105.

²¹⁰ Olarotimi O., Adu O., (2017), Potentials of non-conventio sources in poultry nutrition, Archivos de Zootecnia, 66, 255, pp. 451-457.

²¹¹ Tamże, pp. 451-457.

Tabela 6. Zawartość składników odżywczych oraz wilgotność nasion konopi siewnej (*C. sativa*)

Składnik odżywczy	Całe ziarna	Mączka
Wartość kaloryczna (kcal) (kJ/100g)	2200,0	1700,0
Tłuszcz (% s.m.)	35,5	11,1
Węglowodany (% s.m.)	27,6	42,6
Białko (% s.m.)	24,8	33,5
Popiół (% s.m.)	5,6	7,2
Błonnik pokarmowy ogółem (% s.m.)	27,6	42,6
Błonnik rozpuszczalny (% s.m.)	5,4	16,4
Błonnik nierozpuszczalny (% s.m.)	22,2	26,2
Wilgotność (%)	6,5	5,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Callaway 2004]

Nasiona konopi siewnej (*C. sativa*) charakteryzują się wysoką zawartością tłuszczu (35,5% s.m.) bogatego w karotenoidy, tokoferole, polifenole oraz sterole. Wśród kwasów tłuszczowych dominuje kwas linolowy oraz kwasy α - oraz γ -linolenowy. Proporcja kwasów tłuszczowych n-6/n-3 w nasionach wynosi ok. 3:1, co jest korzystne z punktu widzenia żywieniowego²¹².

Główne białka nasion konopi siewnej (*C. sativa*) stanowią albumina i edestyna, będące bogatym źródłem aminokwasów egzogennych. Białko konopi siewnej (*C. sativa*) charakteryzuje się wartością odżywczą porównywalną do białka jaja kurzego i soi oraz cechuje się odpowiednią zawartością argininy i kwasu glutaminowego^{213,214}. Skład aminokwasowy nasion konopi i innych białek pochodzących ze źródeł niekonwencjonalnych przedstawiono w tabeli 7

Dominującymi aminokwasami w nasionach konopi siewnej (*C. sativa*) są arginina, seryna i leucyna, surowiec zawiera też znaczące ilości aminokwasów siarkowych (tab. 7)^{215,216}. Ze względu na zawartość niezbędnych aminokwasów, według FAO/WHO konopia siewna (*C. sativa*) może być wykorzystywana w żywieniu dzieci w wieku 2-5 lat²¹⁷

²¹² Dąbrowski G., Skrajda M., (2016), Frakcja lipidowa i białkowa nasion konopi siewnych (*C. Sativa L.*) oraz jej korzystny wpływ na zdrowie człowieka, *Journal of Education, Health and Sport*. 6(9), s. 357-366, doi:10.5281/zenodo.62002.

²¹³ Callaway J. C., (2004), Hempseed as a nutritional resource: An overview, *Euphytica*, 140, pp. 65-72.

²¹⁴ Dąbrowski G., Skrajda M., (2016), Frakcja lipidowa..., *op.cit.*, s. 357-366, doi:10.5281/zenodo.62002.

²¹⁵ Callaway J. C., (2004), Hempseed as a nutritional..., *op.cit.*, pp. 65-72.

²¹⁶ Raikos V., Duthie G., Ranawana V., (2015), Denaturation and Oxidative Stability of Hemp Seed (*Cannabis sativa L.*) Protein Isolate as Affected by Heat Treatment, *Plant Foods Human Nutrition*, 70, pp. 304-309, doi:10.1007/s11130-015-0494-5.

²¹⁷ Dąbrowski G., Skrajda M., (2016), Frakcja lipidowa..., *op.cit.*, s. 357-366, doi:10.5281/zenodo.62002.

Tabela 7. Skład aminokwasowy wybranych źródeł białka (mg/g białka)

Źródło białka/ Aminokwas	Kryl	Owady ogółem	Świerszcz domowy (imago)	Świerszcz domowy (poczwarka)	Konopia siewna	Algi	Bakterie	Drożdże	Grzyby	Kazeinian sodowy	Kazeina	Wzorzec FAO
Izoleucyna	25,0	38,0	36,4	40,6	11,0	47,0	33,0	25,0	18,0	44,9	45,5	28,0
Leucyna	40,0	65,0	66,7	72,6	25,0	86,0	54,0	36,0	29,0	94,0	93,7	66,0
Walina	26,0	52,0	48,4	60,0	15,0	62,0	42,0	27,0	22,0	60,4	61,4	35,0
Lizyna	44,0	51,0	51,1	62,3	16,0	63,0	43,0	35,0	30,0	72,0	75,1	58,0
Fenyloalanina	50,0	97,0	b.d	b.d	18,0	90,0	58,0	41,0	31,0	50,0	48,8	63,0
Tyrozyna			44,0	62,9	14,0					54,9	56,0	
Metionina	24,0	35,0	19,6	15,4	9,0	31,0	22,0	15,0	10,0	32,9	33,5	25,0
Cysteina			9,8	9,1	8,0							
Tryptofan	7,0	12,0	7,6	6,3	4,0	9,0	8,0	6,0	3,0	13,4	13,2	11,0
Treonina	22,0	37,0	b.d	b.d	15,0	54,0	33,0	25,0	20,0	37,5	37,8	34,0
Arginina	38,0	45,0	57,3	70,9	51,0	69,0	37,0	23,0	27,0	37,2	38,3	b.d
Histydyna	11,0	22,0	22,7	25,7	13,0	21,0	15,0	12,0	10,0	30,8	32,3	b.d
Kwas asparaginowy	53,0	nd	b.d	b.d	45,0	97,0	b.d	b.d	b.d	-	-	b.d
Glutamina	67,0	97,0	b.d	b.d	b.d	109,0	b.d	b.d	b.d	-	-	b.d
Glicyna	34,0	51,0	45,3	60,6	21,0	62,0	b.d	b.d	b.d	19,4	19,5	b.d
Prolina	23,0	46,0	b.d	b.d	17,0	43,0	b.d	b.d	b.d	108,3	107,4	b.d
Seryna	19,0	40,0	b.d	b.d	25,0	43,0	b.d	b.d	b.d	59,2	60,8	b.d
Alanina	29,0	59,0	76,9	101,1	19,0	b.d	b.d	b.d	b.d	30,9	30,9	b.d
Kwas glutaminowy	b.d	b.d	b.d	b.d	77,0	b.d	b.d	b.d	b.d	211,0	211,7	b.d

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Szpendowski i in. 2000; Szpendowski i Siemiankowski 2013; Raikos i in. 2015; Bueshke i in. 2017; Weiner i in. 2018].

Zawartość witamin oraz składników mineralnych w nasionach konopi siewnej (*C. sativa*) przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Zawartość witamin i składników odżywczych w nasionach konopi siewnej (*C. sativa*)

Składnik	Zawartość składnika (mg/100 g)
Witamina E	90,0
Tiamina (B1)	0,4
Ryboflawina (B2)	0,1
Fosfor	1160,0
Potas	859,0
Magnez	483,0
Wapń	145,0
Żelazo	14,0
Sód	12,0
Mangan	7,0
Cynk	7,0
Miedź	2,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Callaway 2004].

2.2.4. Białka stawonogów

Pierwszą wymienioną grupę stanowią stawonogi. Do grupy stawonogów zalicza skorupiaki morskie – kryle (szczętki) oraz owady. Kryl stanowi grupę morskich pancerzowców wykorzystywanym najczęściej jako mączka do żywienia zwierząt akwakultury. Mimo korzystnych wartości odżywczych mączki z tego stawonoga (zawartości białka ok. 60-65%, β -karotenu, chityny, kwasów omega-3, zwłaszcza eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego) jest to produkt nieatrakcyjny sensorycznie, charakteryzujący się intensywnym posmakiem rybim^{218,219,220,221}. Z tego względu znacznie więcej uwagi w środowisku naukowym poświęca się białku z owadów (insektów). Według Bartkowicz (2018) wykorzystanie białka pochodzącego z owadów wiąże się z: pozytywnym wpływem na zdrowie związanym z wysoką wartością

²¹⁸ Köhler A., Sarkkinen E., Tapola N., Niskanen T., Bruheim I., (2015), Bioavailability of fatty acids from krill oil, krillmeal and fish oil in healthy subjects—a randomized, single-dose, cross-over trial, *Lipids in Health and Disease*, 14, 19, pp. 1-10, doi:10.1186/s12944-015-0015-4.

²¹⁹ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego*, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

²²⁰ Gawęcki J. (red.), (2017), *Białka w żywności i żywieniu*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, s. s. 65-75.

²²¹ Jalili M., Gerdol M., Greco S., Pallavicini A., Buonocore F., Scapigliati G., Picchiatti S., Angeles Esteban M., Rye M., Bones A., (2020), Differential Effects of Dietary Supplementation of Krill Meal, Soybean Meal, Butyrate, and Bactocell® on the Gene Expression of Atlantic Salmon Head Kidney, *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 886, pp. 1-19, doi:10.3390/ijms21030886.

odżywczą owadów, mniejszym negatywnym wpływem na środowisko w porównaniu do produkcji mięsa zwierząt rzeźnych oraz korzyściami ekonomiczno-społecznymi, związanymi z wykorzystaniem niskich nakładów kapitału i technologii do produkcji owadów²²². Owady do tej pory wykorzystywane były m.in. do produkcji pasz dla zwierząt, dodatków do żywności o właściwościach emulgujących, oraz preparatów białkowych²²³. Od niedawna w krajach europejskich podjęto jednak próbę przekonania konsumentów do spożywania owadów, stosując ten surowiec jako element dań w coraz większej ilości restauracji.

Najistotniejsze mocne i słabe strony związane z wykorzystaniem owadów jadalnych przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Mocne i słabe strony wykorzystania owadów jako źródła białka

Mocne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> • Wysoka zawartość białka o jakości zbliżonej do jakości mięsa zwierząt rzeźnych • Niewielki negatywny wpływ na środowisko, • Możliwość wykorzystania w przetwórstwie • Akceptowalność produktu w formie mączki oraz w żywieniu zwierząt • Umiarkowana potrzeba innowacji w technologii produkcji • Wydajność w produkcji żywności, przy mniejszym wykorzystaniu paszy • Szybki wzrost i rozwój owadów 	<ul style="list-style-type: none"> • Nieatrakcyjność dla konsumentów i negatywne postawy wobec produktu • Smak i tekstura • Wysoki koszt produkcji (41 USD/kg białka) • Podatność na skażenie mikrobiologiczne, obecność toksyn i metali ciężkich • Obecność pasożytów • Niewielka ilość badań dotyczących produkcji na szerszą skalę

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Ooninx i Boer 2012; Van der Spiegel i in. 2013; Bonny i in. 2016; Zielińska 2016; Alexander i in. 2017; Bueshke i in. 2017; Bartkowicz 2018; Ferranti i in 2018; Tao i Li 2018; Bashi i in. 2019; Gałęcki i Sokół 2019; Schardong i in. 2019; van der Weele i in. 2019].

Pierwszą mocną stroną wykorzystania owadów jest ich wartość odżywcza. Z punktu widzenia żywieniowego owady stanowią istotną, aczkolwiek niedocenianą alternatywę dla składników odżywczych dostarczanych z konwencjonalnych źródeł zwierzęcych²²⁴. Wartość energetyczna owadów mieści się w granicach 200 - 800 kcal/100 g suchej masy^{225,226}. Owady stanowią źródło białka na poziomie 5 - 77 g/100 g suchej masy,

²²² Bartkowicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

²²³ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

²²⁴ Tamże, s. 49-59.

²²⁵ Zielińska E., (2016), Perspektywy spożycia owadów przez Europejczyków, Nauki Przyrodnicze, 2(12), s. 12-19.

²²⁶ Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issue, Food Quality and Safety, 2, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.

a także tłuszczu o podobnym nasyceniu do tłuszczu rybiego i drobiowego w ilości 10 - 67%, węglowodanów w zakresie 0,1 - 5,3%, witamin, do których zaliczyć można witaminy B₁, B₂, B₉, B₁₂, A, D, retinol oraz β -karoten^{227,228,229}. Ponadto owady bogate są w błonnik pokarmowy, głównie w postaci chityny, oraz w związki mineralne zwłaszcza Fe i Zn, w mniejszej ilości Zn, Mn, Ca, Mg, Cu^{230,231,232}. Zawartość żelaza w niektórych gatunkach owadów może osiągać poziom dziesięć razy wyższy niż w mięsie wołowym i około dwadzieścia razy wyższy niż w drobiu, osiągając nawet 31 mg żelaza/100 g owadów²³³. Ponadto wartość odżywcza owadów waha się w zależności od etapu rozwoju. Na różnych etapach rozwoju, w zależności od stosowanej paszy, czy gatunku owadów różnią się zawartością składników odżywczych, a także smakiem^{234,235,236}.

Skład aminokwasowy kryła i owadów, w porównaniu do innych źródeł białka przedstawiono w tabeli 7.

-
- ²²⁷ Zielińska E., (2016), Perspektywy spożycia owadów przez Europejczyków, *Nauki Przyrodnicze*, 2(12), s. 12-19.
- ²²⁸ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego*, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.
- ²²⁹ Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issue, *Food Quality and Safety*, 2, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.
- ²³⁰ Zielińska, E., (2016), Perspektywy spożycia, *op.cit.*, s. 12-19.
- ²³¹ Alexander P., Brown C., Arneith A., Dias C., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., (2017), Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?, *Global Food Security*, 15, pp. 22-32.
- ²³² Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne, *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.
- ²³³ Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects, *op.cit.*, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.
- ²³⁴ Zielińska, E., (2016), Perspektywy spożycia, *op.cit.*, s. 12-19.
- ²³⁵ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne, *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.
- ²³⁶ Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects, *op.cit.*, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.

Poza korzyściami żywieniowymi i zdrowotnymi, istnieje szereg innych zalet związanych z wykorzystaniem owadów jadalnych w sektorze spożywczym. Jedną z ważniejszych jest ochrona środowiska²³⁷. Istotny element stanowi również zużycie paszy przez insekty. W ocenie Ferranti do produkcji 1 kg biomasy z insektów potrzeba o 15% mniej pokarmu niż potrzebnego do produkcji 1 kg drobiu i o 76% mniej pokarmu niż do produkcji 1 kg wołowiny²³⁸. Potwierdzają to ustalenia Oonincx (2010), które wykazały wyższy współczynnik konwersji paszy (a więc niższą ilość powstającego ekwiwalentu dwutlenku węgla na kg przyrostu masy) dla owadów niż dla żywego inwentarza ssaków²³⁹.

Hodowla owadów wiąże się także z mniejszą ilością powstających odpadów poprodukcyjnych charakterystycznych dla konwencjonalnej produkcji mięsnej, co związane jest z możliwością wykorzystania tego surowca w całości²⁴⁰. W żywieniu owadów możliwe jest także wykorzystanie odpadków organicznych²⁴¹. Owady charakteryzuje też krótszy czas hodowli. Czas uzyskania pożądanej postaci larwalnej wynosi 1-2 tygodni w zależności od gatunku i temperatury hodowli²⁴².

Wśród przeszkód w wykorzystaniu owadów wyróżnia się możliwość odkładania się w owadach, w zależności od jakości podłoża znaczących ilości metali ciężkich (Pb, Hg, Zn, Cu), arsenu, kwasu benzoowego, kwasu cyjanowodorowego i kwasu sorbinowego oraz możliwość występowania mikroflory patogennej *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Campylobacter*, *Micrococcus* i *Acinetobacter*, *Proteus*, *Escherichia*, *Enterobacteriaceae*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Chaetomium*, *Mucor*, *Mucorales*, *Alternaria*, *Drechslera* i *Phoma*^{243,244}. Pożywienie produkowane z insektów

²³⁷ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego*, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

²³⁸ Ferranti P., Berry E., Anderson J. (eds.), (2018), *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. 1st Edition. Elsevier.

²³⁹ Oonincx D., van Itterbeeck J., Heetkamp M., (2010), An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption, *PLOS ONE* 5(12), pp. 1-7, doi:10.1371/journal.pone.0014445.t001.

²⁴⁰ Alexander P., Brown C., Arneith A., Dias C., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., (2017), Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?, *Global Food Security*, 15, pp. 22-32.

²⁴¹ Tamże, pp. 22-32.

²⁴² Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

²⁴³ Van der Weele C., Feindt P., van der Goot A.J., van Mierlo B., van Boekel M., (2019), Meat alternatives: an integrative comparison, *Trends in Food Science and Technology*, 88, pp. 505-512. doi:10.1016/j.tifs.2019.04.018.

²⁴⁴ Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

może być ponadto przyczyną wystąpienia reakcji alergicznych, a także sposobem wprowadzenia do organizmu pasożytów^{245,246}. Z drugiej strony możliwe jest ograniczenie wyżej wspomnianego ryzyka poprzez dobór odpowiednich gatunków i właściwe postępowanie z owadami²⁴⁷. Niestety współcześnie zbadano bezpieczeństwo hodowli jedynie na małą skalę, tym samym przypuszczać można, że większe hodowle insektów mogą wiązać się z większą ilością wystąpienia potencjalnych zagrożeń²⁴⁸.

Najważniejszą przeszkodą jednak w stosowaniu owadów są postawy konsumentów wobec tego źródła białka. Obrzydzenie, strach przed zachorowaniem i wygląd produktu stanowią główne motywy odrzucenia owadów jako źródła białka²⁴⁹. Odrzucenie tego produktu wiąże się także często z negatywnym pierwszym wrażeniem, małą wiedzą o jego pochodzeniu, przekonaniem o negatywnych właściwościach organoleptycznych²⁵⁰. Z tego względu istotna w opinii Mancini i in. (2019) jest edukacja konsumentów i prowadzenie sesji degustacyjnych²⁵¹. Jedną z możliwości zwiększenia akceptacji owadów przez społeczeństwo krajów rozwiniętych jest podanie owadów w postaci mączki lub dodatek owadów do tradycyjnych produktów²⁵². Dla konsumentów nieprzyzwyczajonych do użycia tego surowca kluczowa jest forma mączki charakteryzująca się dużym wpływem na akceptację sensoryczną wśród konsumentów

²⁴⁵ Van der Weele C., Feindt P., van der Goot A.J., van Mierlo B., van Boekel M., (2019), Meat alternatives: an integrative comparison, *Trends in Food Science and Technology*, 88, pp. 505-512. doi:10.1016/j.tifs.2019.04.018.

²⁴⁶ Gałęcki R., Sokół R., (2019), A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and Animals, *Plos One*, 14, 7, pp. 1-19, doi:10.1371/journal.pone.0219303.

²⁴⁷ Belluco S., Losasso C., Maggioletti M. et al., (2013), Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 3, pp. 296-313.

²⁴⁸ Bonny S.P.F., Gardner G.E., Pethick D., Hocquette J.F., (2016), What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry?, *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), pp. 255-263, doi:10.1016/S2095-3119(14)60888-1.

²⁴⁹ Castro M., Chambers E., (2019), Willingness to eat an insect based product and impact on brand equity: A global perspective, *Journal of Sensory Studies*, pp. 1-10, doi:10.1111/joss.12486.

²⁵⁰ Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issue, *Food Quality and Safety*, 2, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.

²⁵¹ Mancini S., Sogari G., Menozzi D., Nuvoloni R., Torraca B., Moruzzo R., Paci G., (2019), Factors Predicting the Intention of Eating an Insect-Based Product, *Foods*, 8(7), 270, pp. 1-13, doi:10.3390/foods8070270.

²⁵² Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka ..., *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

zwyczajowo nie spożywających owadów^{253,254,255}. W ocenie Schardong (2019) konsumenci są nawet 5-6 razy bardziej skłonni do stosowania formy mączki w porównaniu do spożywania owadów w całości²⁵⁶. W związku z powyższym, w ostatnim czasie, również w Unii Europejskiej, obserwuje się zmiany prawne w tym zakresie. Na drodze Rozporządzeń wykonawczych (Komisji UE) 2022/188 (z dnia 10 lutego 2022 r.) i 2023/5 (z dnia 3 stycznia 2023 r.) Komisja UE wraz z Europejskim Urzędem ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) zatwierdziła wprowadzenie na rynek żywności konsumpcyjnej mrożonych, suszonych i sproszkowanych postaci oraz częściowo odtłuszczonego proszku wytworzonych ze świerszcza domowego (*A. domesticus*), pozwalając na wzbogacanie produktów cukierniczych, wypieków, napojów oraz innych produktów żywnościowych, w tym produktów przekąskowych na bazie mączki kukurydzianej i przekąsek innych niż chipsy ziemniaczane^{257,258}. Świerszcz domowy stał się zatem trzecim zatwierdzonym przez Unię Europejską owadem jadalnym wraz z mącznikiem młynarkiem i szarańczą wędrowną^{259,260}.

Tym samym wykorzystanie świerszcza domowego (*A. domesticus*) do wzbogacania żywności jest korzystne z punktu widzenia aspektów żywieniowych, ekonomicznych i środowiskowych. Główną zaletę wykorzystania tego surowca stanowi

²⁵³ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła ..., *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

²⁵⁴ Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issue, *Food Quality and Safety*, 2, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.

²⁵⁵ Schardong I.S., Freiberg J.A., Santana N.A., dos Santos Richards N.S.P., (2019), Brazilian consumers' perception of edible insects, *Ciência Rural*, Santa Maria, 49, 10, pp. 1-12, doi:10.1590/0103-8478cr20180960.

²⁵⁶ Tamże, pp. 1-12.

²⁵⁷ Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2022/188 z dnia 10 lutego 2022 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek mrożonych, suszonych i sproszkowanych postaci *Acheta domesticus* jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470 (UE), Dz. Urz. UE L 30/1082015/2283.

²⁵⁸ Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2023/5 z dnia 3 stycznia 2023 r. zezwalające na wprowadzanie na rynek częściowo odtłuszczonego proszku z *Acheta domesticus* (świerszcza domowego) jako nowej żywności oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze (UE) 2017/2470, Dz. Urz. UE L 2/9.

²⁵⁹ Rozporządzenie wykonawcze komisji (UE) 2021/1975 z dnia 12 listopada 2021 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek mrożonej, suszonej i sproszkowanej postaci szarańczy wędrownej (*Locusta migratoria*) jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470, Dz. Urz. UE L 402/10.

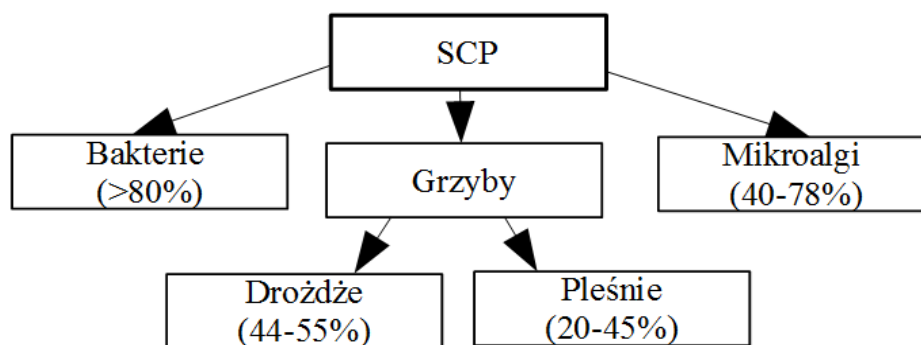
²⁶⁰ Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2022/169 z dnia 8 lutego 2022 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek mrożonej, suszonej i sproszkowanej postaci mącznika młynarka (larw *Tenebrio molitor*) jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470, Dz. Urz. UE L 28/10.

jego wartość odżywcza i skład aminokwasowy (tab. 6). Postać dorosła i poczwarka świerszcza domowego (*A. domesticus*) charakteryzują się zawartością białka na poziomie 67,57 i 67,25% w s.m. i tłuszczu - 20,68 i 14,41%. Między imago a poczwarką zauważa się także niewielkie różnice w zawartości popiołu, kolejno: 4,33 i 4,80%. Wartość energii brutto świerszcza waha się w granicach 17,32-19,10 MJ, natomiast zawartość włókna surowego w surowcu wynosi 15,72%²⁶¹ (tab. 6).

Z punktu widzenia ekonomicznego i środowiskowego, do wyprodukowania takiej samej ilości białka ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) potrzeba 12 - krotnie mniej paszy niż w przypadku bydła, 4 razy mniej niż w przypadku owiec oraz o połowę mniej niż w przypadku świń i brojlerów. Hodowlę świerszcza w postaci dorosłej charakteryzuje również krótszy czas (3-4 miesiące) w porównaniu do chowu trzody chlewnej i bydła²⁶².

2.2.5. Charakterystyka innych wybranych niekonwencjonalnych źródeł białka

Przykładem innych niekonwencjonalnych źródeł białka są organizmy jednokomórkowe - SCP (Single Cell Protein)²⁶³. Podział białek pochodzących z organizmów jednokomórkowych i zawartość białka (w s.m.) w poszczególnych grupach przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Podział białek organizmów jednokomórkowych - SCP

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Draaisma i in. 2013; Suman i in. 2015; Bueshke i in. 2017; Ferranti i in. 2018].

Najważniejsze mocne i słabe strony SCP (białko organizmów jednokomórkowych) jako alternatywnego źródła białka przedstawiono w tabeli 10.

²⁶¹ Weiner A., Paprocka I., Kwiatek K., (2018), Wybrane gatunki owadów jako źródło składników odżywczych w paszach, Życie Weterynaryjne, 93(7), s. 499-504.

²⁶² Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

²⁶³ Ferranti P., Berry E., Anderson J. (eds.), (2018), Encyclopedia of Food Security and Sustainability. 1st Edition. Elsevier.

Tabela 10. Mocne i słabe strony wykorzystania SCP (białko organizmów jednokomórkowych)

Mocne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> • Możliwość kultywacji na tanich substratach • Brak sezonowości i szybkość produkcji • Niewielkie wykorzystanie terenu • Wykorzystanie do oczyszczania środowiska • Wysoka zawartość białka 	<ul style="list-style-type: none"> • Zależność od zastosowanych do produkcji substratów i warunków uprawy • Wysoka zawartość kwasu nukleinowego • Nieatrakcyjność dla konsumentów • Podatność na skażenie mikrobiologiczne metalami ciężkimi, obecność toksyn (B1, B2 i G1, trichotecenu i zearalanonu) • Obecność niestrawnej ściany komórkowej • Konieczność wprowadzania innowacji w technologii produkcji • Wysokie koszty produkcji SCP do żywienia człowieka • Trudności w oddzieleniu biomasy, zwłaszcza bakteryjnej od podłoża • Możliwość wystąpienia reakcji alergicznych na niektóre gatunki mikroorganizmów

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Nasseri i in. 2011; Sahoo i in 2012; Nagul i Bhatia 2013; Van der Spiegel i in. 2013; Suman i in. 2015; Bueshke i in. 2017; Ferranti i in. 2018; Mahan i in. 2018; Grasso i in. 2019; van der Weele i in. 2019].

Z żywieniowego punktu widzenia, mikroorganizmy jednokomórkowe mogą stanowić cenne źródło białka o wysokiej wartości biologicznej. Skład aminokwasowy białek wybranych organizmów jednokomórkowych (SCP) przedstawiono w tabeli 8. Na podstawie zestawienia w tabeli 7 stwierdzono, że białka organizmów jednokomórkowych (SCP) stanowią bogate źródło lizyny, ale są ubogie w niektóre niezbędne aminokwasy, głównie siarkowe (metionina i cysteina)²⁶⁴. Białka organizmów jednokomórkowych (SCP) bogate są w witaminy z grupy B oraz związki mineralne: Zn, Mg, P, Se, Cr²⁶⁵.

Produkcja białka z organizmów jednokomórkowych (SCP) charakteryzuje się wykorzystaniem niewielkiej ilości terenu, dużą szybkością wzrostu i brakiem sezonowości produkcji²⁶⁶. Przykładem jest produkcja mikroalg, która pozwala na ochronę zasobów środowiska ze względu na możliwość wykorzystania gruntów nierolnych oraz niewielkich ilości wody, w przypadku wykorzystania bioreaktorów

²⁶⁴ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka ..., *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

²⁶⁵ Tamże, s. 49-59.

²⁶⁶ Suman G., Nupur M., Anuradha S., Pradeep B., (2015), Single Cell protein production: A review, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4, 9, pp. 251-262.

płaskich²⁶⁷. Kolejny przykład stanowi wykorzystanie odpadów, zanieczyszczonych cieków wodnych oraz gazów cieplarnianych do produkcji pleśni^{268,269,270,271}.

Wykorzystanie białka pochodzącego z organizmów jednokomórkowych do produkcji żywności, podobnie jak w przypadku owadów, ograniczone jest przez postawy neofobiczne konsumentów (osób starszych). Jedynie około 20% europejskich konsumentów w wieku 65-90 lat uważa spożywanie białek pozyskanych z organizmów jednokomórkowych za akceptowalne²⁷². Białka organizmów jednokomórkowych (SCP) na skalę przemysłową produkuje się głównie jako dodatek do pasz dla zwierząt, gdyż koszty produkcji białek mikrobiologicznych, które mogłyby być składnikiem żywności przeznaczonej dla człowieka są zbyt wysokie²⁷³. Z tego względu surowiec znajduje zastosowanie m.in. w żywieniu drobiu oraz bydła^{274,275}. Jednym z przeciwwskazań wykorzystania tego surowca do produkcji żywności jest obecność (zwłaszcza w biomacie bakteryjnej) znaczących ilości kwasów nukleinowych, które stanowią potencjalne niebezpieczeństwo dla organizmu człowieka i mogą doprowadzić do chorób wątroby oraz odkładania się kryształów kwasu moczowego w nerkach lub stawach, prowadząc w konsekwencji do dny moczanowej^{276,277,278}.

Alternatywnym źródłem białka wzbudzającym wiele kontrowersji jest mięso *in vitro*, określane także jako sztuczne lub czyste mięso. Mięso *in vitro*, sztuczne mleko i jaja i inne produkty zastępujące żywność pochodzenia odzwierzęcego należą do grupy

²⁶⁷ Draaisma R., Wijffels R., Slegers P., (2013), Food commodities from microalgae, *Current Opinion in biotechnology*, 24, pp. 169-177.

²⁶⁸ Nasser A., Rasoul-Amini S., Morowvat M., Ghasemi Y., (2011), Single Cell Protein; Production and Process, *American Journal of Food Technology*, 6, 2, s. 103-116.

²⁶⁹ Sahoo D., Elangbam G., Devi S., (2012), Using algae for carbon dioxide capture and bio-fuel production to combat climate change, *Phykos*, 42, 1, pp. 32-38.

²⁷⁰ Suman G., Nupur M., Anuradha S., Pradeep B., (2015), Single Cell protein production: A review, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4, 9, pp. 251-262.

²⁷¹ Ferranti P., Berry E., Anderson J. (eds.), (2018), *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. 1st Edition. Elsevier.

²⁷² Grasso A., Hung Y. et al., (2019), Older Consumers' Readiness to Accept Alternative, More Sustainable Protein Sources in the European Union, *Nutrients* 11, 8, pp. 1-18, doi:10.3390/nu11081904.

²⁷³ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka ..., *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

²⁷⁴ Becker E. W., (2007), Micro-algae as a source of protein, *Biotechnology Advances*, 25, pp. 207-210, doi:10.1016/j.biotechadv.2006.11.002.

²⁷⁵ Mirowski A., (2019), Algi morskie jako alternatywne źródło składników odżywczych w żywieniu krów, *Życie Weterynaryjne*, 94 (9), s. 619-62.

²⁷⁶ Kuhad R.C., Singh A., Tripathi K.K., Saxena R.K., Eriksson K.E.L., (1997), Microorganisms as an Alternative Source of Protein, *Nutrition Reviews*, 55, 3, pp. 65-75, doi:10.1111/j.1753-4887.1997.tb01599.x.

²⁷⁷ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne ..., *op.cit.*, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

²⁷⁸ Gawęcki J. (red.), (2017), Białka w żywności ..., *op.cit.*, s. 65-75.

produktów wytwarzanych dzięki rolnictwu komórkowemu i związane są z procesami hodowli komórek macierzystych poza ciałami zwierząt (*in vitro*) lub modyfikacją genetyczną i fermentacją komórek drożdży i innych mikroorganizmów^{279,280}. Pierwsza z wymienionych metod - inżynieria tkankowa związana jest z pozyskaniem komórek zwierząt na drodze biopsji i namnożeniu ich z wykorzystaniem bioreaktorów. Wymieniona metoda dotyczy głównie produkcji skóry i mięsa *in vitro*. Druga metoda – rolnictwo komórkowe (oparte o proces fermentacji) związana jest z produkcją cząsteczek (np. żelatyny, kazeiny, kolagenu) przy pomocy genetycznie modyfikowanych organizmów jednokomórkowych²⁸¹. Według Bonny i in. (2016) „sztuczne mięso” obejmuje 4 rodzaje produktów: mięso modyfikowane genetycznie, mięso z organizmów sklonowanych, mięso powstałe w wyniku inżynierii tkankowej oraz substytutu mięsa z surowców roślinnych²⁸². Podstawowym celem produkcji sztucznego mięsa jest zapewnienie dobrostanu zwierząt i ograniczenie ich uboju²⁸³.

Mocne i słabe strony produkcji mięsa *in vitro* przedstawiono w tabeli 11.

²⁷⁹ Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I., Ellis M., Glencross A., Sexton A., (2018), Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in Cellular Agriculture, Trends In Food Science & Technology, 78, pp. 155-166, doi:10.1016/j.tifs.2018.04.010.

²⁸⁰ Sexton A.E., Garnett T., Lorimer J., (2019), Framing the future of food: The contested promises of alternative proteins, Environment and Planning E: Nature and Space, 2(1), pp. 47-72, doi:10.1177/2514848619827009.

²⁸¹ Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I., Ellis M., Glencross A., Sexton A., (2018), Bringing cultured ..., *op.cit.*, pp. 155-166, doi:10.1016/j.tifs.2018.04.010.

²⁸² Bonny S.P.F., Gardner G.E., Pethick D., Hocquette J.F., (2016), What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry?, Journal of Integrative Agriculture, 14(2), pp. 255-263, doi:10.1016/S2095-3119(14)60888-1.

²⁸³ Zabielski R., Zarzyńska J., (2020), Wyzwania związane z produkcją „sztucznego mięsa”, Życie weterynaryjne, 95 (2), s. 74-80.

Tabela 11. Mocne i słabe strony produkcji mięsa *in vitro*

Mocne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> • Pozytywny wpływ na dobrostan zwierząt • Mniejszy wpływ na środowisko niż hodowla zwierząt rzeźnych • Wysoka strawność • Brak sezonowości produkcji • Mniejsze ryzyko biologiczne i chorobowe na skutek unormowanych metod produkcji i mniejszy kontakt ze zwierzętami • Zmniejszenie ilości powstających odpadów odzwierzęcych 	<ul style="list-style-type: none"> • Konieczność wprowadzenia innowacji w technologii produkcji • Brak sukcesów we wprowadzeniu komórek tłuszczowych i tkanki łącznej do mięsa • Bardzo wysokie koszty produkcji nawet około 300 \$/ kg białka • Nieatrakcyjność dla konsumentów • Nieatrakcyjność sensoryczna (żółta barwa, nieodpowiednia konsystencja) • Prawdopodobieństwo namnażania komórek rakowych przy produkcji • Trudności w pozyskaniu komórek macierzystych (konieczność modyfikacji genetycznych uśmiercania lub okaleczania zwierząt na skutek biopsji) • Konieczność wykorzystania surowców odzwierzęcych do produkcji pożywki • Opłacalność tylko w dużej skali • Trudność wprowadzenia w krajach mniej rozwiniętych • Możliwość wpływu modyfikacji epigenetycznych w komórkach na zdrowie ludzkie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Tuomisto i Mattos 2010; Bonny i in. 2016; Hocquette 2016; Wilks i Phillips 2017; Stephens i in. 2018; Bashi i in. 2019; Faccio i in. 2019; Grasso i in. 2019; van der Weele i in. 2019; Zabielski i Zarzyńska 2020].

W literaturze naukowej podejmowane są liczne dyskusje dotyczące etyki produkcji mięsa *in vitro* oraz jego wartości odżywczej. Wartość odżywcza mięsa *in vitro* z założenia powinna być identyczna do wartości odżywczej mięsa zwierząt rzeźnych^{284,285}. Podobne kontrowersje wzbudza profil sensoryczny mięsa *in vitro*, związany przede wszystkim z obecnością zarówno komórek mięśniowych i tłuszczowych oraz powstającej w wyniku ich interakcji enzymatycznych, marmurkowej struktury, a ponadto występowaniem tkanki łącznej, a nawet krwi i zawartej w niej mioglobiny, gwarantującej różowoczerwoną barwę mięsa²⁸⁶. Współcześnie obserwuje się coraz bardziej zaawansowane prace nad inkorporacją komórek tłuszczowych, w celu stworzenia mięsa o atrakcyjnej sensorycznej strukturze, a także próby współhodowli komórek

²⁸⁴ Van der Weele, C., Feindt, P., Jan van der Goot, A., van Mierlo, B., & van Boekel, M., (2019), Meat alternatives: an integrative comparison, Trends in Food Science and Technology, 88, pp. 505-512. doi:10.1016/j.tifs.2019.04.018.

²⁸⁵ Zabielski R., Zarzyńska J., (2020), Wyzwania związane z produkcją „sztucznego mięsa”, Życie weterynaryjne, 95 (2), s. 74-80.

²⁸⁶ Tamże, s. 74-80.

mięśniowych, tłuszczowych i tkanki łącznej^{287,288}. W ocenie zwolenników profil sensoryczny produktu zbliżony jest do mięsa zwierząt rzeźnych. Natomiast według innych autorów ze względu na brak komórek tłuszczowych (adiopocytów) oraz mioglobiny w końcowym produkcie procesu hodowli tkankowej mięso *in vitro* charakteryzować może nieodpowiednia jakość organoleptyczna związana z nieodpowiednią strukturą, smakowitością i żółtą barwą^{289,290}. Nieodpowiednia jakość sensoryczna mięsa *in vitro* może być determinowana brakiem procesu tenderyzacji i dojrzewania, związanego z przemianami glikogenu obecnego w mięśniach, gwarantującego odpowiednią delikatność i profil sensoryczny mięsa^{291,292}.

Produkcja mięsa *in vitro* w opinii wielu autorów wywiera mniejszy wpływ na środowisko. W porównaniu do mięsa zwierząt rzeźnych charakteryzuje się mniejszym wykorzystaniem terenu do produkcji (98-99%), mniejszym zużyciem energii elektrycznej (7-60%), mniejszym zużyciem wody (82-96%), mniejszą ilością wytworzonych gazów cieplarnianych (80-95%) oraz mniejszym potencjałem eutrofizacyjnym^{293,294,295,296}. Z drugiej jednak strony na degradację środowiska naturalnego wpływ może mieć rozwój infrastruktury koniecznej do produkcji masowej mięsa *in vitro*, a także potrzeba

²⁸⁷ Fish K.D., Rubio N.R., Stout A.J., Yuen J.S.K., Kaplan D.L., (2020), Prospects and challenges for cell-cultured fat as a novel food ingredient, Trends in Food Science & Technology, 98, pp. 53-67, doi:10.1016/j.tifs.2020.02.005.

²⁸⁸ Zabielski R., Zarzyńska J., (2020), Wyzwania związane ..., *op.cit.*, s. 74-80.

²⁸⁹ Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins: The race for market share is on, McKinsey Insights. Agriculture Practice, <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>, (dostęp: 10.07.2021).

²⁹⁰ Zabielski R., Zarzyńska J., (2020), Wyzwania związane z produkcją „sztucznego mięsa”, Życie weterynaryjne, 95 (2), s. 74-80.

²⁹¹ Hocquette J. F., (2016), Is *in vitro* meat the solution for the future?, Meat Science, 120, pp. 167-176, doi:10.1016/j.meatsci.2016.04.036.

²⁹² Zabielski R., Zarzyńska J., (2020), Wyzwania związane ..., *op.cit.*, s. 74-80.

²⁹³ Tuomisto H., Joost Teixeira de Mattos M., (2010), Life cycle assessment of cultured meat production, 7th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Bari.

²⁹⁴ Bonny S. P. F., Gardner G. E., Pethick D., Hocquette J. F., (2016), What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry?, Journal of Integrative Agriculture, 14(2), 255-263, doi:10.1016/S2095-3119(14)60888-1.

²⁹⁵ Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I., Ellis M., Glencross A., Sexton A., (2018), Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in Cellular Agriculture, Trends In Food Science & Technology, 78, pp. 155-166, doi:10.1016/j.tifs.2018.04.010.

²⁹⁶ Faccio E., Guiotto Nai Fovino L., (2019), Food Neophobia or Distrust of Novelty? Exploring Consumers' Attitudes toward GMOs, Insects and Cultured Meat, Applied Sciences, 9, 4440, pp. 1-16.

wyprodukowania odpowiednio czystych podłoży, z wykorzystaniem wody czystej mikrobiologicznie^{297,298,299,300}.

Ostatnią grupę niekonwencjonalnych źródeł białka stanowią produkty uboczne³⁰¹. Wraz z pojawieniem się koncepcji „czystszej produkcji” wszelkie odpady zaczęto rozpatrywać w kategorii źródła surowców do produkcji innych, pełnowartościowych produktów³⁰². Przykładem produktów ubocznych stanowiących niekonwencjonalne źródło białka są produkty na bazie kazeiny (kazeinian sodowy, potasowy, wapnia) oraz serwatki, a także surowce odpadowe z produkcji mięsnej³⁰³. W przypadku produktów ubocznych pochodzenia mleczarskiego obserwuje się podział na produkty uboczne oraz produkty pochodne tj. produkty uboczne poddane dodatkowym procesom technologicznym (rys. 7)³⁰⁴.

Produkty te najczęściej oparte są o 2 frakcje białka: białka kazeinowe i serwatkowe stanowiące kolejno 80 i 20% białkowych związków azotowych w mleku³⁰⁵. Kazeina mleka krowiego w zależności od metody wytwarzania (kwasowej lub podpuszczkowej) zawiera 82-88% białka, 1,4-1,5% tłuszczu, 0,3-0,5% laktozy i 2,1-8,5% popiołu³⁰⁶. Skład aminokwasowy kazeiny i kazeinianu sodowego wyprodukowanych z mleka krowiego przedstawiono w tabeli 7. Kazeiniany stanowią produkt działania soli na kazeinę

²⁹⁷ Hocquette J. F., (2016), Is *in vitro* meat the solution for the future?, Meat Science, 120, pp. 167-176, doi:10.1016/j.meatsci.2016.04.036.

²⁹⁸ Alexander P., Brown C., Arneth A., Dias C., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., (2017), Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?, Global Food Security, 15, pp. 22-32.

²⁹⁹ Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins: The race for market share is on, McKinsey Insights. Agriculture Practice, <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>, (dostęp: 10.07.2021).

³⁰⁰ Van der Weele C., Feindt P., van der Goot A.J., van Mierlo B., van Boekel M., (2019), Meat alternatives: an integrative comparison, Trends in Food Science and Technology, 88, pp. 505-512. doi:10.1016/j.tifs.2019.04.018.

³⁰¹ Gawęcki J. (red.), (2017), Białka w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, s. 65-75.

³⁰² Sobczak A., Błyszczek E., (2009), Kierunki zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu mięsnego, Chemia. Czasopismo Techniczne, 106, 4, s. 141-151.

³⁰³ Gawęcki J. (red.), (2017), Białka w żywności i żywieniu...., *op.cit.*, s. 65-75.

³⁰⁴ Rafiq S.M., Rafiq S.I., (2020), Milk by-products utilization, In: Current Issues and Challenges in Dairy Industry, Zimmerman T., Gywali R., Intech Open, United Kingdom, pp. 1-9, doi:10.5772/intechopen.78123.

³⁰⁵ Szpendowski J., Siemanowski K., (2013), Właściwości odżywcze i funkcjonalne oraz zastosowanie kazeinianów w przetwórstwie spożywczym, Nauki Inżynierskie i Technologiczne, 3(10), s. 122-138.

³⁰⁶ Tamże, s. 122-138.

kwasową wykorzystywany często jako surowiec w preparatach białkowych^{307,308}. Produkcja kazeinianów związana jest z dwoma metodami: metodą zbiornikową, polegającą na zobojętnianiu zawiesiny kazeinowej odpowiednimi alkaliami, a następnie na procesie suszenia oraz metodą ekstruzji^{309,310}. Wpływ na środowisko kazeiny związany jest z wykorzystaniem energii i powstaniem ścieków, zwłaszcza w metodzie zbiornikowej, dlatego też metoda ta wypierana jest przez metodę ekstruzji³¹¹. Kolejnym produktem ubocznym przemysłu mleczarskiego jest serwatka, stanowiąca 60-90% odpadów z produkcji serów i twarogów^{312,313}. W technologii mleczarskiej wyróżnia się serwatkę kwasową, podpuszczkową i kazeinową. Serwatka składa się z 5-7% suchej masy, w której 13% stanowi białko i około 0,03% tłuszcz, około 5% laktoza oraz około 0,8% popiół w świeżej masie^{314,315,316}. Dodatkowo ten produkt uboczny stanowi źródło β-laktoglobuliny, laktoalbuminy oraz laktoferyny³¹⁷. W zależności od zastosowanej metody produkcji sera serwatka może zawierać od 0,4-0,6 (metoda kwasowa) do 1,2-1,6 g/L (metoda podpuszczkowa) wapnia³¹⁸. Serwatka charakteryzuje się niską trwałością³¹⁹, a wprowadzenie jej do ścieków wywiera negatywny wpływ na wielkość plonów, jakość

-
- ³⁰⁷ Szpendowski J., Świgoń J., Śmietana Z., Cierach M., (2000), Wyróżniki chemiczne wartości odżywczej kazeinianów otrzymanych metodą ekstruzji, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 4(25), s. 82-89.
- ³⁰⁸ Szpendowski J., Szymański E., Staniewski B., Bohdziewicz K., (2010), Właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne kazeinianów otrzymywanych metodą zbiornikową oraz ekstruzji, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2(69), s. 62-75.
- ³⁰⁹ Szpendowski J., Świgoń J., Śmietana Z., Cierach M., (2000), Wyróżniki..., *op.cit.*, s. 82-89.
- ³¹⁰ Szpendowski J., Szymański E., Staniewski B., Bohdziewicz K., (2010), Właściwości fizykochemiczne ..., *op.cit.*, s. 62-75.
- ³¹¹ Szpendowski J., Świgoń J., Śmietana Z., Cierach M., (2000), Wyróżniki ..., *op.cit.*, s. 82-89.
- ³¹² Maślanka S., Siołek M., Hamryszak Ł., Łopot D., (2014), Zastosowanie odpadów z przemysłu mleczarskiego do produkcji polimerów biodegradowalnych, *Chemik*, 68, 8, s. 703-709.
- ³¹³ Rafiq S.M., Rafiq S.I., (2020), Milk by-products utilization, In: *Current Issues and Challenges in Dairy Industry*, Zimmerman T., Gywali R., Intech Open, United Kingdom, pp. 1-9, doi:10.5772/intechopen.78123.
- ³¹⁴ Król J., Brodziak A., Litwińczuk A., (2011), Podstawowy skład chemiczny i zawartość wybranych białek serwatkowych w mleku krów różnych ras i w serwatce podpuszczkowej, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(77), s. 74-83.
- ³¹⁵ Sokołowska O., (2019), Odpady: Zagospodarowanie odpadów z przemysłu mleczarskiego, *Forum mleczarskie biznes*, 2 <https://www.forummleczarskie.pl/RAPORTY/808/zagospodarowanie-odpadow>, (dostęp: .11.02.2023).
- ³¹⁶ Rafiq S.M., Rafiq S.I., (2020), Milk by-products utilization, In: *Current Issues and Challenges in Dairy Industry*, Zimmerman T., Gywali R., Intech Open, United Kingdom, doi:10.5772/intechopen.78123.
- ³¹⁷ Król J., Brodziak A., Litwińczuk A., (2011), Podstawowy skład chemiczny ..., *op.cit.*, s. 74-83.
- ³¹⁸ Rafiq S.M., Rafiq S.I., (2020), Milk by-products utilization....., *op.cit.*, s. 1-9.
- ³¹⁹ Maślanka S., Siołek M., Hamryszak Ł., Łopot D., (2014), Zastosowanie odpadów ..., *op.cit.*, s. 703-709.

gleby, wyniszczenie zbiorników wodnych³²⁰. Z tego względu serwatka znajduje zastosowanie w produkcji m.in. preparatów białek serwatkowych metodą ultrafiltracji lub przez odmineralizowanie w procesie elektrodializy i przez wysuszenie^{321,322}. W opinii Bashi i in. (2019) białka serwatkowe stanowią źródło protein o większym negatywnym wpływie na środowisko niż owady, czy białka roślinne, co może być związane z koniecznością przeprowadzania procesu suszenia rozpyłowego w procesie produkcji preparatów białek serwatkowych, które wiąże się z emisją pyłów do atmosfery i zużyciem znaczących ilości energii, a także dużym chemicznym zapotrzebowaniem na tlen surowca^{323,324,325}.

Produkty uboczne przemysłu mięsnego stanowią kolejną grupę alternatywnych źródeł białka. Do spożycia przez ludzi wykorzystywana jest ograniczona część tuszy zwierzęcia rzeźnego (około 60% masy), dlatego też konieczne jest zagospodarowanie pozostałych odpadów³²⁶. Do grupy produktów ubocznych przemysłu mięsnego zalicza odpady miękkie: krew, osocze, skóry, wola i inne organy oraz odpady twarde: kości, krusz kostny, kopyta, rogi^{327,328}. Analogicznie jak w przypadku produktów ubocznych przemysłu mleczarskiego, odpady mięsne charakteryzuje wysoka zawartość substancji organicznych. Powoduje to zagrożenie odorotwórcze, sanitarne oraz ryzyko zanieczyszczenia gleb i ścieków w przypadku nieodpowiedniego przechowywania³²⁹. Największą grupę odpadów (37%), mogącą stanowić równocześnie surowiec do produkcji preparatów białkowych są odpady rzeźne operacyjne, w których zawartość

³²⁰ Sokołowska O., (2019), Odpady: Zagospodarowanie odpadów z przemysłu mleczarskiego, Forum mleczarskie biznes, 2 <https://www.forummleczarskie.pl/RAPORTY/808/zagospodarowanie-odpadow>, (dostęp: .11.02.2023).

³²¹ Dłużniewski M. (red.), (2008), Technologia żywności: podręcznik dla technikum: praca zbiorowa, Część 4, WSIP, Warszawa.

³²² Rafiq S.M., Rafiq S.I., (2020), Milk by-products utilization, In: Current Issues and Challenges in Dairy Industry, Zimmerman T., Gywali R., Intech Open, United Kingdom, pp. 1-9, doi:10.5772/intechopen.78123.

³²³ Nowak M. M., (2014), Wykorzystanie odpadów z przemysłu mleczarskiego jako element ekologii, Logistyka - nauka, 6.

³²⁴ Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins: The race for market share is on, McKinsey Insights. Agriculture Practice, <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>, (dostęp: 10.07.2021).

³²⁵ Sokołowska O., (2019), Odpady:*op.cit.*, (dostęp: .11.02.2023).

³²⁶ Alexander P., Brown C., Arneith A., Dias C., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., (2017), Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?, Global Food Security, 15, pp. 22-32.

³²⁷ Sobczak A., Błyszczek E., (2009), Kierunki zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu mięsnego, Chemia. Czasopismo Techniczne, 106, 4, s. 141-151.

³²⁸ Gawęcki J. (red.), (2017), Białka w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, s. 65-75.

³²⁹ Sobczak A., Błyszczek E., (2009), Kierunki zagospodarowania*op.cit.*, s. 141-151.

białka kształtuje się na poziomie 5-68%, a ilość tłuszczu waha się w granicach 3-38%³³⁰. Wykorzystanie tego źródła białka w żywieniu człowieka jest wciąż ograniczone, co ma związek z epidemią wściekłych krów, obawą przed zachorowaniem oraz obrzydzeniem wobec odpadów produkcji mięsnej. Z tego względu surowiec ten odnajduje zastosowanie jako źródło substancji dodatkowych m.in żelatyny, nawozów, surowców energetycznych oraz pasz^{331,332}.

³³⁰ Tamże, s. 141-151.

³³¹ Tamże, s. 141-151.

³³² Gawęcki J. (red.), (2017), Białka w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, s. 65-75.

3. Postawy i zachowania konsumentów w aspekcie doskonalenia jakości produktów żywnościowych

3.1. Konsument na rynku żywności

Rynek żywności w Polsce, jak i na świecie, należy do najbardziej innowacyjnych segmentów przemysłu. Jednocześnie obserwuje się wzrost świadomości konsumentów dotyczącej relacji między żywnością, sposobem odżywiania a zdrowiem. Tym samym dla wielu przedsiębiorstw produkujących żywność relacja ta obejmująca doskonalenie jakości produktów żywnościowych stanowić może przesłankę do wprowadzania na rynek produktów o szczególnych właściwościach prozdrowotnych, funkcjonalnych czy o podwyższonej wartości odżywczej³³³. Poza tym w Polsce i Unii Europejskiej w ostatnich latach obserwuje się zmiany społeczno-gospodarcze oraz demograficzne, które mają wpływ na postrzeganie rynku żywności przez konsumenta. Do najważniejszych czynników determinujących decyzje zakupowe konsumentów zaliczyć można m.in.:

- wzrost dochodów społeczeństwa mający wpływ na spadek zainteresowania produktami podstawowymi i zainteresowanie tymi o wyższej wartości rynkowej;
- wzrost ilości konsumentów w wieku dojrzałym warunkujący wzrost zainteresowania żywnością prozdrowotną, funkcjonalną, dietetyczną;
- wzrost świadomości na temat problemów środowiskowych mające wpływ na zainteresowanie żywnością mającą mniejszy wpływ na środowisko;
- rozdrobnienie popytu wymuszające na uczestnikach strony podażowej zapewnienie konkurencyjnej oferty produktowej³³⁴.

Współcześnie mówi się o 5 głównych kategoriach trendów globalnych na rynku żywności i dotyczą one:

- przyjemności jakiej dostarcza produkt;
- wpływu produktu na zdrowie;
- wygody i łatwości przygotowania żywności;
- fizyczności, poświęcenia uwagi własnemu wyglądowi i kondycji;

³³³ Gutkowska K., Kowalczyk I., Sajdowska M., Żakowska-Biemans S., Kozłowska A., Olewnik-Mikołajewska A., (2014), Postawy konsumentów wobec innowacji na rynku żywności, *Handel Wewnętrzny*, 4(351), s. 80-93.

³³⁴ Górską-Warsewicz H., Świątkowska M., Krajewski K., (2013), *Marketing żywności*, Wolters Kluwer, Warszawa.

- etyki i zainteresowania żywnością produkowaną z poszanowaniem dla człowieka i środowiska³³⁵.

Aktualnie obserwowana na rynku tendencja wskazuje, że z szerokiej gamy produktów konsumenci preferują te produkty, które charakteryzuje brak substancji konserwujących, barwników, podwyższona zawartość witamin, błonnika, minerałów, a obniżona zawartość tłuszczu i cukrów³³⁶. Niniejszym preferencjom towarzyszy często przekonanie o związku pomiędzy niskim stopniem przetworzenia a większymi walorami zdrowotnymi żywności³³⁷. W opinii konsumentów globalny rynek powinien być zdominowany przez produkty charakteryzujące się tzw. „czystą etykietą”, czyli produkty naturalne, pozbawione syntetycznych dodatków do żywności^{338,339}.

3.2. Postawy i zachowania – definicja

Postawy konsumentów definiowane w literaturze są jako pozytywna lub negatywna, sumaryczna ocena danego obiektu³⁴⁰. Cechą charakterystyczną postawy jest więc znak (pozytywny lub negatywny) oraz jego natężenie (większe lub mniejsze)³⁴¹. Postawę określać można także jako trwałe zorganizowanie przekonań w stosunku do przedmiotu lub sytuacji, które predysponują do reagowania w pewien sposób preferencyjnego. Za najważniejsze komponenty postawy uznaje się komponent poznawczy (wiedza i przekonania – również fałszywe), emocjonalny, behawioralny (zachowania i intencje zachowań). Kluczowa dla zrozumienia postaw wobec nowych produktów wydaje się wzajemna relacja dwóch pierwszych czynników, bowiem jeśli jednostka „nie lubi” obiektu postawy, jej wiedza składa się z informacji, które to „nie lubienie” uzasadniają. Co więcej postawa wobec produktu warunkowana być może pod wpływem

³³⁵ Gutkowska K., Kowalczyk I., Sajdowska M., Żakowska-Biemans S., Kozłowska A., Olewnik-Mikołajewska A., (2014), Postawy konsumentów wobec innowacji na rynku żywności, *Handel Wewnętrzny*, 4(351), s. 80-93.

³³⁶ Jasiulewicz A., (2016), Motywy i bariery konsumpcji innowacyjnych produktów żywnościowych, *Studia i Prace WNEiZ US*, 43(3), s. 133-140, doi:10.18276/sip.2016.43/3-12.

³³⁷ Jeżewska-Zychowicz M., Królak M., (2015), Konsumencka percepcja nowych technologii stosowanych w produkcji żywności, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 111, s. 71–80.

³³⁸ Ociecek A., Bartkiewicz J., Żyłka K., (2018), Uwarunkowania postaw i zachowań konsumentów na rynku nowej żywności jako indykatory ewolucyjnych zmian rynku żywności, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 20(6), doi:10.5604/01.3001.0012.7759, s. 181-188.

³³⁹ Pasternak M., (2019), Czysta etykieta a dodatki do żywności, *Przemysł Spożywczy*, 73, s. 48-51.

³⁴⁰ Górską-Warsewicz H., Świątkowska M., Krajewski K., (2013), *Marketing żywności*, Wolters Kluwer, Warszawa.

³⁴¹ Jeżewska-Zychowicz M. (red.), (2009), *Nieznana żywność a postawy i zachowania konsumentów*, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa, s. 27-39.

bezpośrednich (spożycie), jak i pośrednich (reklama lub opinia) doświadczeń z obiektem postawy, a także występować jako postawa jawna, bądź utajona³⁴².

Obecnie na rynku żywności w stosunku do nowości wyróżnić można dwie skrajne postawy. Pierwszą jest akceptacja nowych wyrobów i technologii natomiast drugą ich negacja i zainteresowanie produktami konwencjonalnymi, często dobrze znanymi³⁴³.

Za przeciwieństwo postawy, określanej często mianem neofilii, skłonności do eksplorowania, innowacyjności konsumenta uznać należy neofobię. Neofobia to postawa wyrażająca niechęć do zakupu produktu obecnego na rynku od niedawna³⁴⁴. Osoby reprezentujące tę postawę, jeśli próbują nowego produktu, robią to jako ostatni i należą często do grupy tak zwanych maruderów³⁴⁵. Podział na osoby charakteryzujące się neofobią, bądź neofilią nie jest jednak pełny, ponieważ określenie postawy wobec danego przedmiotu oznacza umiejscowienie człowieka na dwubiegunowym kontinuum ustosunkowania się do obiektu od skrajnie negatywnego do skrajnie pozytywnego³⁴⁶.

W przypadku niniejszego rozróżnienia, kluczowa wydaje się druga cecha konsumenta określana jako innowacyjność i rozumiana jako stopień, w jakim jednostka wcześniej niż pozostałe akceptuje nowe produkty i innowacje³⁴⁷. Innowacyjność jest cechą dotyczącą niewielkiej zbiorowości, osoby o najwyższym nasileniu tej cechy określa się mianem pionierów³⁴⁸. Jednostki te występują w przypadku każdego z typów produktów i poprzedzają tak zwanych wczesnych naśladowców³⁴⁹. Postawa stanowi zawsze element poprzedzający zachowanie konsumenta nie może być jednak utożsamiana z nim całkowicie³⁵⁰.

Zachowania konsumentów na rynku żywności są to sposoby postępowania i działania, wiążące się ze zdobyciem preferowanych dóbr w celu zaspokajania potrzeb żywieniowych³⁵¹. Według Dmowskiego (2019) i Szul (2015) zachowania konsumentów

³⁴² Tamże, s. 27-39.

³⁴³ Kowalczyk I., Fusiek M., Nowocien M., (2018), Postawy studentów wobec nowych produktów i technologii w produkcji żywności, *Handel Wewnętrzny*, 1(372), s. 75-86.

³⁴⁴ Jeżewska-Zychowicz M., Królak M., (2015), Konsumentcka percepcja nowych technologii stosowanych w produkcji żywności, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 111, s. 71-80.

³⁴⁵ Szul E., (2016), Konsumentci wobec innowacyjnych produktów, *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 46(2), s. 226-236.

³⁴⁶ Jeżewska-Zychowicz M. (red.), (2009), *Nieznana żywność a postawy i zachowania konsumentów*, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa, s. 27-39.

³⁴⁷ Gutkowska K., Kowalczyk I., Sajdowska M., Żakowska-Biemans S., Kozłowska A., Olewnik-Mikołajewska A., (2014), *Postawy konsumentów ...*, *op.cit.*, s. 80-93.

³⁴⁸ Tamże, s. 80-93.

³⁴⁹ Ociecek A., Bartkowicz J., Żyłka K., (2018), *Uwarunkowania postaw ...*, *op.cit.*, s. 181-188.

³⁵⁰ Jeżewska-Zychowicz M. (red.), (2009), *Nieznana żywność ...*, *op.cit.*, s. 27-39.

³⁵¹ Ociecek A., Bartkowicz J., Żyłka K., (2018), *Uwarunkowania postaw ...*, *op.cit.*, s. 181-188.

zmieniają się wraz ze zmianami na rynku. Dzięki otwartości konsumentów na innowacyjność producenci mogą wprowadzać na rynek udoskonalone produkty, co powoduje zaspokojenie niecierpliwości współczesnego konsumenta^{352,353}.

Znajomość żywności ma istotny wpływ na to, czy dana żywność jest postrzegana jako bezpieczna³⁵⁴. Żywność znana (tradycyjna) jest to żywność charakterystyczna dla kultury danej społeczności. Wśród żywności innej niż zwyczajowo spożywana w danej społeczności znajduje się żywność charakterystyczna dla innych kultur oraz żywność wytworzona z wykorzystaniem nowoczesnych technologii, która określana jest jako: „żywność nowa”, „nowe produkty żywnościowe”. Szczególnym rodzajem nowej żywności jest innowacja³⁵⁵. Innowacja produktowa definiowana jest w literaturze przedmiotu jako: nowy lub ulepszony, wprowadzony na rynek towar lub usługa, różniącą się znacznie od poprzednich towarów lub usług firmy³⁵⁶. W ocenie Włodarczyk i Domańskiej (2008) innowację produktową określić można jako nowy produkt lub usługę lub znaczące ich ulepszenie w odniesieniu do cech lub przeznaczenia (w tym znaczące udoskonalenie w zakresie specyfikacji technicznej, składników i materiałów, dołączonego oprogramowania, „przyjazności” dla użytkownika oraz cech funkcjonalnych)³⁵⁷.

Współcześnie większość innowacji żywnościowych powstaje w wyniku połączenia wybranych zabiegów technologicznych oraz modyfikacji recepturowych. Innowacja produktowa polegać może na nadaniu produktowi właściwości żywności funkcjonalnej przez dodatek zamienników tłuszczu, błonnika, czy dodatkowych substancji odżywczych lub zakwalifikowaniu produktu do żywności wygodnej przez zwiększenie wygody użytkownika produktu poprzez zmianę opakowania, serwowania, sposobu przygotowania³⁵⁸. Szczególny rodzaj innowacji stanowi ekoinowacja będąca źródłem proekologicznego unowocześnienia społeczeństw i definiowana jako działania innowacyjne mające na celu

³⁵² Szul E., (2015), Obrazowanie współczesnego konsumenta ..., *op.cit.*, s. 174-186.

³⁵³ Dmowski P., (2019), Wielowymiarowe modelowanie jakości herbaty czarnej, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia, s. 18-21.

³⁵⁴ Jeżewska-Zychowicz M. (red.), (2009), Nieznana żywność ..., *op.cit.*, s. 11-23.

³⁵⁵ Tamże, s. 11-23.

³⁵⁶ OECD i Eurostat, (2018), Oslo Manual 2018 Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, the Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, doi:10.1787/24132764.

³⁵⁷ Włodarczyk A., Domańska K., (2008), Innowacje w działalności MSP agrobiznesu, Prace Naukowe. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. Wydział Nauk Ekonomicznych. Katedra Polityki Agrarnej i Marketingu, 45, 1, s. 161-172.

³⁵⁸ Jasiulewicz A., (2016), Motywy i bariery konsumpcji innowacyjnych produktów żywnościowych, Studia i Prace WNEiZ US, 43(3), s. 133-140, doi:10.18276/sip.2016.43/3-12.

polepszenie ochrony środowiska, procesy produkcyjne, nowe produkty i usługi, metody biznesowe i zarządcze mające za zadanie oszczędzanie elementów środowiska przyrodniczego lub ochronę jego zdegradowanych elementów^{359,360}.

W tabeli 12 przedstawiono determinanty wyboru i odrzucenia innowacyjnego produktu żywnościowego przez konsumentów.

³⁵⁹ Białoń L., (2012), Problemy ekoinnowacji, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego. *Ekonomia. Zarządzanie. Informatyka. Marketing*, 1, s. 127-133.

³⁶⁰ Woźniak L., Kud K., (2017), Jakość biologiczna i zdrowotna żywności jako podstawowa wartość dla konsumenta, *Zarządzanie i Finanse*, 15, 2, s. 329-341.

Tabela 12. Motywy wyboru i odrzucenia innowacyjnego produktu żywnościowego

Motywy wyboru (akceptacji)	Motywy odrzucenia
Czynniki dotyczące systemu społecznego i związane ze środowiskiem życia	
<ul style="list-style-type: none"> • Społeczne zaufanie do zarządzających • Zaufanie do systemu bezpieczeństwa żywnościowego • Rekomendacja przez autorytet, eksperta lub innego konsumenta • Trend na zdrowy tryb życia • Zachęcająca promocja i reklama 	<ul style="list-style-type: none"> • Negatywna opinia społeczna • Niezgodność z wyznawaną religią • Mała dostępność produktów innowacyjnych na rynku • Niewielka ilość informacji płynąca z rynku
Czynniki dotyczące konsumenta	
<ul style="list-style-type: none"> • Neofilia, skłonność do eksplorowania • Innowacyjność konsumenta • Reprezentowane poglądy np. środowiskowe • Zgodność z preferencjami żywnościowymi konsumenta 	<ul style="list-style-type: none"> • Neofobia, poziom odczuwanego lęku • Przekonanie o negatywnej jakości sensorycznej produktu • Przekonanie o negatywnym wpływie na organizm przez produkt • Brak wiedzy na temat produktu i stosowanej technologii • Przekonania i poglądy konsumenta • Wstręt do danego rodzaju żywności
Czynniki dotyczące produktu	
<ul style="list-style-type: none"> • Sprzyjanie walorom środowiska naturalnego • Dodatkowe walory i składniki odżywcze i korzystne funkcje żywnościowe • Funkcjonalność opakowania • Status produktu modnego/ prestiżowego • Wygoda • Bezpieczeństwo zdrowotne • Cena niższa niż tradycyjny odpowiednik • Atrakcyjne cechy sensoryczne 	<ul style="list-style-type: none"> • Wysoka cena • Poddanie innowacji produktu tradycyjnego lub naturalnego • Wysoki stopień przetworzenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Górska-Warsewicz i in. 2013; Jeżewska-Zychowicz 2015; Jeżewska Zychowicz i Królak 2015; Jasiulewicz 2016; Ociecek i in. 2018].

Akceptacja produktu lub jego odrzucenie w przypadku produktów innowacyjnych związana jest z licznymi czynnikami. Klasyfikuje się je na trzy grupy: czynniki dotyczące systemu społecznego, czynniki dotyczące konsumenta oraz czynniki dotyczące samego produktu (tab. 12).

Czynniki dotyczące systemu społecznego odnoszą się do uwarunkowania innowacji poprzez charakter gospodarki, środowisko polityczne i społeczne (w tym kulturę i wyznawaną religię oraz opinie innych konsumentów), w którym ma miejsce wybór żywności. Ich pozytywny lub negatywny wpływ na wybór produktu związany jest przede wszystkim ze społecznym zaufaniem do eksperta lub instytucji, a także oświadczeń

zdrowotnych i żywieniowych³⁶¹. Informacje dotycząca korzyści zdrowotnych związanych ze spożyciem produktu i samej technologii wykorzystanej podczas jego wytwarzania zwiększają prawdopodobieństwo akceptacji innowacyjnej żywności³⁶².

Determinanty odnoszące się w sposób bezpośredni do produktu to jego smak, wygląd, obecność składników zdrowotnych, wpływ na środowisko, wygoda stosowania. Skuteczną barierą przed konsumpcją produktu może być jego cena³⁶³. Wśród czynników dotyczących konsumenta wyróżnia się natomiast jego cechy psychologiczne: skłonność do eksplorowania lub neofobii, czynniki socjodemograficzne: wiek, płeć wykształcenie, dochód oraz cechy psychospołeczne m.in. wiedza o żywności, poglądy i postawy na temat żywności i żywienia³⁶⁴. Niniejsza wiedza, dotycząca motywów akceptacji i odrzucenia nowego produktu powinna mieć zastosowanie w praktyce. Analiza zarówno środowiska, w jakim żyje konsument, systemu społecznego i politycznego danego kraju, a także czynników związanych z samym nabywcą i produktem powinna być uwzględniona w działaniach marketingowych i badaniu rynku i być częścią faz cyklu życia produktu określanych jako: faza przedrynkowa, faza kreowania potrzeb, czy faza sprzedawania marzeń. Takie działania pozwolą odnieść sukces przedsiębiorstwu i sprawić, aby finalna decyzja konsumenta wiązała się z akceptacją i zakupem produktu.

³⁶¹ Jeżewska-Zychowicz M., (2014), Uwarunkowania akceptacji konsumenckiej innowacyjnych produktów żywnościowych, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 6(97), s. 5-17.

³⁶² Tamże, s. 5-17.

³⁶³ Jasiulewicz A., (2016), Motywy i bariery konsumpcji innowacyjnych produktów żywnościowych, *Studia i Prace WNEiZ US*, 43(3), s. 133-140, doi:10.18276/sip.2016.43/3-12.

³⁶⁴ Jeżewska-Zychowicz M., (2014), Uwarunkowania akceptacji, *op.cit.*, s. 5-17.

4. Cel pracy i hipotezy badawcze

Celem podjętych badań była identyfikacja wpływu dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł na doskonalenie jakości produktu przekąskowego.

Dla osiągnięcia postanowionego celu przeprowadzono badania empiryczne, które stanowiły podstawę weryfikacji następujących hipotez:

- H 1.** Postawy konsumentów wobec różnych wyrobów wzbogacanych zależą od rodzaju zastosowanego białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł.
- H 1.1.** Konsumenty wykazują postawy neofobiczne wobec produktów wzbogacanych białkiem pozyskanym ze świerszczy domowych (*Acheta domestica*).
- H 1.2.** Innowacyjne produkty przekąskowe z dodatkiem białka pochodzenia roślinnego charakteryzują się wyższą akceptowalnością.

- H2.** Jakość wzbogacanych produktów przekąskowych zależy od rodzaju wykorzystanego białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł.
- H 2.1.** Produkty przekąskowe wzbogacane proszkiem ze świerszczy domowych (*Acheta domestica*) cechują się wyższą zawartością białka w porównaniu do produktów wzbogacanych białkiem konopnym.
- H 2.2.** Dodatek niekonwencjonalnych źródeł białka może obniżać cechy jakościowe wytworzonych produktów.
- H 2.3.** Dodatek białka z niekonwencjonalnych źródeł wpływa na stopień ekspandowania oraz twardość wytworzonych produktów przekąskowych.
- H 2.4.** Udział procentowy dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł jest czynnikiem kształtującym poziom pożądalności wytworzonych produktów przekąskowych.
- H 2.5.** Właściwości sorpcyjne wzbogacanych produktów przekąskowych mogą być determinowane udziałem procentowym białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.

5. Materiał i metody badań

5.1. Schemat przeprowadzonych badań

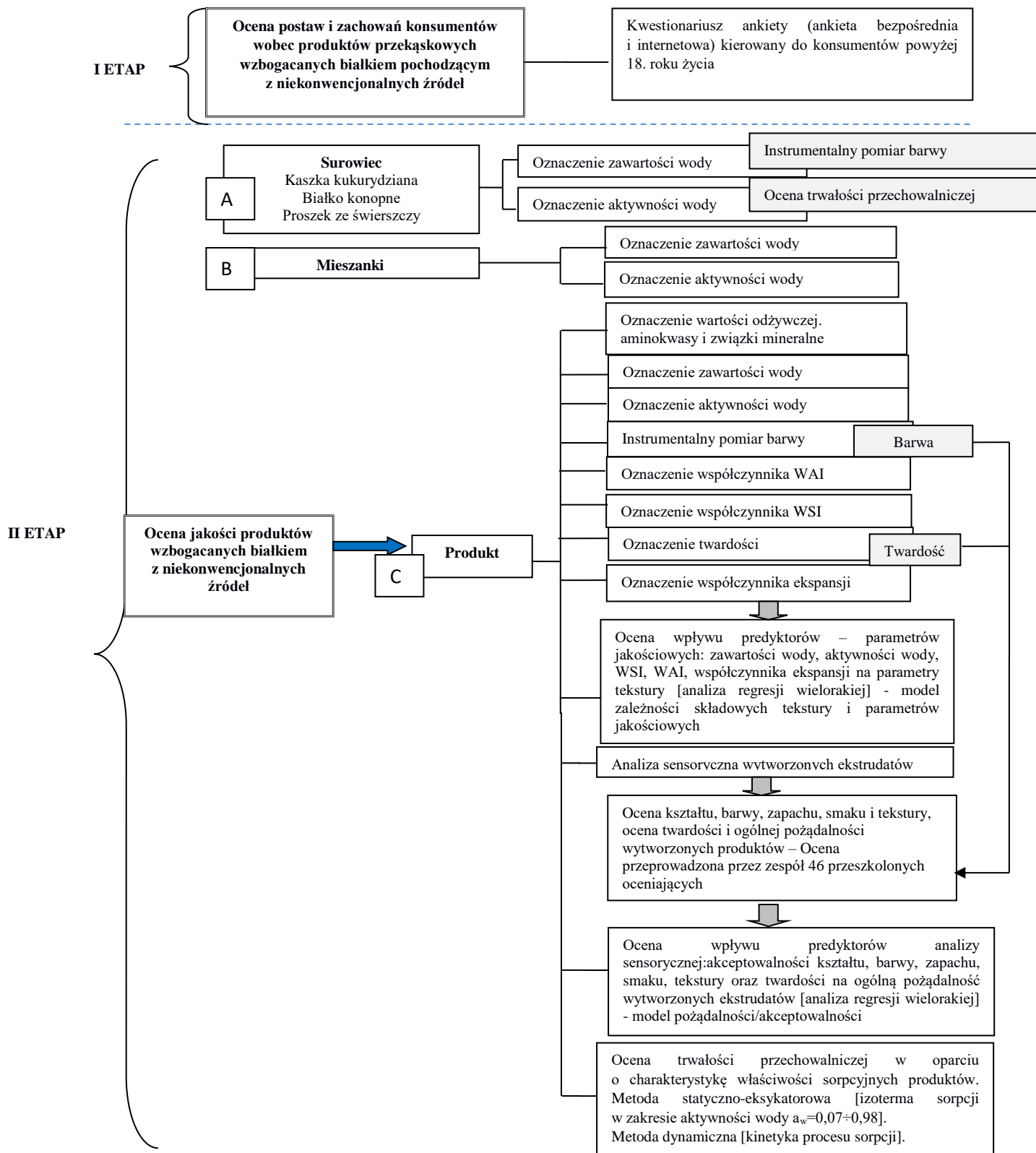
Badania empiryczne przebiegały w dwóch etapach. W pierwszym etapie badań dokonano oceny postaw i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z źródeł niekonwencjonalnych. Badania przeprowadzono metodą pomiaru sondażowego bezpośredniego (PAPI) i pośredniego on-line (CAWI) wśród konsumentów powyżej 18. roku życia.

Przedmiotem badań empirycznych drugiego etapu badań była ocena jakości surowców i mieszanek zastosowanych w procesie ekstruzji do wyprodukowania 7 wariantów produktów przekąskowych o różnym udziale procentowym dodatku wzbogacającego. Uzyskane wyniki stanowiły kluczowe informacje niezbędne do oceny możliwości wykorzystania białka konopnego i proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) do poprawy jakości produktów przekąskowych.

Oznaczone parametry posłużyły ponadto do opracowania dwóch modeli przedstawiających:

- zależność pomiędzy składowymi tekstury i parametrami jakości ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł,
- wpływ predyktorów analizy sensorycznej (akceptowalności kształtu, barwy, zapachu, smaku, tekstury oraz twardości) na ogólną pożądalność wytworzonych produktów.

Dokładny schemat przeprowadzonych badań wraz z ich zakresem przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Schemat prowadzonych badań

Źródło: badania własne.

5.2. Metodyka badań etapu I - Ocena zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł

5.2.1. Próba badanych i organizacja badań

Badanie obejmujące ocenę stosunku konsumentów do innowacji na rynku produktów przekąskowych przeprowadzono w latach 2021-2023. Doboru próby dokonano w sposób celowy, a głównym kryterium było spożywanie wyrobów przekąskowych przez respondentów. Badaniem objęci zostali polscy konsumenci, powyżej 18. roku życia.

Postępowanie badawcze objęło kilka etapów. Pierwszym etapem badania było ustalenie celu prowadzonej analizy oraz konstrukcja próbnego kwestionariusza ankiety. W kolejnym etapie przeprowadzono badania pilotażowe z zastosowaniem wyżej wymienionego kwestionariusza ankiety na grupie większej niż 100 (110) respondentów³⁶⁵. Na podstawie uzyskanych wyników badań pilotażowych, próbny arkusz ankiety uzupełniono o pytania dotyczące alergienności, obaw przed spożyciem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł oraz najważniejszych dla konsumentów determinant wyboru produktów przekąskowych, opracowując ostateczną wersję kwestionariusza ankietowego. Ostatnim etapem było przeprowadzenie badań zasadniczych w grupie 684 respondentów, z których 489 spełniło założone kryterium doboru.

5.2.2. Metoda badawcza

Badania empiryczne przeprowadzono metodą pomiaru sondażowego bezpośredniego (PAPI) i pośredniego on-line (CAWI). W zastosowanym kwestionariuszu ankiety zamieszczono typu zamkniętego i półotwartego.

Kwestionariusz ankiety składał się z 3 części:

- wstępu, w którym zawarte były informacje o charakterze badania,
- części właściwej, obejmującej 16 pytań:
 1. Czy spożywa Pan/Pani produkty przekąskowe?
 2. W jakim stopniu lubi Pan/Pani niżej wymienione produkty przekąskowe?
 3. Jak często spożywa Pan/Pani niniejsze produkty przekąskowe?
 4. Jak często sięga Pan/Pani po produkty przekąskowe przy wymienionych sytuacjach?

³⁶⁵ Kraszewska M., (2011), Wykorzystanie wybranych narzędzi badawczych do badania innowacyjności konsumentów - aspekty metodologiczne w: Konsumenci a innowacje na rynku owoców, Adamowicz M. (red.), Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

5. W jakim stopniu ważne są dla Pan/Pani pod uwagę niżej wymienione cechy przy wyborze produktów przekąskowych?
 6. Czy spożywa Pan/Pani produkty wzbogacane białkiem?
 7. Częściej Pan/Pani korzysta z:
 8. Które z wymienionych produktów wzbogaczanych białkiem Pan/Pani spożywa?
 9. Czy spożywał Pan/ spożywała Pani produkty z dodatkiem białka z niekonwencjonalnych źródeł?
 10. Z jakim rodzajem białka z niekonwencjonalnych źródeł spożywał Pan/ spożywała Pani produkty?
 11. Czy byłby Pan zainteresowany/ byłaby Pani zainteresowana zakupem chrupek (ekstrudatów) kukurydzianych z dodatkiem:
 12. Czy podałyby Pan/podałyby Pani dziecku w wieku 1-6 lat, któryś z zaproponowanych w pytaniu 11 produktów?
 13. Jaką kwotę byłby Pan/ byłaby Pani w stanie wydać na 100-gramową paczkę chrupek z 1-4% dodatkiem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych?
 14. Proszę o ustosunkowanie się do zawartych w tabeli stwierdzeń wpisując X przy wybranej kategorii (świadomość nt. białek z niekonwencjonalnych źródeł) – skala postaw wobec niekonwencjonalnych źródeł białka.
 15. Proszę o ustosunkowanie się do niniejszego stwierdzenia: nowy produkt żywnościowy (1 odpowiedź) – skala Rogersa.
 16. Proszę o ustosunkowanie się do zawartych w tabeli twierdzeń wpisując X przy wybranej kategorii – skala FNS.
- metryczki ankiety, na którą składały się pytania dotyczące cech socjo-demograficznych respondentów (wiek, płeć, wykształcenie oraz występowanie alergii, bądź nietolerancji pokarmowej).

Część właściwa kwestionariusza ankiety dotyczyła charakterystyki następujących problemów badawczych:

- Oceny preferencji i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych,
- Oceny zachowań konsumentów na rynku produktów wzbogacanych,
- Oceny zachowań konsumentów na rynku produktów wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł i ocenę popytu na te produkty,
- Oceny poziomu neofobii respondentów,
- Oceny stosunku konsumentów do innowacyjnych produktów (innowacyjność konsumentów),
- Oceny postaw konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.

Oceny preferencji i zachowań wobec produktów przekąskowych (pytania 1-5) dokonano na podstawie analizy takich zagadnień, jak:

- Stopień lubienia - preferencja na podstawie nazw („preference by name”), określona dla poszczególnych rodzajów produktów przekąskowych, z wykorzystaniem określeń charakterystycznych dla oceny hedonicznej: bardzo lubię, lubię, ani lubię ani nie lubię, nie lubię, bardzo nie lubię, nie próbowałem (pyt. 2)^{366,367,368}.
- Częstość spożycia różnych rodzajów produktów przekąskowych (kilka razy dziennie, raz dziennie, kilka razy w tygodniu, kilka razy w miesiącu, raz w miesiącu lub rzadziej, nie próbowałem) (pyt. 3)³⁶⁹.
- Częstość spożycia wyrobów przekąskowych przy różnych okazjach (okolicznościach) (zawsze, bardzo często, sporo razy, okazjnie, nigdy) (pyt. 4)^{370, 371}.
- Ocena preferowanych cech jakościowych oraz najważniejszych determinant wyboru produktów przekąskowych, przeprowadzona z wykorzystaniem skali ważności

³⁶⁶ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie młodych konsumentów, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 733-738.

³⁶⁷ Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., (2014), Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków, s. 279-281.

³⁶⁸ Rybowska A., (2016), Powszechne przekonania dotyczące wybranych zachowań żywieniowych w opinii konsumentów 65+, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 114, s. 45-55.

³⁶⁹ Malczyk E., Całyniuk B., Synowiec J., (2016), Nawyki żywieniowe studentów w zakresie częstości spożycia wybranych produktów spożywczych, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 49, 3, s. 560-564.

³⁷⁰ Grębowiec M., (2010), Rola produktów tradycyjnych i regionalnych w podejmowaniu decyzji nabywczych przez konsumentów na rynku dóbr żywnościowych w Polsce, *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 10(25), 2, s. 22-31.

³⁷¹ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie..., *op.cit.*, s. 733-738.

charakterystycznej dla metody doskonalenia jakości QFD (dom jakości) 1-4 (gdzie 1-bardzo ważne, 4-nieważne) (pyt. 5)^{372,373}.

Ocenę zachowań konsumentów na rynku produktów wzbogacanych przeprowadzono na podstawie analizy dwóch pytań jednokrotnego wyboru i jednego pytania wielokrotnego wyboru (pytania 6-8), dotyczących zagadnień związanych z rodzajem spożywanych produktów wzbogacanych:

- Częściej wybierany przez respondentów produkt wysoko białkowy (gotowy produkt wzbogacany białkiem bądź suplement/ preparat białkowy) (pyt. 7)
- Spożywane przez respondenta produkty wzbogacane białkiem (batony białkowe, ciastka wzbogacane białkiem, produkty mleczne wzbogacane białkiem, preparaty białkowe w proszku, suplementy i tabletki (np. z alg), produkty przekąskowe (pyt. 8)³⁷⁴.

Ocenę zachowań konsumentów oraz intencji do spożycia i nabywania nowych innowacyjnych produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł, a także oceny popytu na te produkty (pytania 9-13) dokonano na podstawie analizy zagadnień, takich jak:

- Rodzaj spożywanych (lub spróbowanych) przez respondentów produktów wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł (z organizmów jednokomórkowych, nasion roślin oleistych, z nasion roślin strączkowych, z produktów ubocznych, z owadów) (pyt. 10)^{375,376}.
- Zainteresowanie zakupem produktów ekstrudowanych z dodatkiem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł w skali pięciopunktowej,

³⁷² Gadzała K., Wypchły A., Lesiów T., (2018), Wykorzystanie metody projektu w doskonaleniu jakości produktów żywnościowych, *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 4(31), s. 9-30, doi:10.15611/nit.2018.4.01.

³⁷³ Jamróz A., (2018), Praktyczne zastosowanie metody QFD do doskonalenia jakości produktu, *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie*, 3, s. 297-313.

³⁷⁴ Javra E., (2021), The consumption and attitudes of protein supplements among young adults in Finland, *Praca licencjacka*, Satakunta University of Applied Sciences, Tampere.

³⁷⁵ Rizzo N.S., Jaceldo-Siegl K., Sabate J., Fraser G.E., (2013), Nutrient profiles of vegetarian and nonvegetarian dietary patterns, *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113, pp. 1610–1619.

³⁷⁶ Clark L.F., Bogdan A.M., (2019), The Role of Plant-Based Foods in Canadian Diets: A Survey Examining Food Choices, Motivations and Dietary Identity, *Journal of Food Products Marketing*, 25, 4, pp. 355-377, doi:10.1080/10454446.2019.1566806.

gdzie: 1 - zdecydowanie tak, 2 - raczej tak, 3 - nie mam zdania, 4 - raczej nie, 5 - zdecydowanie nie (pyt. 11)^{377,378,379,380}.

- Skłonność do podania produktów wzbogacanych w białka niekonwencjonalne dzieciom (pyt. 12)^{381,382}.
- Sugerowanej przez respondentów ceny za 100 g ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł (pyt. 13)³⁸³.

Pytania 2, 3, 4, 5, 8, 10, 11 przeanalizowano ze względu na poziom neofobii, innowacyjności konsumentów i postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.

5.2.3. Skala FNS (Food Neophobia Scale)

Ocenę poziomu neofobii konsumentów przeprowadzono w oparciu o skalę porządkową dwubiegunową FNS (Food Neophobia Scale), nadając określonym poziomom skali wartości liczbowe od 1 (zgadzam się całkowicie) do 5 (całkowicie się nie zgadzam). Stwierdzenia zawierające negacje rekodowano^{384,385}. Łączny zakres możliwych do uzyskania punktów wynosił od 10 do 50. Większa liczba punktów oznaczała wyższy poziom neofobii. Rzetelność zastosowanej skali FNS (α -Cronbacha), składającej się z 10 pozycji została oszacowana na poziomie 0,7705

³⁷⁷ Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., (2014), Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków, s. 272-275.

³⁷⁸ Badowska S., Rogala S., (2016), Konsumencka innowacyjności a zachowania konsumentów seniorów – wyniki badań, *Problemy Zarządzania*, 14, 2(59), s. 204-223, doi:10.7172/1644-9584.59.13.

³⁷⁹ Radzymińska M., Jakubowska D., Siemianowska E., (2018), Postawy młodych konsumentów wobec ekologicznych produktów piekarniczych i cukierniczych – studium przypadku, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 18, 2, s. 238-248.

³⁸⁰ Grasso A., Hung Y. et al., (2019), Older Consumers' Readiness to Accept Alternative, More Sustainable Protein Sources in the European Union, *Nutrients* 11, 8, pp. 1-18, doi:10.3390/nu11081904.

³⁸¹ Rolf K., Januszko O., Bylinowska J., Sicińska E., Pietruszka B., Kałuża J., (2012), Wpływ wybranych czynników na spożycie przez dzieci produktów wzbogacanych, *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 63, 3, s. 339-346.

³⁸² Bodajko-Grochowska A., Bednarek A., Markut-Miotła E., Derewiecki T., Emeryk A., (2015), Stan wiedzy pielęgniarek na temat aerozoloterapii u dzieci z astmą, *Alergia. Astma. Immunologia*, 20(3), s. 199-207.

³⁸³ Breidert C., Hahsler M., Reutterer T., (2006), A Review of Methods for Measuring Willingness-to-Pay, *Innovative Marketing*, 2, 4, pp. 8-32.

³⁸⁴ Socha D., Tabor A., Żwirska J., Schlegel-Zawadzka M., (2009), Neofobia żywieniowa wśród nauczycielek jako czynnik wpływający na postawy prozdrowotne ich wychowanków, *Sztuka Leczenia*, 18, s. 93-100.

³⁸⁵ Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, *Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia*.

(w zależności od źródła wartości powyżej 0,6 lub 0,7 oznaczają akceptowalną rzetelność skali)^{386,387}.

Respondentów podzielono na grupy o różnym poziomie neofobii na podstawie wartości średnich i odchylenia standardowego. Grupa pierwsza charakteryzująca się najniższym poziomem neofobii uzyskała najmniejszą liczbę punktów ($X_{\text{sr}}-SD$ i mniej), grupa druga o średnim poziomie uzyskała liczbę punktów charakteryzującą się zakresem średnim (od $X_{\text{sr}}-SD$ do $X_{\text{sr}}+SD$), trzecia grupa o najwyższym poziomie neofobii uzyskała największą liczbę punktów ($X_{\text{sr}}+SD$ i więcej).

Wykorzystane w skali stwierdzenia przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Skala FNS – zastosowane stwierdzenia

Nr stwierdzenia	Stwierdzenie
1.	Próbuję stale nowe i różne rodzaje pożywienia
2.	Nie ufam nowej żywności
3.	Jeżeli nie wiem, co to za żywność, nie spróbuję jej
4.	Lubię pożywienie z różnych krajów
5.	Pożywienie etniczne (egzotyczne) ma zbyt dziwaczny wygląd abym je jadł/ jadła
6.	Na przyjęciach próbuję nowych rodzajów pożywienia
7.	Obawiam się spożywać coś, czego do tej pory nie jadłem/jadłam
8.	Jestem szczególnie wybredny/wybredna w stosunku do żywności, którą będę jadł/jadła
9.	Jem prawie wszystko
10.	Chciałbym/chciałabym spożywać posiłki w nowych etnicznych restauracjach

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Socha i in. 2009; Bartkiewicz 2018].

5.2.4. Skala innowacyjności Rogersa

W celu określenia stosunku konsumentów do innowacji rynkowych, a więc gotowości do zakupu nowych produktów zastosowano skalę Rogersa. Według której wyróżniono 5 typów konsumentów. Kwalifikacja do poszczególnych grup była konsekwencją skłonności konsumentów do zakupu nowego produktu wyrażona wyborem jednego ze stwierdzeń. Określone stwierdzenia i odpowiadające im grupy przedstawiono w tabeli 14.

³⁸⁶ Fleming R., (2011), An environmental audit tool suitable for use in homelike facilities for people with dementia, *Australasian Journal on Ageing*, 30, 3, pp. 108-112, doi:10.1111/j.1741-6612.2010.00444.x.

³⁸⁷ Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, *Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia*.

Tabela 14. Stwierdzenia zastosowane w skali Rogersa (innowacyjność)

Nr stwierdzenia	Stwierdzenie	Klasyfikacja
1.	Nowy produkt żywnościowy lubię mieć jako pierwszy	Innowator
2.	Nowy produkt żywnościowy kupuję stosunkowo szybko, choć po pewnym namyśle	Wczesny naśladowca
3.	Nowy produkt żywnościowy kupuję, gdy niektórzy znajomi już go wypróbowali	Wczesna większość naśladowców
4.	Nowy produkt żywnościowy kupuję, gdy większość znajomych już go nabyła i pozytywnie ocenia	Późna większość naśladowców
5.	Nowy produkt żywnościowy niechętnie kupuję	Maruder
6.	Trudno powiedzieć	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Jeżewska-Zychowicz 2009; Kowalczyk i Jeżewska-Zychowicz 2016].

5.2.5. Skala postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

Ocenę postaw wobec białek pochodzących z źródeł niekonwencjonalnych przeprowadzono z wykorzystaniem skali pięciostopniowej, porządkowej dwubiegunowej, nadając określonym poziomom skali wartości liczbowe od 1 (zgadzam się całkowicie) do 5 (całkowicie się nie zgadzam). Stwierdzenia zawierające negacje rekodowano. Mniejsza liczba punktów oznaczała bardziej pozytywną postawę wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł. Kryterium podziału respondentów na 3 grupy były wartości średniej i odchylenia standardowego. Na podstawie sumy punktów wyłoniono osoby o pozytywnych ($X_{\text{sr}}-SD$ i mniej), ambiwalentnych (od $X_{\text{sr}}-SD$ do $X_{\text{sr}}+SD$) i negatywnych postawach ($X_{\text{sr}}+SD$ i więcej). Postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł oceniono na podstawie skali stworzonej na potrzeby niniejszej pracy. Konstruując tę skalę, oparto się na wiedzy dotyczącej niekonwencjonalnych źródeł białka - ich wartości odżywczej, wpływu na środowisko i postrzegania przez konsumentów oraz na stwierdzeniach i skalach dostępnych w literaturze^{388,389}.

Zaprojektowane narzędzie badawcze zawierało 8 stwierdzeń, a skalę zwalidowano, obliczając współczynnik α -Cronbacha. Zastosowane stwierdzenia wraz z wartością współczynnika α -Cronbacha przedstawiono w tabeli 15.

³⁸⁸ Michota-Katuliska E., Zegan M., Stoll A., (2015), Analiza porównawcza postaw polskich i fińskich studentów wobec GMO w: Nauki społeczne i humanistyczne wobec wyzwań współczesności, Kropiwek K. (red.), Szala M. (red.), Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju Tygiel, Lublin.

³⁸⁹ Banovic M., Barone A. M., Asioli D., Grasso S., (2022), Enabling sustainable plant-forward transition: European consumer attitudes and intention to buy hybrid products, Food Quality and Preference, 92, pp. 1-11, doi:10.1016/j.foodqual.2021.104440.

Tabela 15. Stwierdzenia zastosowane w skali do oceny postaw wobec niekonwencjonalnych źródeł białka

Nr stwierdzenia	Stwierdzenie	α -Cronbacha skali po usunięciu pozycji
1.	Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł charakteryzuje podobna do mięsa wartość odżywcza	0,731
2.	Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł stanowią produkt niedostatecznie zbadany	0,677
3.	Produkcja białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł jest droższa niż produkcja mięsa	0,692
4.	Produkcja białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł ma mniejszy negatywny wpływ na środowisko niż produkcja mięsna	0,751
5.	Spożywanie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł jest często niebezpieczne dla zdrowia	0,631
6.	Obawiam się wystąpienia reakcji alergicznych po spożyciu białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł	0,625
7.	Większość białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł ma negatywne cechy sensoryczne (smak, zapach, tekstura)	0,664
8.	Odczuwam obawy/lęk wobec niektórych białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (jakich?)	0,709

Źródło: opracowanie własne

5.3. Metodyka badań etapu II – Ocena właściwości fizyko-chemicznych surowców, mieszanek oraz wytworzonych produktów

5.3.1. Charakterystyka materiału badawczego

Materiał badany stanowiły wzbogacane ekstrudaty kukurydziane z dodatkiem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł. Produkty wytworzono z użyciem surowca skrobiowego, pochodzenia polskiego - kaszki kukurydzianej marki Piątница, białka konopnego (*C. sativa*) hiszpańskiej marki Energy Feelings i proszku ze świerszcza domowego (*Acheta domestica*) JR Unique Foods pochodzenia tajlandzkiego. Jako substancję spulchniającą wykorzystano difosforany i węglany sodu zawarte w proszku do pieczenia marki Dr Oetger. Pierwszy etap procesu produkcji wyrobu stanowiło kondycjonowanie mieszanek mające na celu ujednoczenie wilgotności pomiędzy składnikami - przygotowane mieszanki przechowywano w polietylenowych woreczkach, w temperaturze $20 \pm 2^\circ\text{C}$ przez 20 godzin.

Recepturę mieszanek użytych do produkcji ekstrudatów przedstawiono w tabeli 16.

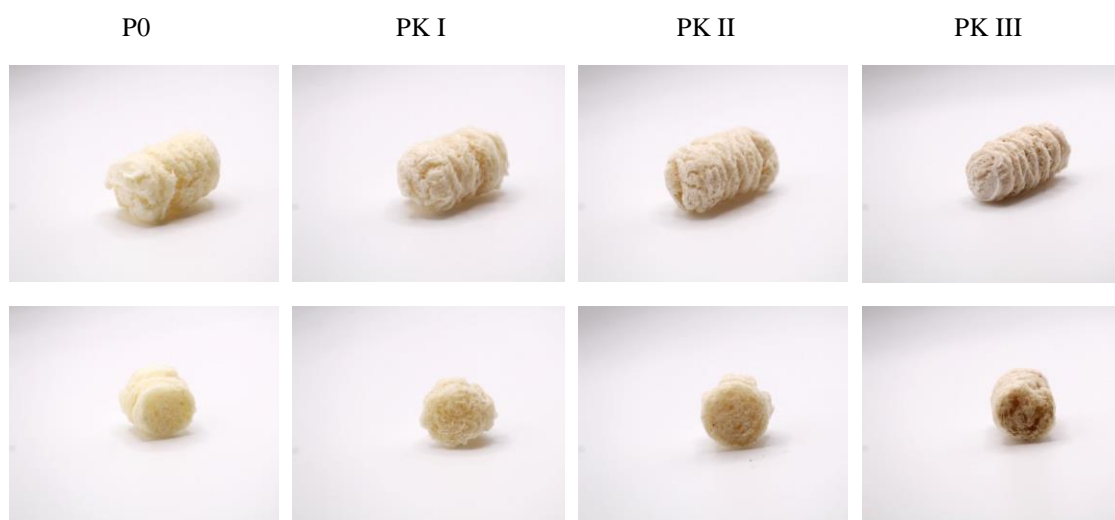
Tabela 16. Skład mieszanek

Mieszanka	Procentowy udział składnika			
	Kaszka kukurydziana (KK) (%)	Białko konopne (K) (%)	Proszek ze świerszczy (S) (%)	Środek spulchniający (Dsp) (%)
0	98,00	0,00	0,00	2,00
K I	96,00	2,00	0,00	2,00
K II	94,00	4,00	0,00	2,00
K III	91,00	7,00	0,00	2,00
S I	96,00	0,00	2,00	2,00
S II	94,00	0,00	4,00	2,00
S III	91,00	0,00	7,00	2,00

Źródło: opracowanie własne.

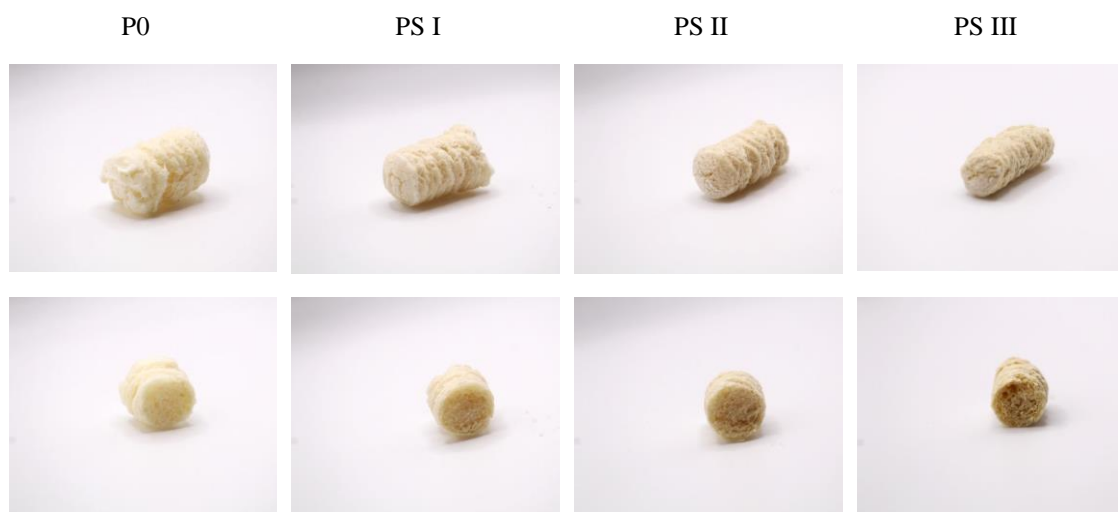
Wytworzone mieszanki poddane zostały procesowi ekstruzji, który przeprowadzono z wykorzystaniem ekstrudera jednoślismakowego typ S 45A-12-10U produkcji Metalchem z Gliwic, stosując prędkość śruby: 125 obr/min, temperaturę: 105°C/130°C/110°C (kolejno dla: strefy I/ strefy II/ głowicy), przy średnicy dyszy: 4,5 mm. Na skutek przeprowadzonego procesu wytworzono ekstrudaty o różnym udziale dodatku (2, 4 i 7%) oraz produkt porównawczy – ekstrudat bez dodatku wzbogacającego (tab. 16). Ostudzone ekstrudaty zapakowano w szczelne worki polietylenowe i przechowywano w chłodnym i suchym miejscu w celu wykonania analiz opisanych w metodyce badań.

Wygląd zewnętrzny i strukturę wewnętrzną ekstrudatów przedstawiono na zdjęciach 1-7.



Fot. 1. Produkty wzbogacanych białkiem konopnym

Źródło: zdjęcia własne.



Fot. 2. Produkty wzbogacane proszkiem ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)

Źródło: zdjęcia własne.

5.3.2. Ocena wartości odżywczej

Ocenę wartości odżywczej – zawartości białka oraz tłuszczu - przeprowadzono w akredytowanym laboratorium (AB 1334 - PCA) Eurofins Polska. Zakodowane próbki poddano analizie zawartości białka metodą miareczkową Kjeldahla zgodnie z normą ISO 1871:2009 na podstawie oznaczonej zawartości azotu. Dla badanego produktu zastosowano ponadto metodę grawimetryczną (PB/CH/16), pozwalającą na oznaczenie zawartości tłuszczu po hydrolizie. Oznaczenie zawartości popiołu wykonano metodą wagową zwęglając uprzednio próbkę na płycie elektrycznej, a następnie spopielając badane ekstrudaty w piecu muflowym w temperaturze 600°C. Próbki studzono i ważono. Oznaczenie powtarzano do uzyskania stałej masy. Na podstawie uzyskanych wyników, a także oznaczeń zawartości wody obliczono wartość energetyczną (Rozp. UE 1169/2011) oraz zawartość węglowodanów.

Ponadto przeanalizowano profil aminokwasowy oraz mineralny otrzymanych ekstrudatów. Skład aminokwasowy określono metodą chromatografii jonowymiennej po 23 h hydrolizy z 6N HCl w temperaturze 110°C. Zhydrolizowane aminokwasy oznaczano za pomocą analizatora AAA-400 (INGOS, Praga, Czechy). Zastosowano detektor fotometryczny pracujący na dwóch długościach fali: 440 nm i 570 nm. Wykorzystano kolumnę o wymiarach 350 x 3,7 mm wypełnioną wymiennicem jonowym Ostion LG ANB (INGOS, Praga, Czechy). Temperaturę kolumny utrzymywano na poziomie 60–74°C, a detektora na 121°C. Przygotowane próbki analizowano metodą ninhydrynową. Stężenia związków mineralnych (Ca, Cu, Fe, K, Mg,

Mn, Na i Zn) w analizowanych ekstrudatach oznaczono metodą atomowej spektroskopii absorpcyjnej z płomieniem (FAAS) (SpectrAA-800, Varian, Palo Alto, CA, USA) poprzedzonej mineralizacją mikrofalową z kwasem azotowym.

5.3.3. Ocena zawartości wody

Oznaczenie zawartości wody wykonano dla surowca, mieszanek oraz produktu. Do uprzednio zważonych naczynek wprowadzono 2,30 g próbki z dokładnością do 0,001 g. Naczynka wstawiono do suszarki o temperaturze 105°C i suszono do uzyskania stałej masy. Następny etap analizy stanowiło umieszczenie próbek w ekсыkatorze w celu ich schłodzenia. Próbki zważono z dokładnością do 0,001 g. Zawartość wody wyliczono według wzoru:

$$X_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \quad (1)$$

gdzie:

m – masa naczynka pustego,

m₁ – masa naczynka z produktem przed suszeniem,

m₂ – masa naczynka z produktem po suszeniu³⁹⁰.

5.3.4. Ocena aktywności wody

Ocenę aktywności wody wykonano metodą instrumentalną przy użyciu urządzenia AquaLab 4TE, wersja AS4 2,14.0 2017 firmy Decagon Devices, Inc. o dokładności ±0,0003, w temperaturze 293K (20°C) ± 2,5 K. Oznaczenie wykonano dla surowców, mieszanek i produktów gotowych w minimum 8 powtórzeniach.

5.3.5. Instrumentalny pomiar barwy

Spektrofotometryczną ocenę barwy przeprowadzono dla produktu rozdrobnionego, przy użyciu kolorymetru Konica-Minolta CR 400, umieszczając próbki w szklanej kuwecie. Rozszerzenie przeprowadzonej analizy barwy stanowiły zdjęcia i ocena barwy wykonane z użyciem systemu wizyjnego z oprogramowaniem LUCIA G*. Oznaczenia przeprowadzono w systemie CIE Lab, pozwalającym na prezentację barwy przy pomocy

³⁹⁰ Krelowska-Kułas M., (1993), Badania jakości produktów spożywczych, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

opisujących ją w sposób matematyczny zmiennych, w skład których wchodziły trzy parametry: L^* , a^* i b^* .

Parametr pierwszy określał jasność (L^*) przyjmując wartości od 0 dla barwy czarnej, natomiast 100 dla białej. Parametry (a^*) oraz (b^*) przyjmując wartości od -120 do 120 opisywały odpowiednio barwę zieloną do czerwonej oraz niebieską do żółtej. Oznaczenie wykonano w 6 - 10 powtórzeniach. Dla uzyskanych wyników barwy wytworzonych produktów obliczono parametr różnicy barw $\Delta E^{391,392}$.

5.3.6. Ocena współczynnika wodochłonności WAI

Oznaczenie współczynnika wodochłonności WAI przeprowadzono na podstawie metodyk Andresona i in. oraz Gondek i in.^{393,394}. Do oznaczenia naważono 2 g próbki, i wykorzystano 20 ml wody destylowanej. Z rozdrobnionego przy użyciu młynka laboratoryjnego ekstrudatu do postaci proszku o średnicy cząstek mniejszej niż 0,3 mm i wody destylowanej sporządzono mieszaninę, którą następnie wymieszano. Przygotowany w ten sposób roztwór odwirowywano stosując przeciążenie 3 g w wirówce laboratoryjnej Jouan B 4i, stosując 12500 obrotów na minutę przez czas 30 minut. Po zlaniu przesączu ważono otrzymany żel. Analizę współczynnika przeprowadzono minimum w 8 powtórzeniach.

Wynik wyliczono według wzoru (2):

$$WAI = \frac{\text{masa żelu}}{\text{masa próbki}} \times 100\% \quad (2)$$

5.3.7. Ocena współczynnika rozpuszczalności WSI

Współczynnik rozpuszczalności w wodzie (WSI) określono metodą opisaną przez Harper'a. Przesącz otrzymany z oznaczenia współczynnika wodochłonności WAI

³⁹¹ Śmiechowska M., Kłobukowski F., (2016), Ocena barwy odłuszczonych i nieodłuszczonych proszków kakaowych – badania wstępne, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 93, s. 134-140.

³⁹² Tomaszewska-Ciosk E., Zdybel E., (2021), Properties of extruded corn snacks with common flax (*Linum usitatissimum L.*) and golden flax (*Linum flavum L.*) pomace, International Journal of Food Science & Technology, 56, 4, <https://doi.org/10.1111/ijfs.14832>.

³⁹³ Anderson R.A., Conway H.F., Pfeifer V.F., Gryffin Jr., E.L., (1969), Roll and Extrusion Cooking of Grain Sorghum Grits, Cereal Science Today, 14, 11, pp. 372-375.

³⁹⁴ Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Physical properties of gluten-free crispbread, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 574, s. 29-38.

suszono do stałej masy w temperaturze 110°C, a następnie określono jego masę^{395,396}. Analizę współczynnika przeprowadzono minimum w 8 powtórzeniach.

Wynik uzyskano według wzoru (3):

$$WAI = \frac{\text{masa przesącza po suszeniu}}{\text{masa próbki}} \times 100\% \quad (3)$$

5.3.8. Ocena współczynnika ekspansji

Współczynnik ekspansji promieniowej obliczono jako stosunek średnicy ekstrudatu do średnicy dyszy ekstrudera na podstawie metodyk Makowskiej i in. (2010, 2017). Pomiarów średnicy ekstrudatów dokonano w 100 powtórzeniach dla każdego produktu^{397,398}.

5.3.9. Oznaczenie parametrów tekstury

Pomiary tekstury wykonano za pomocą testu TPA (Texture Profile Analysis) przy użyciu urządzenia Brookfield (Kanada) CT3 10kg Texture Analyzer. Ocena parametrów tekstury produktu przeprowadzono z wykorzystaniem cylindrycznej sondy o średnicy 38,1 mm i długości 20 mm (TA 4/1000). Z ekstrudatów wycięto próbki o długości 10 mm. Podwójny test kompresji przeprowadzono w minimum 24 powtórzeniach dla każdego produktu. Zastosowano następujące warunki pomiaru:

- wartość progowa siły – 5 g,
- dystans – 50% wysokości próby,
- prędkość posuwu próbki podczas testu - 0,4 mm/sek.,

³⁹⁵ Harper J.M., (1981), *Extrusion of Foods*. CRC Press, BocaRaton, USA.

³⁹⁶ Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Physical properties of gluten-free crispbread, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, s. 29-38.

³⁹⁷ Makowska A., Bauman Ł., Obuchowski W., Gutsche M., (2010), Wpływ warunków ekstruzji na wybrane cechy ekstrudatów pszenżytnich, *Aparatura badawcza i dydaktyczna*, 3, s. 93-98.

³⁹⁸ Makowska A., Kowalczewski P., Paschke H., (2017), Wpływ wilgotności mieszanek na właściwości i teksturę ekstrudatów kukurydzianych wzbogaconych w wytloki lniane, *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*, 72, 4, s. 14-24.

- prędkość przed i po teście – 1 mm/sek.^{399,400,401}.

5.4. Metodyka badań etapu II - Ocena sensoryczna produktu

Na przeprowadzone badania sensoryczne wytworzonych ekstrudatów uzyskano zgodę udzieloną przez Komisję Rektorską do spraw etyki badań naukowych prowadzonych z udziałem ludzi. Ocena sensoryczną przeprowadzono z wykorzystaniem przeszkolonego zespołu oceniających. Jako próbę wyjściową traktowano osoby od których uzyskano zgodę na przeprowadzenie badań. Badanie wykonane zostało w grupie 50 osób. Po weryfikacji formalnej do badania wykorzystano 46 prawidłowo wypełnionych kwestionariuszy.

Ocenę akceptowalności poszczególnych deskryptorów i pożądalności ogólnej ekstrudatów wzbogacanych białkiem konopnym i dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) przeprowadzono z wykorzystaniem 5-punktowej, dwukierunkowej skali hedonicznej, gdzie ocena 5 odpowiadała stwierdzeniu „bardzo mi odpowiada”, zaś ocena 1 odpowiadała stwierdzeniu „bardzo mi nie odpowiada”^{402,403,404}. Zadaniem zespołu była także ocena twardości produktu w jednokierunkowej, 5 punktowej skali kategorii (od bardzo miękkiej do bardzo twardej)⁴⁰⁵. W kwestionariuszu zawarto pytania dotyczące wyczuwalności smaków lub zapachów charakterystycznych

³⁹⁹ Jozinović A., Šubarić D., Babić J., Planinić M., Pavoković M., Blažić M., (2012), Effect of screw configuration, moisture content and particle size of corn grits on properties of extrudates, *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 4(2), pp. 95-101.

⁴⁰⁰ Liu L., Li S., Zhong Y., Li Y., Qu J., Feng J., Xu S., Zhang R., Xue J., Guo J., (2017), Nutritional, physical and sensory properties of extruded products from high-amylose corn grits, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(11), pp. 846-855. doi:10.9755/ejfa.2017.v29.i11.1494.

⁴⁰¹ Yueyue Y., Aiquan J., Qing L., Enbo X., Yuan Ch., Zhengyu J., (2020), Functional and physical properties of naked barley-based unexpanded extrudates: effects of low temperature, *International Journal of Food Properties*, 23, 1, pp. 1886-1898, doi:10.1080/10942912.2020.1826511.

⁴⁰² Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., (2014), *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania*, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków, s. 272-275.

⁴⁰³ Rybowska A., (2016), Powszechnie przekonania dotyczące wybranych zachowań żywieniowych w opinii konsumentów 65+, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 114, s. 45-55.

⁴⁰⁴ HTA Consulting, (2020), *Analiza Kliniczna, Preparat PKU GMPRO®, środek spożywczy specjalnego przeznaczenia żywieniowego w fenylketonurii dla osób od 12. roku życia*, Warszawa.

⁴⁰⁵ Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., (2014), *Sensoryczne badania żywności...*, *op.cit.*, s. 165-169.

(orzechowy, trawiasty, rybi) dla zastosowanych dodatków wzbogacających w oparciu o dostępną literaturę^{406,407,408}.

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano czynniki różnicujące – poziom neofobii i innowacyjność konsumentów (zespołu oceniającego). Zastosowano skalę Rogersa służącą oszacowaniu innowacyjności konsumentów oraz skalę służącą oszacowaniu neofobii wobec żywności przetłumaczoną i opracowaną przez Sochę i in. (2009) na podstawie skali FNS Pilnera i Hobdena (Food Neophobia Scale)^{409,410,411}. Wykorzystane stwierdzenia i skale (FNS i skala Rogersa) omówiono w metodyce etapu pierwszego. Oceniających pod względem poziomu neofobii podzielono na dwie grupy na podstawie wartości średnich. Grupa pierwsza (neofile) uzyskała niższą liczbę punktów (poniżej X_{sr}), grupa druga uzyskała wyższą liczbę punktów (powyżej X_{sr}). Co więcej, oceniający byli proszeni o oznaczenie poziomu obaw przed przystąpieniem do badania produktów: bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł, z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) oraz dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. Domesticus*) i na liniowej skali niestrukturyzowanej i uszeregowaniu produktów od najbardziej do najmniej preferowanego.

5.5. Metodyka badań etapu II - Ocena właściwości sorpcyjnych

5.5.1. Metoda statycznie - eksykatorowa

Ocenę właściwości sorpcyjnych przeprowadzono metodą statycznie - eksykatorową, poprzez wyznaczenie izoterm sorpcji, określając równowagę wilgotnościową pomiędzy badaną próbką, a atmosferą o założonej wilgotności względnej, którą regulowano za pomocą nasyconych roztworów soli.

⁴⁰⁶ Elhassan M., Wendin K., Olsson V., Langton M., (2019), Quality Aspects of Insects as Food-Nutritional, Sensory, and Related Concepts, *Foods*, 8, 95, pp. 1-14, doi:10.3390/foods8030095.

⁴⁰⁷ Crini G., Lichtfouse E., Chanet G., Morin-Crini N., (2020), Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review, *Environmental Chemistry Letters*, 18, pp.1451-1476, doi:10.1007/s10311-020-01029-2.

⁴⁰⁸ Perez-Santaescolastica C., De Winne A., Devaere J., Fraeye I., (2022), The flavour of edible insects: A comprehensive review on volatile compounds and their analytical assessment, *Trends in Food Science & Technology*, 127, pp. 352-367, doi:10.1016/j.tifs.2022.07.011.

⁴⁰⁹ Socha D., Tabor A., Żwirska J., Schlegel-Zawadzka M., (2009), Neofobia żywieniowa wśród nauczycielek jako czynnik wpływający na postawy prozdrowotne ich wychowanków, *Sztuka Leczenia*, 18, s. 93-100.

⁴¹⁰ Kowalczyk I., Jeżewska-Zychowicz M., (2016), Innowacyjność konsumentów na rynku żywności, *Studia i Prace WNEiZ*, 43, 3, s. 177-186, doi:10.18276/sip.2016.43/3-16.

⁴¹¹ Bartkiewicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, *Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia*.

Założony czas ustalania równowagi układu wynosił 90 dni, a oznaczenie wykonano w zakresie aktywności wody środowiska $a_w=0,07\div 0,98$ w temperaturze $20^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$. Próbkę do badań stanowiło około 3 g surowca, bądź 1 g badanego produktu, które umieszczano w zważonym naczynku pomiarowym o średnicy 15 mm i rozlokowano w eksykatorach. Higrostaty o aktywności wody wyższej niż 0,69, zawierały naczynka z tymolem krystalicznym zabezpieczającym badany produkt przed zepsuciem mikrobiologicznym. Równowagową zawartość wody wyznaczono na podstawie początkowej masy produktu oraz przyrostów lub ubytków zawartości wody, wykreślając izotermę sorpcji.

Opisu empirycznie wyznaczanych izoterm sorpcji dokonano na podstawie przekształcenia równania Brunauera, Emmeta i Teller (BET) (4), przyjmując zakres aktywności wody $0,07\leq a_w\leq 0,33$. Równanie scharakteryzowane na podstawie wartości współczynnika determinacji (R^2), wartości statystyki F oraz dopasowania błędu standardowego (FitStdErr) przyjęło postać:

$$V = \frac{V_m C a_w}{(1-a_w)[1+(C-1)a_w]} \quad (4)$$

a_w – aktywność wody (-),

V – równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

V_m – zawartość wody w monowarstwie (g H₂O/100 g s.m.),

C – stała energetyczna^{412,413}.

Przydatność modelu do opisu uzyskanych izoterm adsorpcji oceniono na podstawie analizy średniego błędu kwadratowego (RMS), który obliczono na podstawie równania:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum \frac{(z_{we}-z_{wp})^2}{z_{we}}}{N}} \cdot 100 \quad (5)$$

gdzie:

z_{we} – empiryczna, równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

z_{wp} – prognozowana, równowagowa zawartość wody (g H₂O/100 g s.m.),

N – liczba punktów pomiarowych⁴¹⁴.

⁴¹² Ościk J., (1983), Adsorpcja, PWN, Warszawa.

⁴¹³ Paderewski M., (1999), Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej, WNT, Warszawa.

⁴¹⁴ Lewicki P.P., (1998), A three parameter equation for food moisture sorption isotherms, Journal of Food Process Engineering, 21, pp. 127-144.

5.5.2. Metoda dynamiczna – kinetyka sorpcji

Kinetykę sorpcji pary wodnej w badanych próbkach oznaczano metodą dynamiczną w stałej temperaturze $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ w środowiskach o aktywnościach wody: $a_w=0,55$ i $a_w=0,85$. Czas trwania oznaczenia obejmował 72 h, a pomiarów dokonano na podstawie zmian masy próbki w czasie wykorzystując stanowisko zapewniające ciągły komputerowy zapis zmian masy próbek w odstępie 5 minut (software Radwag Pomiar win). Na szalkę wagi naważano 0,5 g próbki⁴¹⁵.

5.6. Analiza statystyczna

5.6.1. Analiza statystyczna etapu I – Ocena zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł

W analizie statystycznej wykorzystano pakiet *Statistica 13.3*. Wszystkie hipotezy dotyczące istniejących współzależności i zależności podano weryfikacji metodami statystycznymi:

- Do oceny współzależności pomiędzy cechami deskryptywnymi respondentów a poziomem neofobii żywieniowej i postawami konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wyrażonych sumą punktów pięciostopniowej skali) zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji: test F Fishera-Snedecora (uzupełniony analizą post-hoc, w której zastosowano test najmniejszej istotnej różnicy – NIR).
- Do oceny współzależności pomiędzy cechami deskryptywnymi respondentów a poziomem neofobii żywieniowej i postawami konsumentów wobec białek pochodzących ze źródeł niekonwencjonalnych (wyrażonych w postaci zakwalifikowania do określonej klasy), a także deklarowanym stopniem innowacyjności, zastosowano test niezależności *chi*-kwadrat.
- Do oceny zależności pomiędzy postawami i zachowaniami konsumentów (pytania 2, 3, 4, 5, 8, 10, 11) a czynnikami różnicującymi (poziom neofobii żywieniowej, postawy konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł, innowacyjność konsumentów) zastosowano test niezależności *chi*-kwadrat. Przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Decyzję o odrzuceniu hipotezy zerowej podejmowano

⁴¹⁵ Ocieczek A., Kostek R., Ruszkowska M., (2015), Kinetic model of water vapour adsorption by gluten-free starch, *Internal Agrophysics*, 29, pp. 115-119, doi:10.1515/intag-2015-0006.

w oparciu o wartość poziomu prawdopodobieństwa testowego (p). Hipotezę zerową odrzucano, gdy poziom prawdopodobieństwa testowego był niższy bądź równy 0,05.

- Do oceny współzależności pomiędzy stopniem zainteresowania zakupem ekstrudatów kukurydzianych z określonym dodatkiem preparatów białkowych z białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł a oceną hedoniczną (stopień lubienia) oraz częstością spożycia określonego rodzaju ekstrudatów kukurydzianych wykorzystano test korelacji rang Spearmana. Miarą korelacji zmiennych losowych X i Y w dwuwymiarowym rozkładzie jest współczynnik korelacji r . Przyjmuje on wartości z przedziału $[-1, 1]$, warunkując istnienie korelacji dodatniej lub ujemnej. Ścisła zależność między zmiennymi w postaci funkcji liniowej obserwowana jest przy wartości współczynnika $r = -1$ lub $r = +1$. Brak zależności obrazowany jest przez $r = 0$ ⁴¹⁶. Przy interpretacji wielkości współczynnika wykorzystano klasyfikację wg J. Guilford'a:

- $|r| = 0$ - brak korelacji
- $0,0 < |r| \leq 0,1$ - korelacja nikła
- $0,1 < |r| \leq 0,3$ - korelacja słaba
- $0,3 < |r| \leq 0,5$ - korelacja przeciętna
- $0,5 < |r| \leq 0,7$ - korelacja wysoka
- $0,7 < |r| \leq 0,9$ - korelacja bardzo wysoka
- $0,9 < |r| < 1,0$ - korelacja niemal pełna
- $|r| = 1$ - korelacja pełna⁴¹⁷.

Istotność obliczonego współczynnika korelacji sprawdzono weryfikując hipotezę o niezależności zaszeregowan testem t-Studenta (przy poziomie $\alpha = 0,05$).

5.6.2. Analiza statystyczna II etapu badań – Ocena właściwości fizykochemicznych surowca, mieszanek oraz wytworzonych produktu

Zebrany materiał liczbowy poddano analizie statystycznej, z wykorzystaniem pakietu *Statistica 13.3* oraz programu Microsoft Excel 2007 i dokonano obliczenia podstawowych miar statystycznych – średniej arytmetycznej i odchylenia

⁴¹⁶ Rabiej M., (2012), Statystyka z programem Statistica, Helion, Polska.

⁴¹⁷ Starzycka-Korbas E., (2018), Charakterystyka wybranych populacji *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary i ocena odporności różnych typów odmian rzepaku ozimego (*Brassic napus L.*) na tego patogena, Rozprawa doktorska, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. Państwowy Instytut Badawczy, Poznań.

standardowego. Do testowania hipotez statystycznych wykorzystano następujące metody^{418,419,420}:

- Jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA): parametryczny test F Fishera-Snedecora połączony z analizą post-hoc, w której zastosowano test najmniejszej istotnej różnicy (NIR). Zastosowana metoda posłużyła do zbadania zróżnicowania poziomu badanych parametrów pomiędzy: surowcami (kaszka kukurydzianą, białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy), mieszankami (MK I, MK II, MK III); (MS I, MS II, MS III); (M0, MK i MS) i produktami (PK I, PK II, PK III); (PS I, PS II, PS III); (P 0, PK i PS).
- Dwuczynnikową analizę wariancji (MANOVA): parametryczny test F Fishera-Snedecora, którego celem było określenie równoczesnego wpływu na poziom badanych parametrów (w mieszankach i produktach) dwóch czynników: rodzaju i wielkości dodatku.

Wybór testów zależny był od zgodności rozkładów empirycznych z rozkładem normalnym, co ocenione zostało przy pomocy testu zgodności chi-kwadrat.

Weryfikację wszystkich hipotez wykonano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, na podstawie wartości prawdopodobieństwa testowego „ p ”. Przyjęto, że $p \leq 0,05$ świadczy o istotnym zróżnicowaniu zmiennej zależnej w zależności od kategorii czynnika jakościowego.

Uzyskane wyniki poddano ponadto wielowymiarowej analizie skupień, której zadaniem było wyłonienie grup ocenianych produktów różniących się pomiędzy sobą poziomem wybranych obszarów parametrów fizycznych lub chemicznych oraz ustalenie współwystępowania cech jakości. Na podstawie wyników analiz przeprowadzono także analizę korelacji Pearsona wraz z testem t-Studenta, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, której celem było zbadanie współzależności pomiędzy parametrami jakościowymi i składowymi tekstury.

Wyniki analizy profilu aminokwasowego i mineralnego badanych ekstrudatów poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do wskazania grup jednorodnych zastosowano test post-hoc Tukey HSD.

⁴¹⁸ Stanisz A., (2006), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. I. Statystyki podstawowe, Wyd. Statsoft, Kraków.

⁴¹⁹ Stanisz A., (2007), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. II. Modele liniowe i nieliniowe, Wyd. Statsoft, Kraków.

⁴²⁰ Stanisz A., (2007), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. III. Analizy wielowymiarowe, Wyd. Statsoft, Kraków.

Ostatni element opracowania stanowiła analiza regresji wielorakiej, obejmująca: obliczenie wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji, obliczenie wartości standaryzowanych cząstkowych współczynników regresji b^* , oraz zbadanie istotności współczynników regresji testem t-Studenta. Weryfikację hipotezy zerowej $H_0: b = 0$ wykonywano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

5.6.3. Analiza statystyczna etapu II – Ocena sensoryczna

Zebrany materiał liczbowy poddano analizie statystycznej, z wykorzystaniem pakietu *Statistica 13.3* oraz programu Microsoft Excel 2007. Na potrzeby przeprowadzenia analizy dokonano obliczenia wartości podstawowych miar statystycznych: średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego oraz wartości ekstremalnych.

Wśród zastosowanych metod analizy i metod testowania hipotez statystycznych wyróżniono^{421,422,423}.

- Analizę korelacji porządku rang Spearmana wraz z testem t-Studenta, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ zastosowaną do zbadania współzależności pomiędzy dwiema zmiennymi ilościowymi, z których co najmniej jedna była zmienną porządkową. Przeprowadzona analiza dotyczyła przede wszystkim poziomu akceptacji cech organoleptycznych i poziomu obaw przed spożyciem. Z wykorzystaniem zastosowanej metody oceniono również współzależności pomiędzy preferowaniem poszczególnych produktów. Podobnie jak w pierwszym etapie badań przy interpretacji wielkości współczynnika r wykorzystano klasyfikację wg J. Guilford'a.
- Analizę regresji wielorakiej, która obejmowała: obliczenie wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej, standardowego błędu estymacji, wartości standaryzowanych cząstkowych współczynników regresji b^* oraz zbadanie istotności współczynników regresji testem t-Studenta.
- Parametryczny test F Fishera-Snedecora połączony z analizą post-hoc, w której zastosowano test najmniejszej istotnej różnicy (NIR), stosowanych w przypadku

⁴²¹ Stanisław A., (2006), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. I. Statystyki podstawowe, Wyd. Statsoft, Kraków.

⁴²² Stanisław A., (2007), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. II. Modele liniowe i nieliniowe, Wyd. Statsoft, Kraków.

⁴²³ Stanisław A., (2007), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. III. Analizy wielowymiarowe, Wyd. Statsoft, Kraków.

badania wpływu czynników jakościowych (płeć, występowanie alergii) na wyniki oceny stopnia akceptacji cech organoleptycznych oraz do porównania wyników oceny poszczególnych produktów.

- Test t-Studenta dla prób niezależnych mający na celu zbadanie zróżnicowania poziomu neofobii żywieniowej w zależności od płci i występowania alergii.
- Nieparametryczny test Manna-Whitneya, który wykorzystano do zbadania zróżnicowania poziomu obaw przed konsumpcją w zależności od płci i występowania alergii.
- Test kolejności par Wilcoxon'a celem określenia zróżnicowania stopnia obaw przed spożywaniem produktów P0, PK i PS.
- Test różnicy między dwoma wskaźnikami struktury - ocena zróżnicowania ilości wskazań wyczuwalności nut smakowych i zapachowych w poszczególnych produktach.
- Wielowymiarową analizę skupień, której zadaniem było wyłonienie grup ocenianych produktów różniących się pomiędzy sobą stopniem akceptacji ogólnie pojętej jakości organoleptycznej.

Zastosowane testy weryfikujące wybrano w zależności od zgodności rozkładów empirycznych z rozkładem normalnym. Normalność rozkładów empirycznych badano testem zgodności chi-kwadrat. Weryfikację wszystkich hipotez wykonano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, na podstawie wartości prawdopodobieństwa testowego „p”, przyjmując że $p \leq 0,05$ świadczy o istotnym zróżnicowaniu zmiennej zależnej w zależności od kategorii czynnika jakościowego.

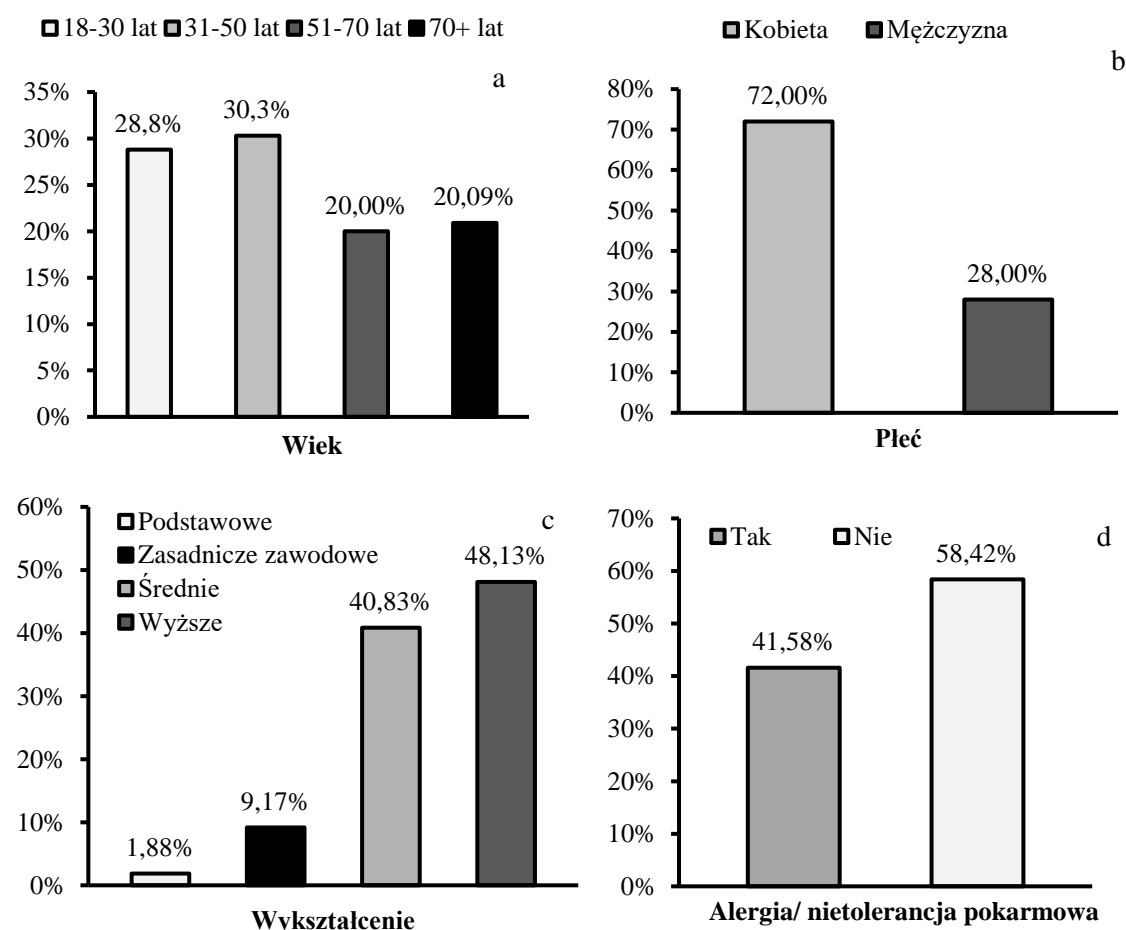
6. Omówienie wyników badań

6.1. Konsumenci wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł

6.1.1. Charakterystyka badanej grupy konsumentów

Na podstawie przeprowadzonej charakterystyki respondentów (n=489) za kryteria różnicujące przyjęto: wiek, wykształcenie, alergie i nietolerancje pokarmowe, innowacyjność respondentów, występowanie postawy neofobicznej oraz postawy respondentów wobec białka z niekonwencjonalnych źródeł.

Na rysunku 10 przedstawiono charakterystykę cech socio-demograficznych respondentów.



Rys. 10. Profil socio-demograficzny respondentów (a - wiek, b - płeć, c - wykształcenie, d - alergia)

Źródło: badania własne.

Badanie przeprowadzono w 4 grupach wiekowych (18-30 lat, 31-50 lat, 51-70 lat, 70+), a każda z grup obejmowała liczebność od 98 do 141 osób (rys. 10a).

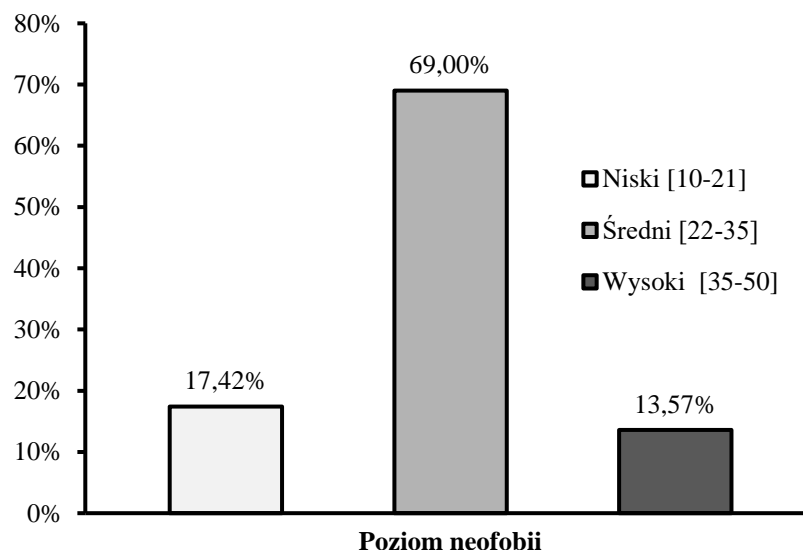
Większość respondentów stanowiły kobiety (72,33%) (rys. 10b). Przeważającą częścią respondentów były osoby legitymujące się średnim (40,88%) lub wyższym

(47,70%) wykształceniem (rys. 10c). Około 41,58% badanych respondentów zadeklarowało alergię lub nietolerancję pokarmową (rys. 10d).

6.1.2. Postawy w stosunku do nowych produktów FNS (Food Neophobia Scale)

Oprócz charakterystyki głównych czynników socjo-demograficznych respondentów (wiek, płeć, wykształcenie, alergię i nietolerancję pokarmową) w badanej grupie podjęto próbę oceny poziomu neofobii za pomocą skali FNS (Food Neophobia Scale) (wyjaśnienie w metodyce badań). Zakres możliwych do uzyskania wyników wynosił od 10 do 50 punktów.

Charakterystykę badanej populacji z zastosowaniem skali FNS przedstawiono na wykresie 11. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że respondenci charakteryzowali się zróżnicowanym poziomem neofobii żywieniowej. Średnia wartość poziomu neofobii była na poziomie $28,7 \pm 6,76$ pkt., wyodrębniając grupy respondentów: o niskim poziomie neofobii (neofile) (17,42%) i o wysokim poziomie neofobii (13,57%). Dominującą wśród badanych respondentów postawą była jednak postawa mieszcząca się w średnim zakresie poziomu neofobii (postawa ambiwalentna – 69,00%).



Rys. 11. Poziom neofobii respondentów

Źródło: badania własne.

Poziom neofobii badanych konsumentów przeanalizowano również z uwzględnieniem czynników socjo-demograficznych (płeć, wiek, wykształcenie, alergię i nietolerancję pokarmową). Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 17.

Tabela 17. Poziom neofobii żywieniowej

Wyszczególnienie		(%)	Poziom <i>food neofobia</i>			Struktura respondentów ze względu na poziom <i>food neofobia</i>			
			Xśr	SD	P	niski	średni	wysoki	P
Ogółem		100	28,7	6,76	-	17,4	69,2	13,3	-
Płeć	Mężczyzna	72,0	28,5	7,10	0,779	20,0	66,2	13,8	0,610
	Kobieta	28,0	28,7	6,62		16,3	70,5	13,1	
Wiek	18-30 lat	28,8	27,0	6,97	0,099	23,4	64,5	12,1	0,237
	30-50 lat	30,3	28,6	6,41		17,6	70,3	12,2	
	51-70 lat	20,0	30,4	6,85		10,9	71,7	17,4	
	70+	20,9	30,1	6,13		13,1	73,8	13,1	
Wykształcenie	Niższe od średniego	11,1	29,1	5,96	0,810	11,4	79,5	9,1	0,214
	Średnie	40,8	28,4	6,24		17,9	71,7	10,4	
	Wyższe	48,1	28,7	7,29		18,3	65,2	16,5	
Alergia i nietolerancja	Tak	41,6	28,3	6,77	<0,001	19,8	65,8	14,4	0,002
	Nie	58,4	31,1	6,48		6,9	74,4	18,7	

Zródło: badania własne.

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie badanej populacji pod względem płci stwierdzono, że wśród osób charakteryzujących się niskim poziomem neofobii (neofilów) było blisko o 3,7% więcej mężczyzn niż kobiet. Natomiast wśród osób z postawami neofobicznymi było o 0,7% więcej kobiet (tab. 17).

Oceniając wpływ drugiego czynnika socjo-demograficznego - wieku stwierdzono, że grupa wiekowa 18-30 lat wyróżniała się najwyższym odsetkiem respondentów cechujących się chęcią do próbowania nowej żywności (neofilów) (23,4%). Najwyższy odsetek osób o wysokim poziomie neofobii (10,9%) i najniższy odsetek neofilów (17,4%) obserwowano w grupie wiekowej 51-70 lat. Grupy wiekowe 18-30 lat, 30-50 lat i 70+ charakteryzowały się zbliżonym odsetkiem osób o wysokim poziomie neofobii (12,10-13,10%) (tab. 17).

Wraz ze wzrostem poziomu wykształcenia obserwowano spadek ilości respondentów o średnim poziomie neofobii. Grupę osób legitymujących się wykształceniem wyższym cechował najwyższy odsetek zarówno osób o wysokim (16,50%), jak i niskim poziomie neofobii (18,30%). Stwierdzono, że płeć, wiek i wykształcenie nie determinowały istotnie statystycznie poziomu neofobii (tab. 17).

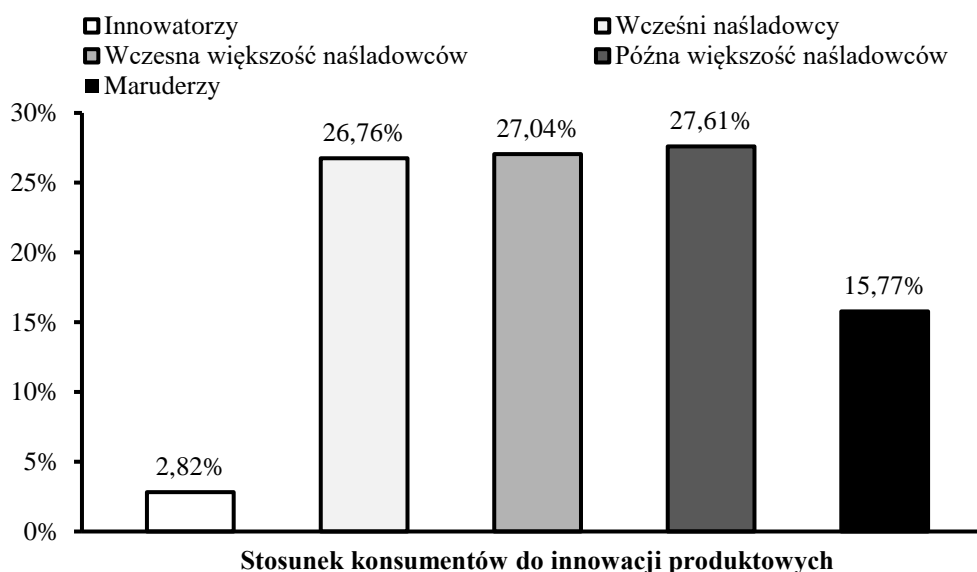
Czynnikiem socjo-demograficznym, który jako jedyny wpływał istotnie statystycznie na poziom neofobii było występowanie alergii lub nietolerancji pokarmowej wśród respondentów. Poziom neofobii był wyższy w grupie respondentów

nie deklarujących alergii, bądź nietolerancji. Wśród osób nie deklarujących alergii, bądź nietolerancji, obserwowano niższy o 13,2% odsetek neofilów i o 4,3% wyższy odsetek osób o wysokim poziomie neofobii. Grupa ta charakteryzowała się również istotnie wyższym odsetkiem osób wykazujących postawy ambiwalentne (74,4%) (tab. 17).

6.1.3. Innowacyjność konsumentów – skala Rogersa

Na podstawie przeprowadzonej oceny stosunku konsumentów do innowacji rynkowych, w grupie badanych respondentów wyróżniono 2,09% innowatorów, 19,83% wczesnych naśladowców, 19,60% osób zaliczonych do wczesnej większości naśladowców i 20,00% do późnej większości naśladowców. Do grupy maruderów zaliczono 11,50% ankietowanych. Około 1/4 ankietowanych nie zakwalifikowano do żadnej z grup (odpowiedź "trudno powiedzieć").

Udział procentowy badanych należących do każdej z grup (n=355) (z pominięciem respondentów zaznaczających odpowiedź "trudno powiedzieć") przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Stosunek konsumentów do innowacji produktowych

Źródło: badania własne.

Stosunek konsumentów do innowacji produktowych przeanalizowano z uwzględnieniem płci, wieku, wykształcenia oraz alergii i nietolerancji pokarmowej. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 18.

Tabela 18. Stopień innowacyjności respondentów

Wyszczególnienie		(%)	Struktura respondentów ze względu na stopień innowacyjności				P
			Innowatorzy i wczesni naśladowcy	Wczesna większość naśladowców	Późna większość naśladowców	Maruderzy	
Ogółem		100	(%)				-
			29,6	27,0	27,6	15,8	
Płeć	Mężczyzna	72,0	35,8	28,3	22,6	13,2	0,253
	Kobieta	28,0	26,9	26,5	29,7	16,9	
Wiek	18-30 lat	28,8	42,1	19,0	25,6	13,2	0,004
	30-50 lat	30,3	28,6	34,3	21,0	16,2	
	51-70 lat	20,0	19,4	23,9	38,8	17,9	
	70+	20,9	17,7	24,9	39,6	17,7	
Wykształcenie	Niższe od średniego	11,05	10,3	55,2	20,7	13,8	0,122
	Średnie	40,83	28,8	26,7	28,1	16,4	
	Wyższe	48,13	33,7	23,0	28,1	15,2	
Alergia i nietolerancja	Tak	41,6	29,7	27,8	29,1	13,3	<0,001
	Nie	58,4	1,0	14,7	51,0	33,3	

Zródło: badania własne.

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie badanej populacji pod względem płci stwierdzono, że grupa o wyższej innowacyjności (grupa innowatorów i wczesnych naśladowców oraz wczesnej większości naśladowców) reprezentowana była przez większy odsetek mężczyzn (tab. 18). W grupie kobiet, w porównaniu do mężczyzn, wyróżniono więcej respondentek należących do późnej większości naśladowców (o 7,1%) i więcej maruderów (o 3,7%).

Różnice w innowacyjności respondentów uwarunkowane wiekiem zaobserwowano w obrębie innowatorów - odsetek deklaracji obniżał się wraz z wiekiem (z 42% do 18%), wczesnej większości naśladowców (większy odsetek osób z grupy w wieku 30-50 lat w porównaniu do innych grup wiekowych), późnej większości naśladowców (większy odsetek wśród osób powyżej 51 roku życia) (tab. 18). Grupa maruderów charakteryzowała się nieznacznie niższym odsetkiem respondentów w wieku 18-30 lat.

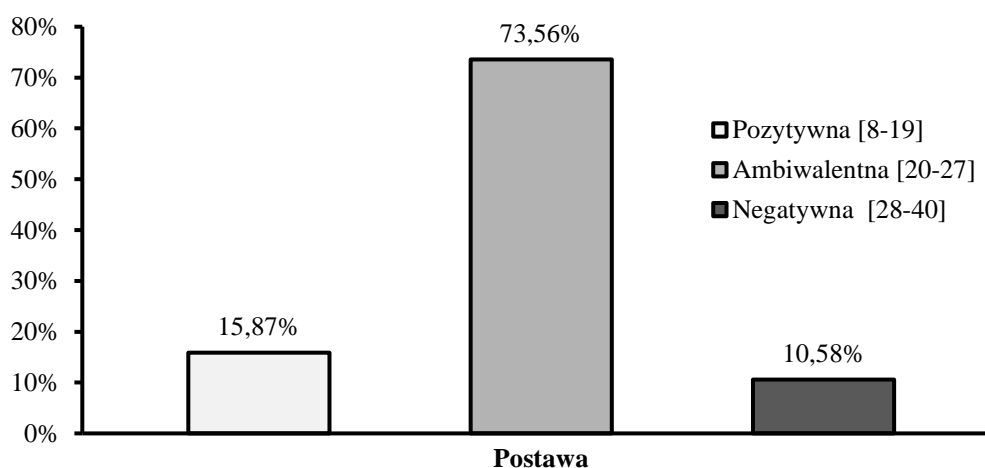
Grupę osób legitymujących się wykształceniem wyższym lub średnim, w porównaniu do grup legitymujących się wykształceniem podstawowym lub zasadniczym zawodowym, cechował wyższy odsetek innowatorów (28,80-33,70%), ale także nieznacznie wyższy odsetek późnej większości naśladowców (28,1%) oraz maruderów (15,20-16,40%) (tab. 18). Ponad 50% grupy posiadającej wykształcenie podstawowe lub zasadnicze zawodowe reprezentowało wczesną większość naśladowców (55,20%).

Wśród osób deklarujących jednostki chorobowe, takie jak alergie i nietolerancje pokarmowe, obserwowano zdecydowanie wyższe odsetki konsumentów bardziej zainteresowanych zakupem nowych produktów - innowatorów i wczesnych naśladowców (29,7%) oraz wczesnej większości naśladowców (27,8%). W grupie tej obserwowano ponadto niższe odsetki późnej większości naśladowców (29,1%) i maruderów (13,3%) (tab. 18).

Na podstawie przeprowadzonego testu chi kwadrat stwierdzono, że czynnikami socjo-demograficznymi, które wpływały istotnie statystycznie na zróżnicowanie stosunku konsumentów do produktów innowacyjnych były wiek oraz alergja, bądź nietolerancja pokarmowa. Natomiast płeć i wykształcenie nie miały istotnego wpływu różnicującego badaną grupę respondentów pod względem ich innowacyjności (tab. 18).

6.1.4. Postawy konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

Charakterystykę badanej populacji z zastosowaniem skali do badania postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł przedstawiono na rysunku 13. Na podstawie oceny postaw respondentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł stwierdzono, że w badanej grupie największy odsetek badanych wykazywał postawę ambiwalentną (73,56%). Pozytywną postawą wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł cechowało się tylko 15,87% respondentów, a 10,58% badanych wykazywało postawę ambiwalentną.



Rys. 13. Postawy wobec białek z niekonwencjonalnych źródeł

Źródło: badania własne.

Postawy konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł przeanalizowano z uwzględnieniem płci, wieku, wykształcenia oraz alergii i nietolerancji pokarmowych. Wyniki przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 19. Postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

Wyszczególnienie		(%)	Postawa			Charakterystyka respondentów ze względu na postawę wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł			p
			Xśr	SD	p	pozytywna	ambiwalentna	negatywna	
Ogółem		100	23,2	4,17	-	(%)			-
						15,9	73,6	10,6	
Płeć	Mężczyzna	72,0	23,4	3,91	0,496	13,5	75,4	11,1	0,679
	Kobieta	28,0	23,1	4,29		16,9	72,8	10,3	
Wiek	18-30 lat	28,8	22,4	4,71	0,005	21,4	71,4	7,1	0,011
	30-50 lat	30,3	23,9	3,53		13,8	77,9	8,3	
	51-70 lat	20,0	24,4	3,68		8,0	72,7	19,3	
	70+	20,9	22,8	4,77		20,9	69,4	9,6	
Wykształcenie	Niższe od średniego	11,05	24,2	2,99	0,106	11,9	78,6	9,5	0,398
	Średnie	40,83	23,4	4,20		12,3	75,3	12,3	
	Wyższe	48,13	22,8	4,31		19,0	71,6	9,5	
Alergia i nietolerancja	Tak	41,6	23,6	3,93	0,864	13,3	75,6	11,1	0,788
	Nie	58,4	23,5	3,86		10,9	78,2	10,9	

Źródło: badania własne.

Stwierdzono, że wśród osób charakteryzujących się pozytywną postawą wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł było o 3,4% więcej kobiet niż mężczyzn. Postawę negatywną wykazało nieznacznie więcej mężczyzn niż kobiet (różnica o 0,4%) (tab. 19).

Postawy wobec białek z niekonwencjonalnych źródeł zróżnicowane były istotnie statystycznie wiekiem respondentów. Postawą pozytywną charakteryzowało się istotnie statystycznie więcej respondentów z grup wiekowych 18-30 lat i więcej niż 70 lat (tab. 19). Postawą negatywną charakteryzował się istotnie statystycznie większy odsetek osób w wieku 51-70 lat. Wpływ wieku na postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł przejawiał się także tym, że poziom negatywnej postawy wyrażony jako suma punktów, był wyższy wśród respondentów wieku 30-50 i 51-70 lat.

Wraz ze wzrostem poziomu wykształcenia obserwowano wzrost odsetka respondentów charakteryzujących się postawą pozytywną i spadek odsetka osób wykazujących postawy ambiwalentne (tab. 19). Najwyższy odsetek osób, które zadeklarowały postawie negatywnej (12,30%) obserwowano wśród osób legitymujących się średnim wykształceniem.

Wśród osób, które zadeklarowały pozytywne postaw - wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł zaobserwowano wyższy odsetek respondentów chorujących na alergię bądź nietolerancje pokarmowe (13,3%) (tab. 19).

Na podstawie przeprowadzonego testu *chi*-kwadrat stwierdzono, że płeć, poziom wykształcenia i choroby, alergię lub nietolerancje pokarmowe, nie różnicowały statystycznie istotnie postaw wobec stosowania białek z niekonwencjonalnych źródeł ($p > 0,05$) (tab. 19).

6.1.5. Ocena preferencji i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych

Stożenie lubienia (ocenę hedoniczną) produktów przedstawiono w tabeli 20. W analizie pominięto respondentów zaznaczających odpowiedź „nie próbowałem”. Ze względu na niską liczebność grup, w celu opracowania statystycznego połączono kategorie „bardzo nie lubię” i „nie lubię” (nowa kategoria to „nie lubię”).

Tabela 20. Preferowane przez konsumentów wyroby przekąskowe

Produkt	Ocena hedoniczna				
	Bardzo nie lubię	Nie lubię	Ani lubię ani nie	Lubię	Bardzo lubię
	% wskazań				
Chipsy ziemniaczane	1,11	6,24	12,47	43,65	36,53
Chrupki kukurydziane bez dodatków	2,24	10,70	23,63	46,02	17,41
Chrupki kukurydziane słodkie	6,00	25,43	23,43	35,71	9,43
Chrupki kukurydziane wytrawne	1,98	16,15	25,50	41,93	14,45
Chrupki z innych zbóż	1,74	17,01	33,33	40,28	7,64
Krakersy	1,14	8,22	20,55	51,60	18,49
Orzeszki ziemne	1,56	4,68	13,36	53,23	27,17
Paluszki	1,33	5,78	12,22	56,22	24,44
Popcorn	1,92	9,38	19,47	45,91	23,32
Przekąski na bazie mięsa	7,08	15,93	31,42	29,65	15,93
Przekąski z nasion strączkowych	5,81	12,03	30,29	37,76	14,11
Suszone owoce, orzechy	1,61	5,73	13,30	43,35	36,01

Warianty odpowiedzi: Nie próbowałem, Bardzo nie lubię, Nie lubię, Ani lubię ani nie lubię, Lubię, Bardzo lubię.

Źródło: badania własne.

Produktami charakteryzującymi się najwyższą oceną hedoniczną były chipsy ziemniaczane (36,53% wskazań bardzo lubię i 43,65% lubię), orzeszki ziemne (27,17% bardzo lubię i 53,23% lubię), paluszki (24,44% bardzo lubię i 56,22% lubię) i suszone owoce, orzechy i ich mieszanki (36,01% bardzo lubię i 43,35% lubię) (tab. 20).

W grupie produktów ekstrudowanych najwyższe wyniki oceny hedonicznej charakteryzowały grupę produktów bez dodatków (bardzo lubię 17,41% i 46,02% lubię)

oraz chrupki kukurydziane słone (14,45% bardzo lubię i 41,93% lubię). Najniższe oceny hedoniczne spośród wszystkich produktów uzyskały produkty przekąskowe na bazie mięsa (7,08% bardzo nie lubię i 15,93% nie lubię), nasion roślin strączkowych (5,81% bardzo nie lubię i 12,03% nie lubię) i chrupki kukurydziane słodkie (6,00% bardzo nie lubię i 25,43% nie lubię).

Na podstawie analizy literatury stwierdzono, że uzyskane wyniki były zbliżone do badań Kosickiej-Gębskiej i Gębskiego (2012) dotyczących spożycia słonych przekąsek przez młodych konsumentów. Autorzy zaobserwowali wyższe oceny hedoniczne chipsów ziemniaczanych w porównaniu do paluszków, popcornu czy ekstrudatów kukurydzianych⁴²⁴.

Wykazano istotny statystycznie wpływ poziomu neofobii, innowacyjności konsumentów i ich postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł na uzyskane wyniki stopnia lubienia wybranych produktów przekąskowych. Na podstawie przeprowadzonego testu *chi*-kwadrat stwierdzono, że stopień lubienia wybranych produktów przekąskowych warunkowany był przez wszystkie 3 czynniki (tab. 21).

Wpływ pierwszego czynnika różnicującego - neofobii na ocenę hedoniczną obserwowany był wyłącznie w ocenie chrupek z innych zbóż, przekąsek na bazie mięsa i przekąsek z nasion roślin strączkowych. Odsetek osób lubiących i bardzo lubiących chrupki z innych zbóż obniżał się wraz ze wzrostem poziomu neofobii żywieniowej. Co więcej odsetek osób nie lubiących tych produktów przekąskowych wzrastał wraz ze wzrostem poziomu neofobii (tab. 21, zał. 2). Wraz ze wzrostem poziomu neofobii obniżał się także odsetek respondentów lubiących przekąski na bazie mięsa. Grupę o wysokim poziomie neofobii cechowało także nadawanie niższych (w stosunku do grup o średnim i niskim poziomie neofobii) ocen hedonicznych przekąsek na bazie nasion roślin strączkowych.

Na podstawie uzyskanych wartości statystyki *chi*-kwadrat dla drugiej analizowanej zmiennej - innowacyjności konsumentów wykazano, że poziom innowacyjności wpływał statystycznie istotne tylko na ocenę hedoniczną chipsów ziemniaczanych. Odsetek osób bardzo lubiących te przekąski był wyższy w segmencie „innowatorów” niż w pozostałych segmentach (odpowiednio: 55,3% i poniżej 36,0%) (tab. 21, zał. 2).

⁴²⁴ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie młodych konsumentów, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 733-738.

Test *chi*-kwadrat wykazał, że postawa wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł wpływała istotnie ($p < 0,05$) na stopień lubienia chipsów oraz chrupkek kukurydzianych wytrawnych - odsetek respondentów bardzo lubiących te produkty przekąskowe spadał wraz z natężeniem negatywnej postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (tab. 21, zał. 2).

Tabela 21. Wyniki testu *chi*-kwadrat dla oceny hedonicznej

Produkt	Neofobia	Innowacyjność	Postawy wobec BN*
	<i>p</i>		
Chipsy ziemniaczane	0,163	0,002	0,045
Chrupki kukurydziane bez dodatków	0,686	0,097	0,146
Chrupki kukurydziane słodkie	0,480	0,722	0,190
Chrupki kukurydziane wytrawne	0,189	0,901	0,036
Chrupki z innych zbóż	0,042	0,339	0,805
Krakersy	0,219	0,640	0,387
Orzeszki ziemne	0,105	0,846	0,132
Paluszki	0,143	0,280	0,837
Popcorn	0,148	0,315	0,881
Przekąski na bazie mięsa	0,030	0,218	0,140
Przekąski z nasion strączkowych	0,004	0,135	0,432
Suszone owoce, orzechy	0,378	0,607	0,203

Oznaczenia:*BN - Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł

Źródło: badania własne.

Uzupełnieniem oceny hedonicznej było określenie częstości spożycia wyżej wymienionych produktów przekąskowych. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 22.

Tabela 22. Częstość spożycia produktów przekąskowych przez konsumentów

Produkt	Częstość spożycia					
	Nie próbowałem	Raz w m-cu lub	Kilka razy w m-cu	Kilka razy w tyg.	Raz dziennie	Kilka razy dziennie
Chipsy ziemniaczane	2,9	40,5	30,5	13,3	4,1	1,4
Chrupki kukurydziane bez	9,2	51,7	15,1	10,0	2,5	0,8
Chrupki kukurydziane słodkie	17,6	52,8	9,0	5,7	1,2	0,8
Chrupki kukurydziane wytrawne	18,0	42,9	16,4	6,5	1,8	1,0
Chrupki z innych zbóż	29,0	39,9	10,2	3,7	2,5	0,8
Krakersy	2,9	52,6	22,1	8,8	2,9	1,4
Orzeszki ziemne	2,9	44,0	28,6	12,5	2,9	2,0
Paluszki	1,8	41,7	28,6	14,1	3,1	1,8
Popcorn	7,6	46,0	22,3	8,0	2,5	0,6
Przekąski na bazie mięsa	46,0	27,6	8,4	5,1	1,0	0,6
Przekąski z nasion strączkowych	42,1	27,0	11,5	5,5	1,6	0,8
Suszone owoce, orzechy	6,3	33,9	23,5	21,1	8,6	2,7

Źródło: badania własne.

Stwierdzono, że większość wskazanych w badaniu produktów przekąskowych nie była spożywana codziennie (poniżej 5% wskazań „raz dziennie” lub „kilka razy dziennie”) (tab. 22). Większość respondentów spożywała określone rodzaje produktów przekąskowych średnio od jednego do kilku razy w miesiącu. Produktem przekąskowym spożywanym najczęściej przez badaną grupę konsumentów były suszone owoce, orzechy i ich mieszanki - 11,3% respondentów spożywało je raz dziennie lub częściej. Chipsy ziemniaczane, orzeszki ziemne i paluszki spożywane były przez 17,40 - 19,00% ankietowanych minimum kilka razy w tygodniu. Produktami najrzadziej spożywanymi były produkty przekąskowe na bazie mięsa i produkty przekąskowe z nasion roślin strączkowych. Wśród produktów ekstrudowanych najczęściej spożywane były ekstrudaty bez dodatków, a najrzadziej produkty ekstrudowane wytworzone z innych niż kukurydza zbóż i produkty ekstrudowane słodkie.

Na podstawie analizy literatury stwierdzono, że uzyskane wyniki były zbliżone do wyników badań Forbes i in. (2016) w których, w opinii respondentów najczęściej spożywanymi przekąskami były owoce oraz chipsy ziemniaczane⁴²⁵. Inne wyniki uzyskała Malczyk i Wróbel (2016). W badanej przez ten zespół grupie produktów najczęściej spożywanym wyrobem przekąskowym były paluszki i precelki słone, chipsy inne niż solone i popcorn⁴²⁶.

⁴²⁵ Forbes S., Kahiya E., Balderstone C., (2016), Analysis of Snack Food Purchasing and Consumption Behavior, *Journal of Food Products and Marketing*, 22, 1, pp. 65-88, doi:10.1080/10454446.2014.949992.

⁴²⁶ Malczyk E., Wróbel P., (2016), Ocena nawyków żywieniowych uczniów szkół powiatu kłobuckiego w zakresie spożycia słonych przekąsek, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 97(3), s. 255-260.

Na podstawie przeprowadzonego testu *chi*-kwadrat określono wpływ poziomu neofobii, innowacyjności konsumentów oraz ich postaw wobec niekonwencjonalnych źródeł białka na częstość spożycia wybranych produktów przekąskowych.

Na podstawie opracowania statystycznego stwierdzono, że poziom neofobii wpływał istotnie na częstość spożycia przekąsek z nasion strączkowych ($p < 0,05$). Odsetek osób z niskim poziomem neofobii, spożywających te przekąski raz w miesiącu lub rzadziej był wyższy (tab. 23, zał. 2).

W badanej grupie respondentów odsetek osób spożywających chipsy (kilka razy w miesiącu), chrupki kukurydziane bez dodatków (kilka razy w tygodniu), popcorn (kilka razy w miesiącu lub kilka razy w tygodniu), produkty przekąskowe z nasion roślin strączkowych (kilka razy w miesiącu lub rzadziej) determinowany był także drugą zmienną - innowacyjnością konsumenta i wzrastał on wraz ze wzrostem zainteresowania konsumentów konsumpcją produktów innowacyjnych (tab. 23, zał. 2).

Przeprowadzony test *chi*-kwadrat dla trzeciej zmiennej – postaw wobec niekonwencjonalnych źródeł białka wykazał, że reprezentowane przez respondentów postawy wobec niekonwencjonalnych źródeł białka (pozytywna, negatywna bądź ambiwalentna) determinowały wyłącznie częstość spożycia owoców, orzechów i ich mieszanek. Wśród osób reprezentujących postawę pozytywną wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł obserwowano wyższą częstość spożycia tego rodzaju produktów (tab. 23, zał. 2).

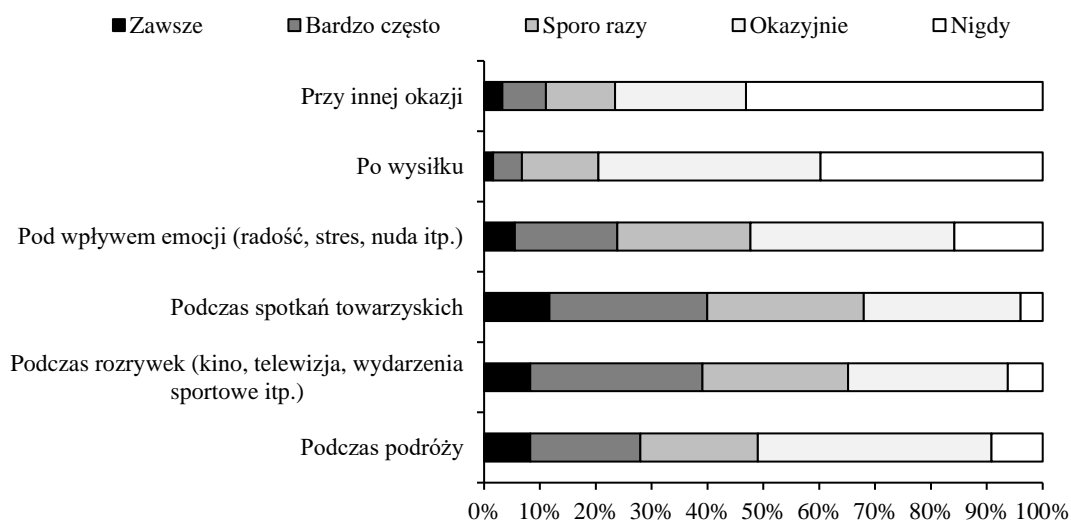
Tabela 23. Wyniki testu *chi*-kwadrat dla częstości spożycia

Produkt	Neofobia	Innowacyjność	Postawy wobec BN
	<i>p</i>		
Chipsy ziemniaczane	0,202	0,049	0,511
Chrupki kukurydziane bez dodatków	0,670	0,031	0,384
Chrupki kukurydziane słodkie	0,324	0,550	0,502
Chrupki kukurydziane wytrawne	0,485	0,395	0,332
Chrupki z innych zbóż	0,358	0,040	0,522
Krakersy	0,607	0,487	0,905
Orzeszki ziemne	0,866	0,294	0,452
Paluszki	0,798	0,339	0,297
Popcorn	0,793	0,046	0,792
Przekąski na bazie mięsa	0,151	0,542	0,118
Przekąski z nasion strączkowych	0,008	0,044	0,176
Suszone owoce, orzechy	0,839	0,625	0,046

Oznaczenia: *BN - Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł

Źródło: badania własne.

Kolejnym elementem badań było określenie okoliczności podczas których ma miejsce konsumpcja produktów przekąskowych. Na rysunku 14 przedstawiono procentowe zestawienie odpowiedzi udzielonych przez respondentów.



Rys. 14. Okoliczności do spożycia produktów przekąskowych

Źródło: badania własne.

Głównymi okolicznościami spożycia produktów przekąskowych w badanej grupie respondentów były spotkania towarzyskie oraz rozrywki. Ponad 39,06-39,96% oceniających spożywało przekąski przy tych okazjach zawsze, bądź bardzo często (rys. 14).

Respondenci zadeklarowali, że rzadziej konsumują produkty przekąskowe: "pod wpływem emocji np. radość, stres, nuda itp." (zawsze - 5,50%; bardzo często -

18,35%) oraz "podczas podróży" (zawsze - 8,28%; bardzo często - 19,69%). Badana grupa najrzadziej spożywała produkty przekąskowe podczas wysiłku fizycznego (zawsze - 1,63%; bardzo często - 5,12%). Ponadto respondenci wskazali, że spożywają produkty przekąskowe podczas pracy i nauki oraz w trakcie podejmowanej aktywności poza domem. Respondenci zadeklarowali również, że okazją do spożycia przez nich produktów przekąskowych jest: zachęta innych osób, ochota na przekąski pomiędzy posiłkami lub brak posiłku przez dłuższy czas.

Uzyskane wyniki charakteryzujące okazję do spożycia produktów przekąskowych przez respondentów były zgodne się z badaniami Kosickiej-Gębskiej i Gębskiego (2012)⁴²⁷. W badaniach wymienionych autorów najczęściej wybieranymi okazjami do spożycia produktów przekąskowych przez respondentów było oglądanie TV oraz przyjęcia. Podobne zależności uzyskał także zespół Forbes i in. (2016), według którego najczęściej wybieranymi przez respondentów okazjami do spożycia produktów przekąskowych było spędzanie czasu w domu i interakcje społeczne. Według Forbes i in. (2016) zdecydowanie rzadziej za okazję do spożycia wyrobów przekąskowych uznawano ćwiczenia fizyczne⁴²⁸.

W tabeli 24 przedstawiono zależność preferowanych przez respondentów okazji do spożycia produktów przekąskowych względem poziomu neofobii, innowacyjności konsumentów i ich postaw wobec białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł. Ze względu na niewielką liczebność kategorii odpowiedzi „zawsze”, w celu opracowania statystycznego, kategorię odpowiedzi "zawsze" połączono z kategorią "bardzo często" (nazwa nowej kategorii: „bardzo często”).

⁴²⁷ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie młodych konsumentów, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 733-738.

⁴²⁸ Forbes S., Kahiya E., Balderstone C., (2016), Analysis of Snack Food Purchasing and Consumption Behavior, *Journal of Food Products and Marketing*, 22, 1, pp. 65-88, doi:10.1080/10454446.2014.949992.

Tabela 24. Wyniki testu *chi*-kwadrat - okazja do spożycia

Okazja	Neofobia	Innowacyjność	Postawy wobec NŻB
	<i>p</i>		
Podczas podróży	0,026	0,066	0,125
Podczas rozrywek (kino, telewizja, wydarzenia sportowe itp.)	0,605	0,430	0,502
Podczas spotkań towarzyskich	0,135	0,612	0,169
Pod wpływem emocji (radość, stres, nuda itp.)	0,086	0,703	0,377
Po wysiłku	0,201	0,784	0,408
Przy innej okazji	0,300	0,485	0,701

Źródło: badania własne.

Na podstawie uzyskanych wartości statystyki *chi*-kwadrat dla analizowanych zmiennych stwierdzono, że wyłącznie poziom neofobii żywieniowej wpływał istotnie statystycznie na preferowane przez respondentów okazje spożycia produktów przekąskowych. Odsetek osób spożywających produkty przekąskowe w podróży „bardzo często” obniżał się wraz ze wzrostem poziomu neofobii żywieniowej (odpowiednio: 41,1%, 26,2% i 18,5%). Wśród grupy spożywającej produkty przekąskowe w podróży okazjnie zaobserwowano wzrost odsetka osób wraz ze wzrostem poziomu neofobii żywieniowej (odpowiednio: 32,9%, 42,2% i 48,1%) (tab. 24, zał. 2).

Analiza wskazań respondentów z uwzględnieniem innowacyjności i postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł wykazała, że w przypadku niektórych okazji („podczas podróży”, „podczas rozrywek”, „podczas spotkań towarzyskich”, „pod wpływem emocji”) obserwowano nieistotną statystycznie tendencję - odsetek wskazań „bardzo często” obniżał się wraz ze spadkiem stopnia innowacyjności i wraz ze wzrostem natężenia negatywnej postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (tab. 24, zał. 2).

Ostatnim elementem oceny preferencji i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych była charakterystyka najważniejszych cech determinujących wybór produktów przekąskowych.

Tabela 25. Ważność determinant wyboru produktów przekąskowych

Determinanta/ cecha produktu	Wskaźnik odpowiedzi (%)			
	Bardzo ważne	Ważne	Mało ważne	Nieważne
Smak	76,15	21,88	1,31	0,66
Tekstura	23,82	48,35	23,11	4,72
Wygląd zewnętrzny	20,80	48,80	24,00	6,40
Zapach	45,81	43,83	9,25	1,10
Wartość odżywcza	30,29	35,63	24,94	9,13
Skład	34,98	36,77	21,08	7,17
Trwałość produktu	25,06	40,86	25,73	8,35
Wpływ na środowisko	15,49	41,69	32,12	10,71
Dostępność	21,09	49,43	23,36	6,12
Marka	16,93	33,64	36,38	13,04
Cena produktu	37,89	45,81	13,22	3,08
Opakowanie	9,70	32,79	42,26	15,24
Polecenie produktu przez innego konsumenta	10,71	38,50	35,31	15,49
Reklama	3,46	17,09	46,42	33,03
Inna cecha/wymaganie (jaka/jakie?)	8,16	9,39	16,73	65,71

Źródło: badania własne.

Na pytanie: „W jakim stopniu ważne są dla Pana/Pani niżej wymienione cechy przy wyborze produktów przekąskowych?” respondenci najczęściej zadeklarowali „bardzo ważne” przy cechach, takich jak: smak (76,15%), dostępność (49,43%) oraz zapach (45,81%) (tab. 25). Odpowiedzi ‘ważne’ udzielano najczęściej w przypadku: tekstury (48,35%), wyglądu zewnętrznego (48,80%), składu (36,77%), trwałości produktu (40,86%), wpływu na środowisko (41,69%), dostępności (49,43%) i ceny produktu (45,81%). Za cechę mało ważną najwięcej respondentów uznało opakowanie (42,24%) oraz reklamę (46,35%).

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury stwierdzono, że uzyskane wyniki badań były zgodne z wynikami Kosickiej-Gębskiej i Gębskiego (2013) oraz Kurp i in. (2016), które dotyczyły charakterystyki najważniejszych determinant wyboru słonych przekąsek. W badaniach wymienionych autorów za mało znaczącą determinantę wyboru uznano cenę produktu, a istotnymi determinantami były jakość oraz atrakcyjność sensoryczna produktu przekąskowego^{429,430}.

Wyniki analizy statystycznej obejmujące charakterystykę cech determinujących wybór produktu przekąskowego z uwzględnieniem neofobii, innowacyjności i postaw

⁴²⁹ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2013), Czynniki warunkujące wybór słonych przekąsek przez młodych konsumentów, *Handel Wewnętrzny*, 4(345), 71-82.

⁴³⁰ Kurp L., Danowska-Oziewicz M., Karpińska-Tymoszczuk M., Draszanowska A., Biedrzycka M., (2016), Preferencje studentów Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego odnośnie produktów przekąskowych, 49, 3, s. 556-559.

respondentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł przedstawiono w tabeli 26.

Na podstawie uzyskanego poziomu prawdopodobieństwa testowego p stwierdzono, że poziom neofobii wpływał istotnie statystycznie na ważność determinant wyboru produktu przekąskowego, takich jak: wygląd, wartość odżywcza, trwałość, wpływ na środowisko, marka, opakowanie oraz reklama. Na podstawie przeprowadzonego testu *chi*-kwadrat stwierdzono, że im większy był poziom neofobii tym większy był odsetek respondentów, dla których wygląd produktu przekąskowego stanowił cechę ważną lub bardzo ważną. Wśród osób z wysoką neofobią obserwowano najniższy odsetek osób uważających opakowanie produktu przekąskowego za cechę bardzo ważną lub ważną. W segmencie osób o średnim poziomie neofobii za cechy ważne lub bardzo ważne, w przypadku produktów przekąskowych, statystycznie istotnie więcej respondentów uznało: wartość odżywcza, trwałość, wpływ na środowisko oraz reklamę. W segmencie osób o niskim poziomie neofobii odsetek respondentów uważających markę za cechę bardzo ważną lub ważną był niższy w porównaniu do innych grup (tab. 26, zał. 2).

Tabela 26. Determinanty wyboru produktów przekąskowych - wyniki testu *chi*-kwadrat

Cechy produktów przekąskowych	Neofobia	Innowacyjność	Postawy wobec BN
	p		
Smak	0,115	0,451	0,481
Tekstura	0,837	0,130	0,850
Wygląd zewnętrzny	0,026	0,766	0,105
Zapach	0,337	0,930	0,538
Wartość odżywcza	0,041	0,240	0,610
Skład	0,142	0,122	0,816
Trwałość produktu	0,004	0,349	0,236
Wpływ na środowisko	0,042	0,435	0,294
Dostępność	0,222	0,089	0,204
Marka	0,001	0,402	0,803
Cena produktu	0,253	0,806	0,554
Opakowanie	0,006	0,287	0,523
Polecenie produktu przez innego konsumenta	0,162	0,036	0,738
Reklama	0,003	0,008	0,301

Oznaczenia: *BN - Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł/ Źródło: badania własne.

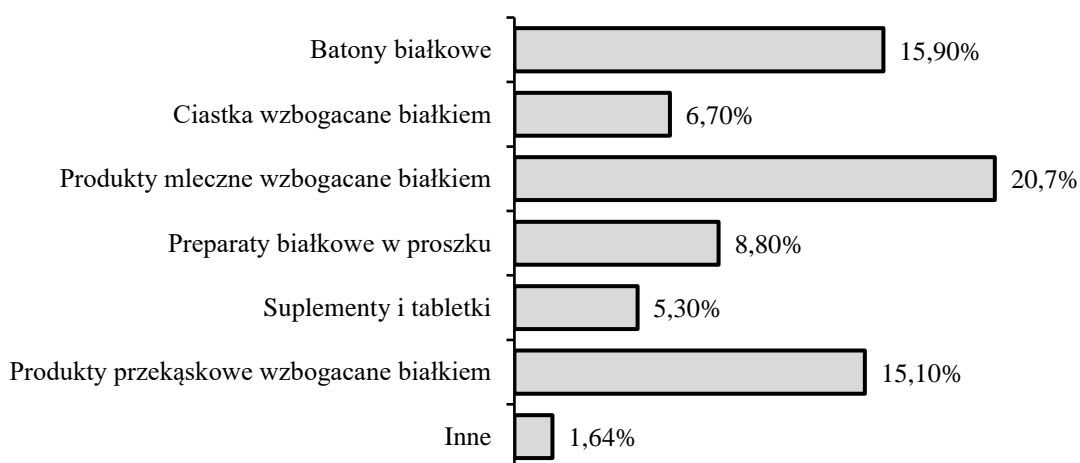
Na podstawie testu *chi*-kwadrat wykazano, że innowacyjność konsumentów wpływała istotnie na ważność dwu cech determinujących wybór produktów przekąskowych, to jest: polecenie przez innego konsumenta i reklama. Odsetek respondentów, którzy zadeklarowali, że te cechy są dla nich bardzo ważne lub ważne obniżał się wraz ze wzrostem stopnia ich innowacyjności (tab. 26, zał. 2).

Uzyskane wyniki prawdopodobieństwa testowego p dla trzeciego czynnika pozwoliły na stwierdzenie braku statystycznie istotnych zależności pomiędzy postawami wobec niekonwencjonalnych źródeł białka, a poszczególnymi cechami produktu ($p > 0,05$) (tab. 26, zał. 2).

6.1.6. Zachowania konsumentów na rynku produktów wzbogacanych

Kolejnym elementem badań była ocena zachowań konsumentów na rynku produktów wzbogacanych białkiem. Analizując badaną grupę respondentów pod względem spożycia produktów wzbogacanych białkiem stwierdzono, że 196 z 489 respondentów (40,08%) deklarowało spożywanie produktów wzbogacanych białkiem. Na podstawie pytania jednokrotnego wyboru: „Częściej Pan/Pani korzysta z: gotowych produktów wzbogacanych białkiem czy suplementów/ preparatów białkowych (proszki białkowe)” stwierdzono, że wśród badanych respondentów większą grupę stanowiły osoby spożywające gotowe produkty wzbogacane ($n=135$).

Rodzaje najczęściej spożywanych przez respondentów produktów wzbogacanych (pytanie wielokrotnego wyboru) przedstawiono na rysunku 15.



Rys. 15. Rodzaje spożywanych przez respondentów produktów wzbogacanych białkiem

Źródło: badania własne.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że najwięcej ponad 1/5 respondentów spożywało produkty mleczne wzbogacane białkiem (20,70%) (rys. 15). Zbliżony odsetek badanych (ok. 15%) zadeklarował spożycie batonów białkowych. Wśród ponad 15,10% oceniających obserwowano spożywanie wzbogacanych wyrobów przekąskowych. Spożywanie preparatów białkowych zadeklarowało ok. 8,80%

respondentów, a ciastek wzbogacanych białkiem ok. 6,70% respondentów. Najrzadziej wybieranym produktem było białko w formie suplementów i tabletek (5,30%).

Analizując literaturę przedmiotu stwierdzono, że uzyskane wyniki różniły się od wyników badań Javra (2021). W badaniach tego autora dotyczących spożycia suplementów białkowych wśród młodych dorosłych wykazano, że produktami spożywanymi najczęściej (przez ok. połowę respondentów) były preparaty w proszku i batony białkowe. Zdecydowanie rzadziej spożywane były produkty mleczne wzbogacane białkiem (ok. 2%)⁴³¹.

Wyniki analizy statystycznej rodzaju spożywanego przez respondentów produktów wzbogacanych białkiem z uwzględnieniem neofobii, innowacyjności i postaw respondentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł przedstawiono w tabeli 27.

Tabela 27. Rodzaje produktów wzbogacane białkiem spożywane przez respondentów - wyniki testu *chi*-kwadrat

Rodzaj produktu wzbogacanego	Neofobia	Innowacyjność	Postawy wobec BN
	<i>p</i>		
Batony białkowe	0,044	0,003	0,109
Ciastka wzbogacane białkiem	0,261	0,354	0,671
Produkty mleczne wzbogacane białkiem	0,135	0,134	0,032
Preparaty białkowe w proszku	0,516	0,030	0,189
Suplementy i tabletki	0,104	0,285	0,010
Produkty przekąskowe wzbogacane białkiem	0,046	0,661	0,688

Oznaczenia:BN - Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł

Źródło: badania własne.

Na podstawie opracowania statystycznego stwierdzono, że rodzaj spożywanego przez respondentów produktów wzbogacanych białkiem warunkowany był przez wszystkie 3 czynniki - poziom neofobii, innowacyjność konsumentów i ich postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł. Przeprowadzony test *chi*-kwadrat wykazał istotną zależność pomiędzy poziomem neofobii i spożyciem batonów białkowych oraz produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem - odsetek wskazań tych produktów był wyższy w segmencie osób z niskim poziomem neofobii, w porównaniu do pozostałych segmentów (tab. 27, zał. 2).

Na podstawie uzyskanych dla drugiego czynnika (innowacyjności) wartości prawdopodobieństwa testowego *p* stwierdzono, że istotnie większy odsetek wskazań

⁴³¹ Javra E., (2021), The consumption and attitudes of protein supplements among young adults in Finland, Praca licencjacka, Satakunta University of Applied Sciences, Tampere.

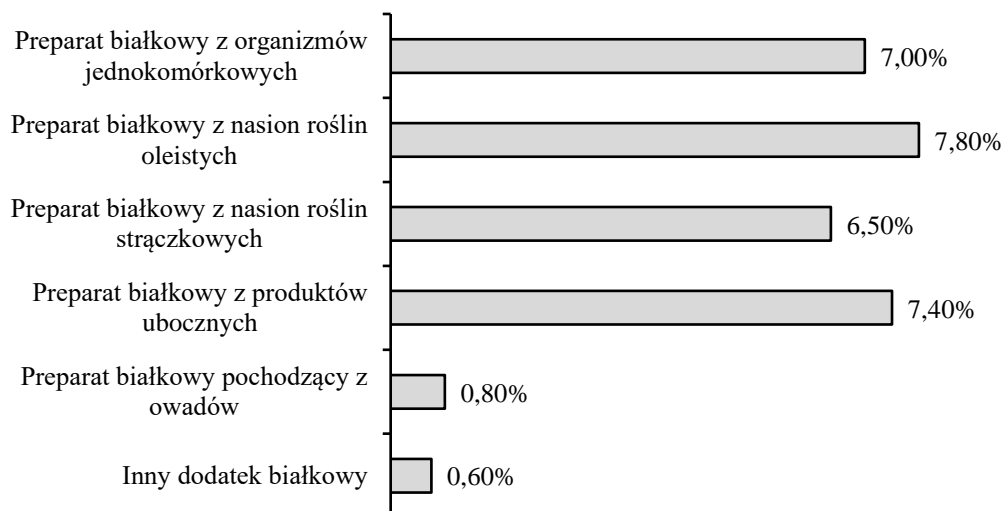
spożycia batonów białkowych i preparatów białkowych w proszku charakteryzował grupę innowatorów (tab. 27, zał. 2).

Przeprowadzony test *chi*-kwadrat wykazał, że postawy wobec białek pochodzących ze źródeł niekonwencjonalnych wpływały istotnie na spożycie produktów mlecznych wzbogaconych białkiem (niższy odsetek wskazań w grupie o postawie ambiwalentnej) i suplementów oraz tabletek białkowych (wyższy odsetek wskazań w grupie o postawie pozytywnej) (tab. 27, zał. 2).

Kolejny element ankiety stanowiły pytania dotyczące spożycia produktów wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł: „Czy spożywał Pan/ spożywała Pani produkty z dodatkiem białka z źródeł niekonwencjonalnych?” i „Z jakim rodzajem białka z źródeł niekonwencjonalnych spożywał Pan/ spożywała Pani produkty?”. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wśród osób spożywających w swojej diecie produkty wzbogacone białkiem obserwowano wysoki odsetek osób spożywających produkty z dodatkiem białka pochodzącego z źródeł niekonwencjonalnych (n=95; 48,47%).

Na rysunku 16 przedstawiono uzyskany odsetek (w całej badanej próbie) odpowiedzi na pytanie wielokrotnego wyboru: "Z jakim rodzajem białka z niekonwencjonalnych źródeł spożywał Pan/ spożywała Pani produkty?".

Na rysunku 16 przedstawiono uzyskany odsetek odpowiedzi (w całej badanej próbie) na pytanie wielokrotnego wyboru: "Z jakim rodzajem białka z niekonwencjonalnych źródeł spożywał Pan/ spożywała Pani produkty?". Stwierdzono, że najczęściej wprowadzanymi do diety produktami wzbogacanymi w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł były produkty z dodatkiem białka roślinnego pochodzącego z nasion roślin oleistych (7,80%) i produktów ubocznych (7,40%) (rys. 16). Zbliżonymi odsetkami wskazań cechowały się odpowiedzi: „z preparatem (proszkiem) białkowym z organizmów jednokomórkowych (np. białko drożdży, alg, bakterii, pleśni)" (7,00%) oraz „z preparatem (proszkiem) białkowym z nasion roślin strączkowych (np. preparat z grochu, łubinu)" (6,50%). Najmniej respondentów deklarowało spożycie produktów z dodatkiem preparatu białkowego pochodzącego z owadów (0,80%).



Rys. 16. Rodzaje spożywanego przez respondentów produktów wzbogacanych w białka z źródeł niekonwencjonalnych

Źródło: badania własne.

Ze względu na niską liczebność odpowiedzi ‘preparat białkowy pochodzący z owadów’ i ‘inny dodatek białkowy’ pominięto je w dalszej analizie. Wyniki testu *chi-kwadrat* przedstawiono w tabeli 28.

Tabela 28. Produkty spożywane przez respondentów zawierające białka z przykładowych źródeł niekonwencjonalnych - wyniki testu *chi-kwadrat*

Rodzaj produktu wzbogacanego	Neofobia	Innowacyjność	Postawy wobec BN
	<i>p</i>		
Produkt wzbogacany w preparatem białkowym z organizmów jednokomórkowych	0,261	0,345	0,350
Produkt wzbogacany preparatem białkowym z nasion roślin oleistych	0,144	0,124	0,075
Produkt wzbogacany preparatem białkowym z nasion roślin strączkowych	<0,001	<0,001	0,005
Produkt wzbogacany preparatem białkowym z produktów ubocznych	0,047	0,021	0,335

Oznaczenia:BN - Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono, że spożycie produktów z określonym rodzajem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł istotnie związane było z poziomem neofobii żywieniowej, innowacyjności i postawami wobec niekonwencjonalnych źródeł białka. Odsetek respondentów spożywających

produkty wzbogacone białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł w dwu przypadkach (rośliny strączkowe i produkty uboczne) uwarunkowany był zarówno poziomem neofobii żywieniowej, jak i innowacyjnością konsumentów ($p < 0,05$). Odsetek ten obniżał się wraz ze wzrostem poziomu neofobii i spadkiem innowacyjności (tab. 28, zał. 2).

Prezentowane przez respondentów postawy wobec niekonwencjonalnych źródeł białka determinowały wyłącznie spożycie produktów wzbogacanych preparatem białkowym z nasion roślin strączkowych - odsetek spożywających te produkty obniżał się wraz ze wzrostem natężenia negatywnej postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (tab. 28, zał. 2).

6.1.7. Zainteresowanie respondentów zakupem produktów przekąskowych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł

Kolejnym zagadnieniem poddanym analizie była ocena intencji do nabywania nowych innowacyjnych produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł. Zainteresowanie zakupem związane jest z elementem behawioralnego komponentu postawy wobec konsumpcji, a także postrzeganiem produktu i zachowaniami konsumentów^{432,433}. W ocenie Vermer i Verbeke (2006) oraz Kamal (2016) zamiar zakupu niektórych produktów żywnościowych charakteryzuje się silną korelacją z postawą wobec zakupu, nie stanowi jednak z nimi zjawiska tożsamego^{434,435}. W ocenie Halickiej (2016) na podstawie intencji zakupu określić można postawę wobec produktu⁴³⁶.

⁴³² Sinurat M., Heikal M., Simanjuntak A., Siahaan R., Iham R. N., (2021), Product Quality on Consumer Purchase Interest with Customer Satisfaction as a Variable Intervening in Black Online Store High Click Market, *Morfai Journal*, 1(1), pp. 13-21.

⁴³³ Jafaar S., Lalp P.E., Naba M.M., (2012), Consumers perceptions, attitudes and purchase intention towards private label food products in Malaysia, *Asian Journal of Business and Management Sciences*, 2, pp. 73-90.

⁴³⁴ Vermeir I., Verbeke W., (2006), Sustainable Food Consumption: Exploring the Consumer "Attitude – Behavioral Intention" Gap, *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19, pp. 169-194.

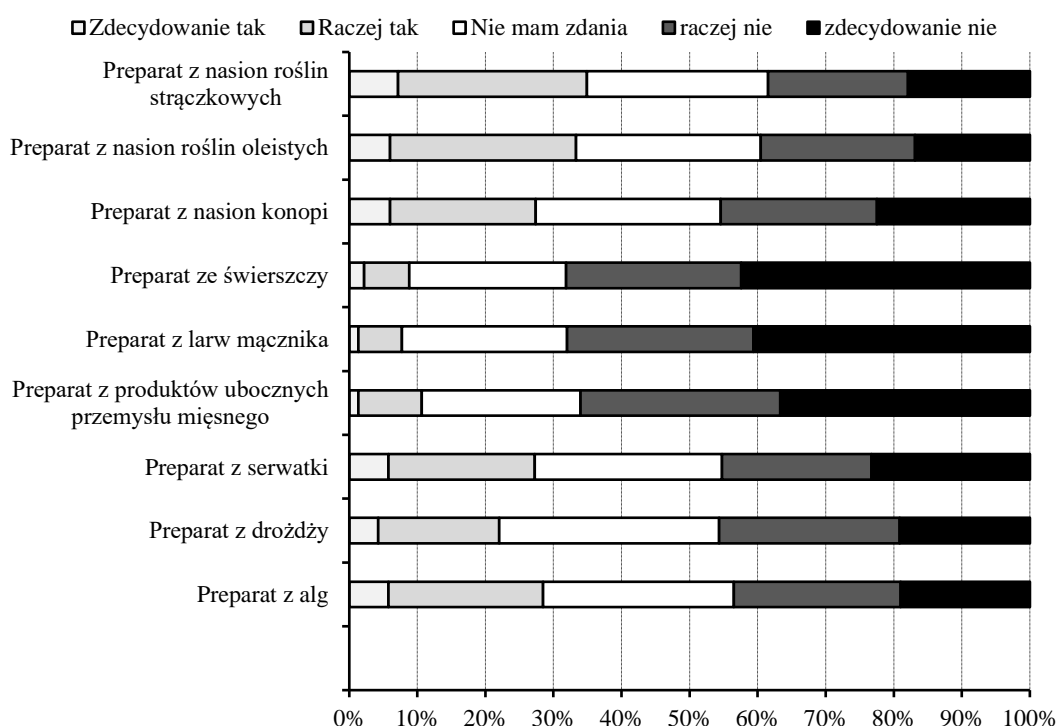
⁴³⁵ Kamal M., Sarker O.F., Pramanik S.A.K., (2016), Investigation of Market Factors That Affect Customers' Buying Attitude towards Apartment Buying: an Opportunity Analysis from Bangladesh Perspective, *International Journal of Business Administration*, 7, 3, pp. 153-165, doi:10.5430/ijba.v7n3p153.

⁴³⁶ Halicka E., (2016), Postawy i zachowania nabywczyci kobiet wobec znakowania żywności symbolami dobrowolnych certyfikatów jakości, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 115, s. 141-149, doi:10.22630/EIOGZ.2016.115.38.

Ankietowanym zadano pytanie: „Czy byłby Pan zainteresowany/ byłaby Pani zainteresowana zakupem i spożyciem chrupek (ekstrudatów) kukurydzianych z dodatkiem:?”.

Na rysunku 17 przedstawiono procentowy udział odpowiedzi dotyczących intencji zakupu ekstrudatów kukurydzianych z różnym rodzajem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.

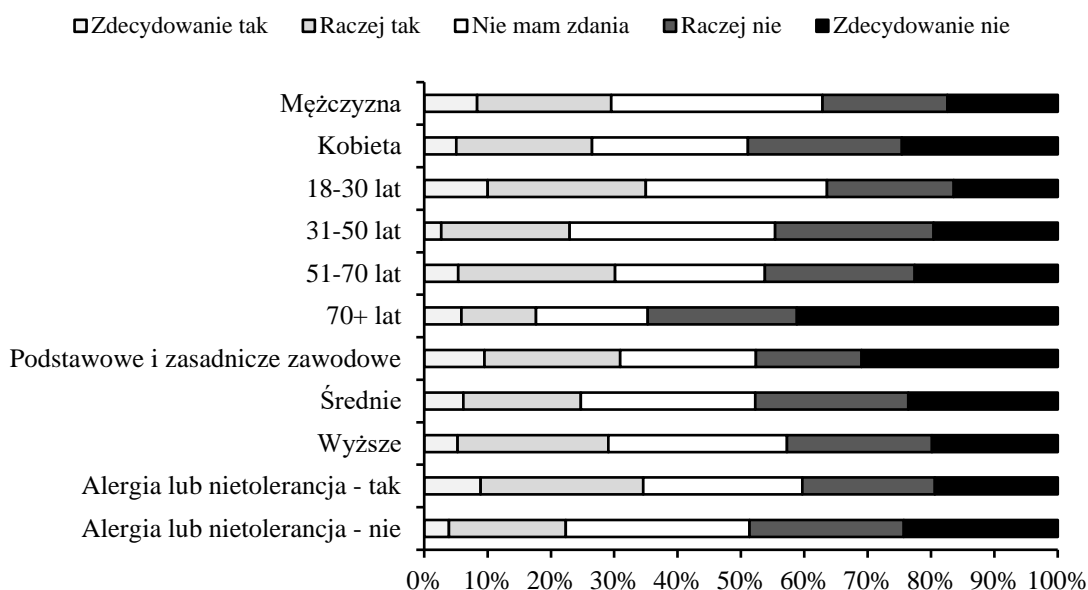
Stwierdzono, że najwyższy odsetek respondentów był zainteresowany zakupem ekstrudatów kukurydzianych wzbogaconych w białka pozyskiwane z surowców roślinnych. Najwyższymi wartościami wskazań „raczej tak” i „zdecydowanie tak” w badanej grupie charakteryzowały się produkty zawierające preparat z nasion roślin strączkowych (34,90%) oraz nasion roślin oleistych (33,33%) (z wyłączeniem konopi) (rys. 17). Ocena deklarowanej chęci zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogaconych w białka konopne wykazała, że produktem tym zainteresowana była ponad 1/4 respondentów (27,39%).



Rys. 17. Intencja zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogaconych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł (preparaty)

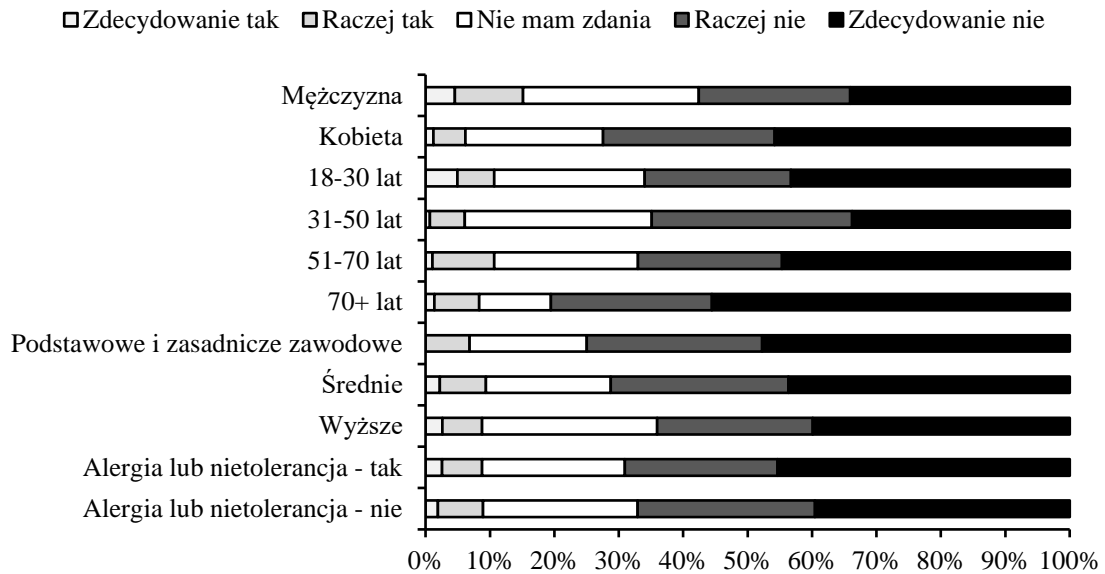
Źródło: badania własne.

Na rysunku 18 przedstawiono poziom zainteresowania zakupem ekstrudatu kukurydzianego z dodatkiem preparatu białka konopnego poszczególnych grup respondentów. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że grupy respondentów o wyższych odsetkach osób zainteresowanych zakupem ekstrudatów wzbogacanych w białko konopne stanowiły osoby w wieku od 18-30 lat (35,00%), osoby o wykształceniu podstawowym (30,95%) oraz osoby deklarujące alergie lub nietolerancje pokarmowe (34,55%) (rys. 18).



Rys. 18. Intencja zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w preparat białkowy z nasion konopi
Źródło: badania własne.

W grupie produktów z dodatkiem białka owadów obserwowano największą liczbę wskazań dla odpowiedzi 'raczej nie' lub 'zdecydowanie nie'. Większa skłonność do zakupu produktu przez respondentów obserwowana była dla produktu z dodatkiem proszku ze świerszcza (8,79% wskazań "raczej tak" lub "zdecydowanie tak") (rys. 19). Analiza wyników stopnia intencji do zakupu produktu z dodatkiem preparatu ze świerszcza z uwzględnieniem czynników socjo-demograficznych (płeć, wiek, wykształcenie, alergia lub nietolerancja pokarmowa) wykazała, że produktem z dodatkiem preparatu ze świerszcza w większym stopniu zainteresowani byli mężczyźni (15,15%). Wyższy odsetek odpowiedzi „raczej tak” i „zdecydowanie tak” obserwowano również w grupie respondentów w wieku 18-30 lat (10,64%) (rys. 19).



Rys. 19. Intencja do zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury stwierdzono, że uzyskane wyniki były zgodne z wynikami Grasso i in. (2019) dotyczącymi akceptacji białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł w grupie seniorów. W badaniach tego zespołu najwyższą akceptowalnością charakteryzowały się produkty wzbogacane w białko roślinne oraz białko pochodzące z przemysłu mleczarskiego. Natomiast niższe wartości akceptowalności obserwowano dla białka pochodzącego z organizmów jednokomórkowych i dla białka produkowanego z owadów. Podobne wyniki uzyskał zespół Faber i in. (2022)⁴³⁷. Badaną przez ten zespół grupę Europejczyków cechowało największe zainteresowanie niekonwencjonalnymi źródłami białka pochodzenia roślinnego (zwłaszcza roślin strączkowych) i najniższe zainteresowanie białkiem owadów i mięsem *in vitro*. Podobnie jak w przypadku pozostałych pytań, skłonność respondentów do zakupu produktów z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł przeanalizowano z uwzględnieniem 3 czynników różnicujących: poziomu neofobii, innowacyjności konsumentów i ich postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł. W tabeli 29 przedstawiono wyniki

⁴³⁷ Faber I., Henn K., Brugarolas M., Perez-Cueto F.J.A., (2022), Relevant characteristics of food products based on alternative proteins according to European consumers, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, pp. 5034-5043, doi:10.1002/jsfa.11178.

chi-kwadrat dla pytania "Czy byłby Pan zainteresowany/ byłaby Pani zainteresowana zakupem chrupek (ekstrudatów) kukurydzianych z dodatkiem:

Tabela 29. Intencja zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł - wyniki testu *chi*-kwadrat

Produkt ekstrudowany (chrupek kukurydziany) z dodatkiem	Neofobia	Innowacyjność	Postawy wobec BN
	<i>p</i>		
Preparatu z nasion roślin strączkowych	<0,001	<0,001	0,006
Preparatu z nasion roślin oleistych	0,043	0,046	0,030
Preparatu z nasion konopi	0,050	<0,001	<0,001
Preparatu ze świerszczy	0,024	0,001	0,021
Preparatu z larw mącznika	0,028	0,092	0,068
Preparatu z produktów ubocznych przemysłu mięsnego	0,007	0,156	0,086
Preparatu z serwatki	0,102	0,003	0,200
Preparatu z drożdży	0,047	0,186	0,020
Preparatu z alg	<0,001	<0,001	<0,001

Oznaczenia: BN - Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono, że zainteresowanie zakupem ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł istotnie związane było z poziomem neofobii żywieniowej, innowacyjności i postaw wobec niekonwencjonalnych źródeł białka (tab. 29).

Na podstawie uzyskanych wartości prawdopodobieństwa testowego *p* dla pierwszego czynnika (poziomu neofobii) stwierdzono, że zainteresowanie produktami wzbogacanymi białkami pochodzącymi z niekonwencjonalnych źródeł było mniejsze wśród konsumentów prezentujących postawę neofobiczną. Odsetek osób zainteresowanych zakupem („zdecydowanie tak” i „raczej tak”) produktów z dodatkiem preparatu z alg, drożdży, nasion roślin oleistych, nasion roślin strączkowych, nasion konopi obniżał się wraz ze wzrostem poziomu neofobii. Wśród osób o wysokim poziomie neofobii obserwowano także wyższy odsetek osób niezainteresowanych ("raczej nie" i "zdecydowanie nie") zakupem ekstrudatów z dodatkiem preparatu z larw mącznika i proszku ze świerszczy. Analizowany czynnik charakteryzował się również wpływem na ilość osób niezainteresowanych zakupem ("raczej nie") ekstrudatów z dodatkiem produktów ubocznych z przemysłu mięsnego (wzrost wraz ze wzrostem poziomu neofobii) (tab. 29, zał. 2).

Analiza wpływu drugiego czynnika – innowacyjności respondentów wykazała, że wraz z obniżeniem poziomu innowacyjności zmniejszała się ilość respondentów

zainteresowanych zakupem („zdecydowanie tak” i „raczej tak”) produktów z dodatkiem preparatu z alg, nasion konopi i świerszczy. W segmencie maruderów obserwowano niższy, w porównaniu z pozostałymi segmentami, odsetek osób zainteresowanych zakupem („raczej tak”) ekstrudatów z dodatkiem preparatu z nasion roślin oleistych, nasion roślin strączkowych i serwatki (tab. 29, zał. 2).

Na podstawie przeprowadzonego testu *chi*-kwadrat zaobserwowano ponadto wpływ trzeciego czynnika – postaw wobec białek pochodzących ze źródeł niekonwencjonalnych na zainteresowanie zakupem większości chrupek wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł. W segmencie osób prezentujących pozytywną postawę wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł obserwowano wyższy odsetek osób zainteresowanych zakupem („zdecydowanie tak” i „raczej tak”) produktów z dodatkiem preparatu z alg, drożdży, nasion roślin oleistych, nasion roślin strączkowych. Osoby o negatywnej postawie charakteryzowało mniejsze zainteresowanie (wyższy odsetek „zdecydowanie nie” i „raczej nie”) produktami z dodatkiem proszku ze świerszcza (tab. 29, zał. 2).

Ostatnim elementem analizy statystycznej wyników badania ankietowego była analiza korelacji pomiędzy skłonnością do zakupu ekstrudatów kukurydzianych z dodatkami wzbogacającymi, a stopniem lubienia i częstością spożycia ekstrudatów kukurydzianych bez dodatków oraz ekstrudatów kukurydzianych słodkich i wytrawnych (tab. 30). Do oceny współzależności zastosowano test korelacji rang Spearmana. Wartości współczynnika *r* przedstawiono w tabeli 30.

Tabela 30. Współzależności pomiędzy stopniem intencji do zakupu chrupek kukurydzianych z określonym dodatkiem a stopniem „lubienia” oraz częstością spożywania określonego rodzaju chrupek kukurydzianych (wartości współczynnika korelacji Spearmana)

Produkt ekstrudowany (chrupki kukurydziane) z dodatkiem:	Stopień lubienia			Częstość spożywania		
	Chrupki kukurydziane bez dodatków	Chrupki kukurydziane słodkie	Chrupki kukurydziane wytrawne - słone	Chrupki kukurydziane bez dodatków	Chrupki kukurydziane słodkie	Chrupki kukurydziane wytrawne - słone
Preparatu z nasion roślin strączkowych	0,132*	0,068	0,105	0,125*	0,081	0,205*
Preparatu z nasion roślin oleistych	0,115*	0,076	0,087	0,121*	0,041	0,205*
Preparatu z nasion konopi	0,136*	0,081	0,099	0,101*	0,041	0,235*
Preparatu ze świerszczy	-0,007	0,021	-0,027	0,093	0,118*	0,169
Preparatu z larw mącznika	-0,029	0,011	-0,003	0,127*	0,155*	0,183*
Preparatu z produktów ubocznych przemysłu mięsnego	0,018	0,008	0,095	0,206*	0,143*	0,241*
Preparatu z serwatki	0,109*	0,075	0,091	0,074	0,052	0,202*
Preparatu z alg	0,175*	0,084	0,075	0,126*	0,087	0,163*
Preparatu z drożdży	0,123*	0,091	0,076	0,104*	0,118*	0,233*

Symbol * oznacza istotną statystycznie wartość współczynnika ($p < 0,05$) / Źródło: badania własne.

Wartości wszystkich istotnych statystycznie współczynników były dodatnie, tym samym na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że zainteresowanie zakupem chrupek z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł wzrastało wraz ze wzrostem stopnia lubienia lub wraz ze wzrostem częstości spożywania określonego rodzaju ekstrudatu kukurydzianego.

Na podstawie uzyskanych wartości współczynnika r stwierdzono, że pomiędzy zmiennymi obserwowano co najwyżej słabe korelacje. Zainteresowanie zakupem ekstrudatów wzbogacanych w surowce roślinne (chrupki z dodatkiem preparatu z nasion roślin strączkowych, nasion roślin oleistych i nasion konopi) skorelowane było ze stopniem lubienia i częstością spożycia chrupek kukurydzianych bez dodatków. W grupie tej obserwowano ponadto jedno z najwyższych, istotnych korelacji pomiędzy zainteresowaniem zakupem chrupek z dodatkami roślinnymi, a częstością spożycia chrupek kukurydzianych wytrawnych ($r=0,205 \div 0,235$) (tab. 30).

Wśród produktów z dodatkiem białka pochodzącego z owadów obserwowano zależności pomiędzy częstością spożycia wszystkich rodzajów chrupek kukurydzianych a skłonnością do zakupu produktów z dodatkiem preparatu z mącznika. Skłonność do zakupu produktu z dodatkiem proszku ze świerszczy była skorelowana wyłącznie z częstością spożycia chrupek kukurydzianych słodkich (tab. 30) ($r=0,118$).

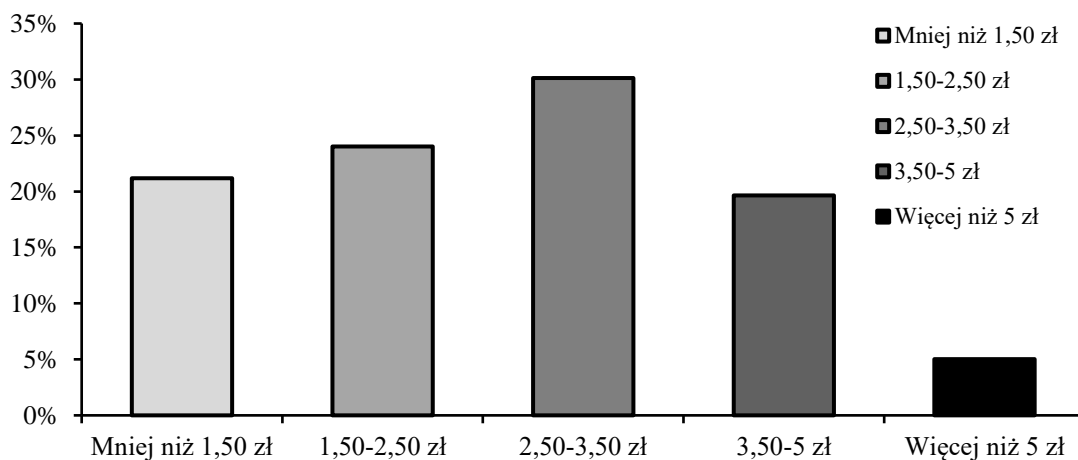
Wśród ekstrudatów z dodatkiem produktów ubocznych wyższymi wartościami współczynnika korelacji charakteryzowały się chrupki z dodatkiem preparatu z produktów ubocznych przemysłu mięsnego. Istotne statystycznie korelacje obserwowano wyłącznie pomiędzy skłonnością do zakupu tego produktu, a częstością spożycia ekstrudatów kukurydzianych (wszystkich rodzajów). Deklarowaną chęć zakupu produktu z dodatkiem białka serwatkowego cechowała współzależność z oceną hedoniczną produktu bez dodatków i częstością spożycia chrupiek wytrawnych (tab. 30).

Ostatnią grupę charakteryzowanych wyrobów stanowiły produkty z dodatkiem białka pochodzącego z organizmów jednokomórkowych. Zainteresowanie ich zakupem skorelowane było ze stopniem lubienia i częstością spożycia ekstrudatów bez dodatków i częstością spożycia chrupiek wytrawnych. Pomiedzy skłonnością do spożycia produktu z dodatkiem białka drożdży obserwowano istotną statystycznie korelację z częstością spożycia chrupiek słodkich (tab. 30).

Postawy konsumentów dotyczące produktów ekstrudowanych wzbogaconych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł oceniono również poprzez udzielenie przez respondentów odpowiedzi na pytanie: „Czy podałyby Pan/podałyby Pani dziecku w wieku 1-6 lat, któryś z zaproponowanych w pytaniu 11 produktów?”. Wśród odpowiadających posiadających dzieci w wieku do lat 6 tylko 7,1% (n=35) zdecydowałoby się na podanie dziecku produktu wzbogacanego w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł. Większość tej grupy zadeklarowała chęć wprowadzenia do diety dziecka produktów z dodatkiem białek pochodzenia roślinnego, serwatki lub białka pochodzącego z przetworzenia organizmów jednokomórkowych.

Ostatnie pytanie kwestionariusza ankiety dotyczyło ceny, jaką konsumenci byliby skłonni zapłacić za 100 g ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w białka z niekonwencjonalnych źródeł. Na podstawie uzyskanych odpowiedzi stwierdzono, że większość respondentów skłonna była zapłacić wyższą cenę w stosunku do ceny rynkowej produktów ekstrudowanych bez dodatków (rys. 20).

Jaką kwotę byłby Pan/ byłaby Pani w stanie wydać na 100 - gramowe opakowanie chrupiek z 1-4% dodatkiem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł?



Rys. 20. Deklarowana cena zakupu wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych

Źródło: badania własne.

Największy odsetek respondentów podejmując decyzję o zakupie ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł byłby skłonny wydać od 2,50 do 3,50 zł (30,13%). Ok. 1/4 respondentów (24,02%) akceptowalną była cena od 2,50 do 3,50 zł, a dla ok. 1/5 respondentów (21,18%) cena nieznacznie niższa: 1,50 - 2,50 zł.

Wnioski etapowe – etap I

1. Na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego stwierdzono, że czynniki różnicujące, takie jak poziom neofobii, innowacyjność respondentów oraz ich postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł determinowały postawy i zachowania konsumentów wobec produktów przekąskowych i produktów wzbogacanych.
2. Większość badanej grupy respondentów stanowiły osoby o średnim poziomie neofobii i postawie ambiwalentnej wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.
3. Najwyższą ocenę hedoniczną uzyskały chipsy ziemniaczane, orzeszki ziemne paluszki oraz suszone owoce, orzechy i ich mieszanki. Wśród preferowanych produktów ekstrudowanych konsumenci najczęściej wskazywali produkty bez dodatków.

4. Większość respondentów spożywała określone rodzaje produktów przekąskowych średnio od jednego do kilku razy w miesiącu, a najważniejszymi okolicznościami spożycia produktów przekąskowych były rozrywki i spotkania towarzyskie.
5. Za najważniejszą determinantę wyboru produktów przekąskowych uznano smak produktu, a ważność tej cechy dla respondentów nie była determinowana przez czynniki różnicujące.
6. W badanej grupie respondentów ponad 40% osób spożywała produkty wzbogacane, z czego prawie połowa deklarowała spożycie produktów wzbogacanych w białka z niekonwencjonalnych źródeł.
7. Oceniając postawę respondentów wobec produktów wzbogacanych w białka pochodzące z źródeł niekonwencjonalnych (na podstawie ich intencji zakupu oraz skłonności do podania produktu dzieciom) stwierdzono, że większy odsetek respondentów o postawie pozytywnej obserwowano w grupie produktów wzbogacanych w białka pochodzenia roślinnego, a mniejszy w grupie produktów wzbogacanych w białka owadów.
8. Grupę osób najbardziej zainteresowanych ekstrudatami z dodatkiem preparatu z konopi były osoby w wieku od 18-30 lat, osoby o wykształceniu podstawowym oraz osoby deklarujące alergie lub nietolerancje pokarmowe. Zainteresowanie tym produktem było największe wśród neofilów (postawa wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł).
9. Grupę osób najbardziej zainteresowanych ekstrudatami z dodatkiem preparatu ze świerszczy byli mężczyźni i osoby w wieku od 18-30 lat. Intencja zakupu tego produktu warunkowana była przez poziom neofobii żywieniowej.

Weryfikacja hipotez:

Hipotezy cząstkowe **H 1.1.** i **H 1.2.** zostały zweryfikowane pozytywnie.

H 1.1. Konsumenci wykazują postawy neofobiczne wobec produktów wzbogacanych białkiem pozyskanym ze świerszczy domowych (*A. domesticus*).

H 1.2. Innowacyjne produkty przekąskowe z dodatkiem białka pochodzenia roślinnego charakteryzują się wyższą akceptowalnością.

Pozwoliło to na pozytywną weryfikację hipotezy **H 1.**

H 1. Postawy konsumentów wobec różnych wyrobów wzbogacanych zależą od rodzaju zastosowanego białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł.

6.2. Omówienie wyników badań etapu II – surowce

6.2.1. Wartość odżywcza surowców

Podstawowymi surowcami wykorzystanymi w procesie produkcji wzbogacanych produktów przekąskowych była kaszka kukurydziana (KK), białko konopne (K) oraz proszek ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (S). Wartość odżywcza surowców wykorzystanych do procesu ekstruzji przedstawiono w tabeli 31.

Tabela 31. Wartość odżywcza surowce wykorzystanych do procesu ekstruzji

Składnik	Kaszka kukurydziana (KK)	Białko konopne (K)	Proszek ze świerszczy domowych
Wartość energetyczna (kJ/kcal/100 g)	1427/352	1590/380	1675/400
Tłuszcz (g/100 g)	3,00	11,00	0,50
W tym kwasy tłuszczowe nasycone (g/100 g)	-	1,30	0,00
Węglowodany (g/100 g)	78,90	23,00	1,00
W tym cukry (g/100 g)	-	5,30	0,00
Błonnik pokarmowy		2,3	2,00
Białko (g/100 g)	8,90	46,00	80,00

Źródło: zestawienie własne na podstawie informacji producenta zawartych na opakowaniu jednostkowym.

Na podstawie przeprowadzonej oceny wartości odżywczej surowców stwierdzono, że najwyższą wartością energetyczną charakteryzował się proszek ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) (1675 kJ), co prawdopodobnie było związane z najwyższą zawartością białka w tym surowcu (80 g/100 g) (tab. 31). Porównując zawartość białka w ocenianym surowcu, z wynikami uzyskanymi w badaniach Igual i in. (2021) i Vlahowa-Vangelowa i in. (2021) stwierdzono, że zawartość białka w analizowanym proszku ze świerszcza była wyższa niż deklarowana przez innych autorów (50,30-60,00%)^{438,439}.

Surowcem o zbliżonej do proszku ze świerszcza wartości energetycznej było białko konopne (1590 kJ). Na uzyskaną wartość omawianego parametru mogły mieć wpływ wyższa niż w przypadku proszku ze świerszcza zawartość tłuszczu (11 g/100 g), węglowodanów (23 g/100 g) oraz o około połowę niższa zawartość białka. Podobną wartość odżywcza preparatu białka konopnego stwierdziła Racolta i in. (2011),

⁴³⁸ Igual M., Chiş M.S., Păucean A., Vodnar D.C., Ranga F., Mihăiescu T., Török A.I., Fărcas A., Martínez-Monzó J., Segovia P.G., (2021), Effect on Nutritional and Functional Characteristics by Encapsulating *Rose canina* Powder in Enriched Corn Extrudates, *Foods*, 10, 10, pp. 1-23, doi:10.3390/foods10102401.

⁴³⁹ Vlahowa-Vangelowa D.B., Balev D.K.; Kolev N.D., Gradinarska D.N., Dragoev G., (2021), Cricket Powder (*Acheta domestica*) as Food Additive for Processing of Dry-fermented Poultry Bars, 22(4), pp. 453-461.

wykazując w zastosowanym do wzbogacania surowcu zbliżoną zawartość białka (50,00%), węglowodanów (26,00%) oraz tłuszczu (12,00%)⁴⁴⁰. Natomiast znacząco niższe wyniki zawartości białka wahające się w zakresie (32,21÷34,5%) cechowały prace dotyczące zastosowania wytlóków konopnych prowadzonych przez Joznovic i in. (2017) i Racodai i in. (2014)^{441,442}.

Najniższą wartością energetyczną (1427 kJ) w grupie ocenianych surowców charakteryzowała się kaszka kukurydziana, wykazując zawartość białka na poziomie 8,90% oraz węglowodanów w ilości 78,90% (tab. 31). Wartość odżywcza kaszki kukurydzianej deklarowana przez producenta na opakowaniu była zbliżona do wartości deklarowanych w badaniach Pęksy i in. (2015) i zespołu Nascimento (2012). Wykorzystana w badaniach wymienionych autorów kaszka kukurydziana charakteryzowała się zawartością węglowodanów na poziomie 75,2÷77,9%, tłuszczu 0,70÷1,61% oraz białka od 9,17 do 9,20%^{443,444,445}.

⁴⁴⁰ Racolta E., Mureşan C., Mureşan V., Ticrea L., (2011), Sunflower Halva with Addition of Hemp Protein Powder I. Determination of Protein Content, *Bulletin UASVM Agriculture*, 68(2), pp. 400-403.

⁴⁴¹ Jozinović A., Ačkar Đ., Jokić S., Babić J., Panak Balentić J., Banožić M., Šubarić D., (2017), Optimisation of Extrusion Variables for the Production of Corn Snack Products Enriched with Defatted Hemp Cake, *Czech Journal of Food Sciences*, 35(6), pp. 507-516, doi:10.17221/83/2017-CJFS.

⁴⁴² Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers, *Journal of Food Science*, 79(3), 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.

⁴⁴³ do Nascimento E.M.G.C., Carvalho C.W.P., Takeiti C.T., Freitas D.G.C., Ascheri J.L.R., (2012), Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates, *Food Research International*, 45, pp. 434-443, doi:10.1016/j.foodres.2011.11.009.

⁴⁴⁴ Pęksa A., Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Danilcenko H., Jarenie E., Figiel A., Lech K., Miedzianka J., Drożdż W., (2015), Wpływ surowca i parametrów procesu na cechy sensoryczne i fizyczne ekstrudowanych przekąsek, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(100), s. 176-189, doi:10.15193/zntj/2015/100/049.

⁴⁴⁵ Igual M., Chiş M.S., Păucean A., Vodnar D.C., Ranga F., Mihăiescu T., Török A.I., Fărcas A., Martínez-Monzó J., Segovia P.G., (2021), Effect on Nutritional and Functional Characteristics by Encapsulating *Rose canina* Powder in Enriched Corn Extrudates, *Foods*, 10, 10, pp. 1-23, doi:10.3390/foods10102401.

6.2.2. Charakterystyka barwy surowca

Barwa surowca jest jego podstawowym wyróżnikiem jakości i stanowi m.in. wskaźnik jego świeżości. Podstawowym systemem wykorzystywanym do pomiaru barwy surowca jest model CIE Lab, który umożliwia ocenę barwy przy pomocy trzech parametrów: L*, a* i b*. Uzyskane wyniki pomiaru parametrów barwy przedstawiono w tabeli 32.

Tabela 32. Barwa surowców wykorzystanych do procesu ekstruzji

Parametry	Kaszka kukurydziana (KK)	Białko konopne (K)	Proszek ze świeższcza domowego (S)	Test F
	Parametr L*			<i>p</i>
Średnia	73,29 ^c	48,45 ^a	63,30 ^b	0,000
SD	0,15	0,10	0,21	
Min-max	73,06÷73,48	48,25÷48,52	62,80÷63,52	
Mediana	73,29	48,49	63,33	
	Parametr a*			<i>p</i>
Średnia	1,55 ^b	0,91 ^a	2,32 ^c	0,000
SD	0,09	0,02	0,02	
Min-max	1,44÷1,68	0,89÷0,95	2,30÷2,35	
Mediana	1,52	0,90	2,31	
	Parametr b*			<i>p</i>
Średnia	42,53 ^b	12,05 ^a	13,73 ^a	0,000
SD	0,11	0,08	0,05	
Min-max	42,39÷42,64	11,91÷12,12	13,66÷13,79	
Mediana	42,54	12,08	13,74	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Źródło: badania własne.

Przeprowadzona identyfikacja parametrów barwy surowców pozwoliła stwierdzić, że główny składnik wyrobów przekąskowych – kaszka kukurydziana – charakteryzowała się najwyższą wartością parametru L* (73,29) oraz parametru b* (42,53), określającego udział barwy żółtej (tab. 32). Odwołując się do literatury przedmiotu stwierdzono, że uzyskane dla badanej kaszki wartości parametrów barwy były niższe w porównaniu do badań Tańskiej i in. (2017), Ačkar i in. (2018) i Igual i in. (2021). Przypuszczać można, że różnice determinowane były prawdopodobnie zawartością wody kaszki kukurydzianej 446,447,448.

⁴⁴⁶ Tańska M., Konopka I., Ruszkowska M., (2017), Sensory ..., *op.cit.*, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

⁴⁴⁷ Ačkar D., Jozinović A., Babić J., Miličević B., Balentić J. P., Šubarić D., (2018), Resolving the problem of poor expansion in corn extrudates enriched with food industry by-products, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, pp. 517-524, doi:10.1016/j.ifset.2018.05.004.

⁴⁴⁸ Igual M., Chiş M.S., Păucean A., Vodnar D.C., Ranga F., Mihăiescu T., Török A.I., Fărcas A., Martínez-Monzó J., Segovia P.G., (2021), Effect*op.cit.*, pp. 1-23, doi:10.3390/foods10102401.

Na podstawie przeprowadzonej oceny parametrów barwy stwierdzono, że zarówno białko konopne (K), jak i proszek ze świerszcza domowego (S) charakteryzowały się statystycznie istotnie niższymi wartościami parametru L*. W grupie ocenianych białkowych surowców wzbogacających, białko konopne charakteryzowało się ciemniejszą barwą, uzyskując wartość parametru L* na poziomie 48,45 (tab. 32). Parametr a* kształtował się na najniższym poziomie w białku konopnym (K) (0,91), a na najwyższym – w proszku ze świerszczy (S) (2,32). Ocena parametru b* w surowcach białkowych wykazała zbliżone wartości parametru (12,05÷13,73). Uzyskane wartości parametrów charakteryzujących barwę surowców różniły się od danych dostępnych w literaturze przedmiotu. W przypadku białka konopnego (*C. sativa*) uzyskane wyniki były wyższe w porównaniu z badaniami Wiedemair i in. (L*=55,2÷73,0; a*=3,1÷9,4; b*=12,7÷25,2)⁴⁴⁹. Natomiast proszek ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) w badaniach Singh (2020) wykazywał niższe wartości jasności (47,8÷52,3), parametru b* (8,38÷11,2) i wyższe wartości parametru a* (3,73÷4,28)⁴⁵⁰.

Na podstawie parametrycznego testu F Fishera-Snedecora stwierdzono, że badane surowce różniły się istotnie pod względem poziomu ocenianych parametrów barwy – przy poziomie istotności 0,05 ($p < 0,05$). Test najmniejszej istotnej różnicy (NIR) wykazał istnienie statystycznie istotnych różnic pomiędzy wszystkimi badanymi próbkami pod względem parametrów L* i a* (tab. 32).

6.2.3. Zawartość i aktywność wody w surowcu

Zawartość i aktywność wody stanowią istotne parametry charakteryzujące produkty spożywcze, pozwalają bowiem na określenie szybkości przebiegu reakcji chemicznych, fizycznych oraz biochemicznych, a co za tym idzie szybkość psucia surowców, półproduktów oraz produktów⁴⁵¹. W tabeli 33 przedstawiono zawartość wody w surowcach wykorzystywanych do produkcji wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych.

⁴⁴⁹ Wiedemair V., Gruber K., Knöpfle N., Bach K. E., (2022), Technological Changes in Wheat-Based Breads Enriched with Hemp Seed Press Cakes and Hemp Seed Grit, *molecules*, 27(6), 1840, pp. 1-16, doi:3390/molecules27061840.

⁴⁵⁰ Singh Y., Cullere M., Kovitadhi A., Chundang P., Dalle Zotte A., (2020), Effect of different killing methods on physicochemical traits, nutritional characteristics, *in vitro* human digestibility and oxidative stability during storage of the house cricket (*Acheta domesticus* L.), *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 65, pp. 1-12, doi:10.1016/j.ifset.2020.102444.

⁴⁵¹ Ruszkowska M., Wiśniewska A., (2017), Ocena wybranych ..., *op.cit.*, s. 103-113.

Tabela 33. Zawartość wody w surowcu

	Kaszka kukurydziana (KK)	Białko konopne (K)	Proszek ze świerszczy domowych (S)	Test F [p]
Zawartość wody surowcach (g/100 g. s.m.)				
Średnia	14,04 ^c	9,01 ^b	4,29 ^a	0,000
SD	0,06	0,04	0,05	
Min÷max	13,98÷14,10	8,98÷9,05	4,25÷4,34	
Mediana	14,03	9,00	4,29	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Źródło: badania własne.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono statystycznie istotne różnice w początkowej zawartości wody w ocenianych surowcach (KK, S, K).

Najwyższą średnią zawartością wody charakteryzowała się kaszka kukurydziana (14,04 g/100 g s. m.) (tab. 33). Porównując uzyskaną zawartość wody w kaszce kukurydzianej z wynikami innych autorów stwierdzono, że otrzymana wartość była na zbliżonym poziomie jak w badaniach Pęksy i in. (2015), Jozinoć i in. (2017), Ackar i in. (2018) i Igual i in. (2021) (13,60÷14,75%)^{452,453,454,455}. Natomiast zespół Tańskiej i in. (2017) uzyskał niższą zawartość wody w kaszce kukurydzianej (11,0÷11,6%) w porównaniu ze stosowaną w niniejszych badaniach kaszką kukurydzianą (KK)⁴⁵⁶.

Najniższą zawartością wody ww. grupie ocenianych surowców cechował się proszek ze świerszczy (4,29 g/100 g s.m.). Jednocześnie otrzymane wartości były ponad dwukrotnie niższe, w porównaniu do proszku ze świerszcza stanowiącego surowiec wykorzystany w badaniach Osimani (2018) (9,40%)⁴⁵⁷.

⁴⁵² Pęksa A., Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Danilcenko H., Jarenie E., Figiel A., Lech K., Miedzianka J., Drożdż W., (2015), Wpływ surowca i parametrów procesu na cechy sensoryczne i fizyczne ekstrudowanych przekąsek, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 3(100), s. 176-189, doi:10.15193/zntj/2015/100/049.

⁴⁵³ Jozinoć A., Ackar D., Jokić S., Babić J., Panak Balentić J., Banožić M., Šubarić D., (2017), Optimisation of Extrusion Variables for the Production of Corn Snack Products Enriched with Defatted Hemp Cake, Czech Journal of Food Sciences, 35(6), pp. 507-516, doi:10.17221/83/2017-CJFS.

⁴⁵⁴ Ackar D., Jozinoć A., Babić J., Miličević B., Balentić J. P., Šubarić D., (2018), Resolving the problem of poor expansion in corn extrudates enriched with food industry by-products, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 47, 517-524, doi:10.1016/j.ifset.2018.05.004.

⁴⁵⁵ Igual M., Chiş M.S., Păucean A., Vodnar D.C., Ranga F., Mihăiescu T., Török A.I., Fărcas A., Martínez-Monzó J., Segovia P.G., (2021), Effect ..., *op.cit.*, pp. 1-23, doi:10.3390/foods10102401.

⁴⁵⁶ Tańska M., Konopka I., Ruzkowska M., (2017), Sensory ..., *op.cit.*, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

⁴⁵⁷ Osimani A., Milanović V., Cardinali F., Roncolini A., Garofalo C., Clementi F., Pasquini M., Mozzon M., Foligni R., Raffaelli N., Zamporlini F., Aquilanti L., (2018), Bread enriched with cricket powder (*Acheta domestica*): A technological, microbiological and nutritional evaluation, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 48, pp. 150-163, doi:10.1016/j.ifset.2018.06.007.

Średnia zawartość wody w badanym białku konopnym wyniosła 9,01 g/100 g s. m (tab. 33), przekraczając wyniki uzyskane przez Norajit i in. (2011), Radocai i in. (2014) i Joznović i in. (2017), w których białko konopne cechowało się zawartością wody na poziomie 5,4÷8,9%^{458,459,460}.

Na podstawie uzyskanych wyników badań przypuszczać można, że różnice w początkowej zawartości wody we wszystkich ocenianych surowcach związane były prawdopodobnie z rodzajem surowca, stopniem jego przetworzenia i zastosowanymi parametrami technologicznymi.

Kolejnym parametrem charakteryzującym jakość surowców wykorzystywanych do wytworzenia wzbogacanych produktów ekstrudowanych była aktywność wody, stanowiąca wskaźnik trwałości produktów żywnościowych niezależny wprost proporcjonalnie od zawartości wody całkowitej (tab. 34).⁴⁶¹.

⁴⁵⁸ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food Chemistry*, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁴⁵⁹ Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers, *Journal of Food Science*, 79(3), 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.

⁴⁶⁰ Jozinović A., Ačkar Đ., Jokić S., Babić J., Panak Balentić J., Banožić M., Šubarić D., (2017), Optimisation of Extrusion Variables for the Production of Corn Snack Products Enriched with Defatted Hemp Cake, *Czech Journal of Food Sciences*, 35(6), pp. 507-516, doi:10.17221/83/2017-CJFS.

⁴⁶¹ Dec D., (2011), Aktywność wody w otrębach i śrutach zbożowych, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, s. 46-49.

Tabela 34. Aktywność wody surowców

	Kaszka kukurydziana (KK)	Białko konopne (K)	Proszek ze świerszczy domowych (S)	Test F [p]
	Aktywność wody (-)			
Średnia	0,6724 ^c	0,5555 ^b	0,2557 ^a	0,000
SD	0,010	0,006	0,006	
Min-max	0,6533÷0,6872	0,5473÷0,5646	0,2481÷0,2645	
Mediana	0,6741	0,5546	0,2549	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono statystycznie istotne różnice w aktywności wody pomiędzy wszystkimi surowcami. Najniższą aktywnością wody charakteryzował się proszek ze świerszcza (0,2557) i białko konopne (0,5555) (tab. 34). Natomiast kaszka kukurydziana charakteryzowała się najwyższą wartością aktywności wody przyjmując wartość aktywności wody na poziomie $a_w=0,6724$. Tym samym na podstawie uzyskanego parametru aktywności wody (a_w) stwierdzono, że otrzymane wartości aktywności wody nie gwarantowały stabilności mikrobiologicznej ocenianej kaszki kukurydzianej (KK).

6.2.4. Właściwości sorpcyjne surowca – izoterma sorpcji

W przypadku higroskopijnych produktów spożywczych oraz surowców wykorzystywanych do ich produkcji prognozowanie niekorzystnych przemian o charakterze mikrobiologicznym, fizycznymi lub chemicznym umożliwia znajomość stopnia dostępności wody. Przykładem narzędzia wykorzystywanego w tym celu są izotermy sorpcji, przedstawiające w stałej temperaturze i przy stałym ciśnieniu całkowitym zależność pomiędzy ilością zaadsorbowanej wody i jej aktywnością^{462,463,464,465}. Izoterma sorpcji tym samym pozwala na określenie migracji

⁴⁶² Witczak T., Stępień A., Pycia K., Witczak M., Bednarz A., Grzesik M., (2017), Wpływ modyfikacji chemicznej skrobi i stopnia hydrolizy na izotermy sorpcji pary wodnej hydrolizatów, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 24, 1(110), s. 78-88.

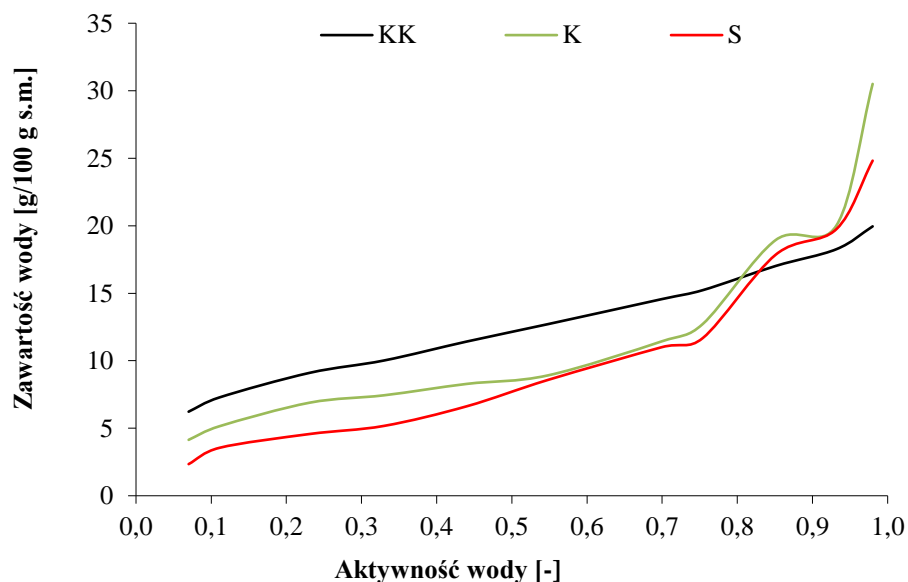
⁴⁶³ Buttersack C., (2022), Modeling of type II high-resolution sorption isotherms: Evaluation of different approaches, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 650, pp. 1-7, doi:10.1016/j.colsurfa.2022.129489.

⁴⁶⁴ Koç A., Erbaş M., (2022), Investigation of sorption isotherms of wheat germ for its effect on lipid oxidation, Food Chemistry, pp. 2072-2082, doi:10.1111/1750-3841.16133.

⁴⁶⁵ Zeymer J.S., Corrêa P.C., de Oliveira G.H.H., de Araujo M.E.V., Guzzo F., Baptestini F.M., (2022), Moisture sorption isotherms and hysteresis of soybean grains, Acta Scientiarum, Agricultural Engineering, 45, pp. 1-11, doi:10.4025/actasciagron.v45i1.56615.

pary wodnej między próbką żywności a otoczeniem charakteryzując szybkość zmian przechowalniczych zachodzących w ocenianym surowcu – produkcji^{466,467}.

Na rysunku 21 przedstawiono przebieg izoterm sorpcji badanych surowców wykorzystanych do wytworzenia wzbogacanych produktów ekstrudowanych.



Rys. 21. Izoterma sorpcji badanych produktów

Źródło: badania własne.

Wyznaczone dla surowców: kaszki kukurydzianej (KK) białka konopnego (K) i proszku ze świerszczy (S) izotermy charakteryzowały się kształtem sigmoidalnym, wykazując podobieństwo do izoterm typu II według klasyfikacji Brunauera (1938) (rys. 21)⁴⁶⁸. Dla badanych dodatków wykorzystanych do wzbogacania obserwowany był dodatkowo w większym stopniu przebieg izoterm zbliżony kształtem do litery „S”, który charakterystyczny jest dla produktów bogatych w polimery o wysokiej masie cząsteczkowej (m.in. białka)⁴⁶⁹.

⁴⁶⁶ Limousin G., Gaudet J-P., Charlet L., Szenknect S., Barthès V., Krimissa M., (2007), Sorption isotherms: A review on physical bases, modeling and measurement. *Applied Geochemistry*, 22, 2, pp. 249-275, doi:10.1016/j.apgeochem.2006.09.010.

⁴⁶⁷ Ruszkowska M., Dmowski P., (2017), The evaluation quality of black tea – based on the characteristics of hygroscopic properties designated by the static method, *Towaroznawcze Problemy Jakości. Polish Journal of Commodity Science*, 4, 53, pp. 61-70.

⁴⁶⁸ Brunauer S., Emmet P.H., Teller E., (1938), Adsorption of gases in multilayer's. *Journal of the American Chemical Society*, 60, pp. 309-319, doi:10.1021/ja01269a023.

⁴⁶⁹ Hébrard A., Oulahna D., Galet L., Cuq B., Abecassis J., Fages J., (2003), Hydration properties of durum wheat semolina: Influence of particle size and temperature, *Powder Technology*, t. 130, no. 1-3, pp. 211-218, doi:10.1016/S0032-5910(02)00268-1.

Izotermy sorpcji badanych surowców charakteryzowały się ciągłością przebiegu w całym zakresie aktywności wody otoczenia $a_w=0,07\div 0,98$. Tym samym można przypuszczać, że w ocenianych surowcach nie dochodziło do zmiany struktury determinowanej wzrostem stopnia uporządkowania poszczególnych składników. Podobne zależności stwierdził Combrzyński i in. (2017) i Ruszkowska (2018) (rys. 21)^{470,471}.

Jednocześnie na podstawie charakterystyki przebiegu izoterm sorpcji stwierdzono, że w proszku ze świerszczy, w zakresie aktywności wody $a_w=0,07\div 0,11$, zachodził proces desorpcji. Natomiast w przypadku kaszki kukurydzianej i białka konopnego (*C. sativa*) proces desorpcji obejmował szerszy zakres aktywności wody, tj. $a_w=0,07\div 0,55$.

Na podstawie przeprowadzonej oceny przebiegu izoterm sorpcji stwierdzono, że najwyższą higroskopijnością, w zakresie aktywności wody środowiska $a_w=0,98$ charakteryzowało się białko konopne (30,50 g/100 g s. m.), a najniższą kaszka kukurydziana (19,95 g/100 g s. m.) (rys. 21). Ocena przebiegu izoterm sorpcji pozwoliła zaobserwować także, wzrost intensywności zjawiska pochłaniania pary wodnej w III obszarze sorpcji, obejmującym zakres kondensacji kapilarnej w aktywności wody $a_w<0,85$.

Kolejnym elementem badań była ocena aktywności wody surowca po 90 dniach przechowywania w higrostatach o stałej wilgotności względnej w zakresie aktywności wody środowiska $a_w=0,07\div 0,98$ (tab. 35).

⁴⁷⁰ Combrzyński M., Mościcki L., Kwaśniewska A., Oniszczyk T., Wójtowicz A., Sołowiej B., Gładyszewska B., Muszyński S., (2017), Moisture sorption characteristic of extrusion-cooked starch protective loose-fill cushioning foams. *International Agrophysics*, 31, pp. 457-463.

⁴⁷¹ Ruszkowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 64-73.

Tabela 35. Równowagowa aktywność wody surowców po 90 dniach przechowywania w zakresie aktywności wody środowiska $a_w=0,07\div 0,98$

Aktywność wody środowiska a_w (-)	Aktywność wody (-)		
	Kaszka kukurydziana (KK)	Białko konopne (K)	Proszek ze świerszczy domowych (S)
0,07	0,1261	0,1229	0,1255
0,11	0,1526	0,1592	0,1602
0,23	0,2954	0,2890	0,2868
0,33	0,3435	0,3452	0,3372
0,44	0,4506	0,4502	0,4432
0,55	0,5591	0,5547	0,5491
0,69	0,7063	0,7011	0,7008
0,75	0,7537	0,7502	0,7519
0,85	0,8493	0,8508	0,8482
0,93	0,8801	0,8985	0,8948
0,98	0,8971	0,8834	0,8853

Źródło: badania własne.

Pomiary aktywności badanych surowców – kaszki kukurydzianej, białka konopnego i proszku ze świerszczy – dowiodły, że największe różnice pomiędzy aktywnością wody środowiska, a aktywnością wody zmierzoną w surowcach obserwowano w środowiskach o niskich aktywnościach wody ($a_w=0,07\div 0,33$), w których produkty podlegały procesowi desorpcji oraz w wysokich aktywnościach wody, obejmujących obszar kondensacji kapilarnej ($a_w=0,93-0,98$) (tab. 35).

6.2.5. Charakterystyka parametrów izoterm sorpcji surowców – równanie BET

W celu matematycznego opisu przebiegu zjawiska sorpcji oraz oceny parametrów mikrostruktury powierzchni, wyznaczone empirycznie izotermy sorpcji poddano transformacji zgodnie z modelem Brunauera Emmetta Tellera (BET) w zakresie $a_w=0,07\div 0,33$ ⁴⁷². Wyznaczone parametry przedstawiono w tabeli 36.

⁴⁷² Paderewski M., (1999), Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej, WNT, Warszawa.

Tabela 36. Parametry równania BET

Produkt	Kaszka kukurydziana (KK)	Białko konopne (K)	Proszek ze świerszczy domowych (S)
v_m	5,0432	6,1891	8,2693
c_e	3,6062	4,5271	5,9125
R^2	0,9728	0,9459	0,9156
FitStdErr	0,3226	0,3638	0,3408
SKO	90,4727	7,2069	37,1874
RMS	36,3182	6,8550	55,4556

Oznaczenia: R^2 -współczynnik determinacji, SKO-błąd standardowy, RMS (%) - średni błąd kwadratowy

Źródło: badania własne.

Za jeden z najważniejszych parametrów równania BET uważa się pojemność warstwy monomolekularnej (v_m), warunkującą trwałość przechowalniczą produktów żywnościowych na podstawie ilości wolnych miejsc na powierzchni adsorbentu^{473,474,475}.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najwyższą wartością v_m cechował się proszek ze świerszczy (8,27 g H₂O/100 g s. m.). Białko konopne uzyskało nieznacznie niższą wartość pojemności warstwy monomolekularnej na poziomie 6,19 g H₂O/100 g s. m. (tab. 36). Kaszka kukurydziana cechowała się najniższą wartością v_m (5,04 g H₂O/100 g s. m.).

Na podstawie uzyskanej wartości v_m przypuszczać można, że najwyższą trwałością przechowalniczą charakteryzował się proszek ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) uzyskując najwyższą wartość v_m . Znaczne rozwinięcie monowarstwy chroni bowiem produkt przed obniżeniem jakości w wyniku pochłaniania określonej ilości wody⁴⁷⁶.

Prawdopodobnie czynnikiem warunkującym wielkość warstwy monomolekularnej w białku konopnym i proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) była wysoka zawartość białka, stanowiącego źródło makrocząsteczek bogatych w miejsca polarne⁴⁷⁷. Pozwala to przypuszczać, że zawartość białka była głównym czynnikiem

⁴⁷³ Tamże, s. 48.

⁴⁷⁴ Ruszkowska M., Palich P., (2016), Characteristics of Sorption Properties of Selected Powdered Food Products, Polish Journal of Natural Sciences, 31(2), pp. 263-273.

⁴⁷⁵ Stępień A., Witczak M., Witczak T., (2022), The Thermal Characteristics, Sorption Isotherms and State Diagrams of the Freeze-Dried Pumpkin-Inulin Powders, Molecules, 27, 2225, 1-14, doi:10.3390/molecules27072225.

⁴⁷⁶ Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia, s. 68-73.

⁴⁷⁷ Ociecek A., Ruszkowska M., (2018), Porównanie właściwości sorpcyjnych ziarna wybranych odmian komosy ryżowej (*Chenopodium quinoa willd*), ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 25, 3(116), s. 71-88, doi:10.15193/ZNTJ/2018/116/247.

determinującym właściwości sorpcyjne surowca. Podobne zależności w produktach z dodatkiem chlorelli w swoich badaniach uzyskała Ruszkowska (2018)⁴⁷⁸.

Analizując literaturę przedmiotu stwierdzono, że pojemność warstwy monomolekularnej uzyskana dla kaszki kukurydzianej (KK) była niższa w porównaniu do badań innych autorów ($v_m=5,991\div 8,309$)^{479,480}. Jednocześnie uzyskana dla kaszki kukurydzianej (KK) wielkość v_m była charakterystyczna do produktów bogatych w węglowodany co potwierdziły badania Ociecek i Schur (2015), w których autorki uzyskały wartości v_m oszacowane dla bułki paryskiej ($v_m=5,033$) i chleba pszennego ($v_m=5,134$)⁴⁸¹. Porównanie wyników uzyskanych dla dodatków wzbogacających (białka konopnego i proszku ze świerszczy domowych) z wynikami uzyskanymi dla hydrolizatów białkowych z badań Rao i in. (2016) wykazały, że badane surowce (BK i PS) charakteryzowały się wyższymi wartościami pojemności warstwy monomolekularnej v_m w porównaniu do hydrolizatów z ryb i niższymi wartościami pojemności warstwy monomolekularnej v_m w porównaniu do hydrolizatów z mięsa kurcząt i mięczaków⁴⁸².

Kolejnym wyznaczonym parametrem równania BET była stała energetyczna c_e , która określa ilość wydzielanego podczas procesów adsorpcji ciepła. Izosteryczne ciepło sorpcji stanowi parametr bezpośrednio związany z energią oddziaływań między cząsteczkami sorbentu, a dostępnością miejsc do procesu sorpcji⁴⁸³. Na podstawie uzyskanych wartości stałej energetycznej c_e stwierdzono, że podczas procesu przechowywania produktów zachodził wyłącznie proces sorpcji fizycznej, a uzyskane dla badanych surowców wartości $c_e (>2)$ potwierdziły sigmoidalny kształt izotermy^{484,485}.

⁴⁷⁸ Ruszkowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 64-72 i 155-165.

⁴⁷⁹ Potente H., Heim H.P., Ernst W., Föhner T., (2006), Characterisation and Modelling of Specific Enthalpy and Heat Conductivity of Corn Grits under Consideration of Water Sorption Behaviour, *Starch*, 58, pp. 82-91, doi:10.1002/star.200500446.

⁴⁸⁰ Ruszkowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 64-73.

⁴⁸¹ Ociecek A., Schur J., (2015), Ocena wpływu wybranych dodatków na właściwości sorpcyjne mięksizu pieczywa pszennego, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 98, s. 143-154.

⁴⁸² Rao Q., Kamdar A.K., Labuza T.P., (2016), Storage Stability of Food Protein Hydrolysates - A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(7), pp. 1169-1192, doi:10.1080/10408398.2012.758085.

⁴⁸³ Hébrard A., Oulahna D., Galet L., Cuq B., Abecassis J., Fages J., (2003), Hydration properties of durum wheat semolina: Influence of particle size and temperature, *Powder Technology*, t. 130, no. 1-3, pp. 211-218, doi:10.1016/S0032-5910(02)00268-1.

⁴⁸⁴ Ociecek A., (2001), Badania modeli oceny trwałości przechowalniczej produktów higroskopijnych na przykładzie makaronu, Rozprawa doktorska, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia.

⁴⁸⁵ Ociecek A., Skotnicka M., Baranowska K., (2017), Sorptive properties of modified maize starch as indicators of their quality, *International Agrophysics*, 31, pp. 383-392, doi:10.1515/intag-2016-0061.

Wartość współczynnika determinacji R^2 dla kaszki kukurydzianej ukształtowała się na poziomie powyżej 0,95, a niższe wartości tego parametru obserwowano dla preparatów białkowych. Tym samym stwierdzono, że zastosowany model BET dobrze opisywał przebieg izoterm sorpcji kaszki kukurydzianej (KK). Porównując wartości SKO i RMS stwierdzono, że parametry modelu BET oszacowane z zastosowaniem metody analitycznej bardzo dobrze opisują pod względem matematycznym proces sorpcji pary wodnej białka konopnego (*C. sativa*) (K). Przyjmuje się, że wielkość średniego błędu kwadratowego (RMS) na poziomie niższym niż 10% wskazuje na dobrą zgodność dopasowania modelu do danych sorpcyjnych w całym badanym zakresie aktywności wody (a_w)^{486,487}.

6.2.6. Charakterystyka strukturalna – powierzchnia właściwa sorpcji

Pochodną pojemności warstwy monomolekularnej jest powierzchnia właściwa sorpcji (PS (m^2/g))⁴⁸⁸. Powierzchnia właściwa sorpcji pozwala na wyznaczenie właściwości sorpcyjnych surowców, istnieje bowiem ścisła zależność pomiędzy rodzajem przeważających porów w sorbencie a jego powierzchnią właściwą⁴⁸⁹.

W tabeli 37 przedstawiono wartości powierzchni właściwej sorpcji surowców.

Tabela 37. Powierzchnia właściwa sorpcji surowców

Surowiec	Kaszka kukurydziana (KK)	Białko konopne (K)	Proszek ze świerszczy domowych (S)
PS (m^2/g)	177,19	217,45	290,53

Zródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej oceny struktury powierzchni właściwej (tab. 37) surowców stwierdzono, że dodatki wzbogacające – proszek ze świerszczy domowych (*A. Domesticus*) i białko konopne charakteryzowały się wyższymi w stosunku do surowca strukturotwórczego (kaszki kukurydzianej) wartościami powierzchni właściwej sorpcji. Najwyższą wartością powierzchni właściwej sorpcji cechował

⁴⁸⁶ Nowacka M., Janiak G., Kidoń M., Czapski J., Witrowa-Rajchert D., (2012), Zastosowanie modeli matematycznych do opisu izoterm adsorpcji pary wodnej suszonej marchwi purpurowej i pomarańczowej, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 5, 84, s. 60-72.

⁴⁸⁷ Ociecek A., Flis A., (2020), Wpływ stopnia rozdrobnienia nasion kolendry (*Coriandrum sativum*) na ich właściwości sorpcyjne w kontekście badania stabilności przechowalniczej oraz podatności na modelowanie badanego zjawiska, Kształtowanie jakości żywności. Food quality development, Uniwersytet Morski w Gdyni, Gdynia, s. 170-182.

⁴⁸⁸ Ruszkowska M., (2012), Właściwości sorpcyjne mąk przeznaczonych do wypieku chleba w warunkach domowych, Acta Agrophysica, 19(1), s. 111-121.

⁴⁸⁹ Walawska B., (2012), Właściwości sorpcyjne wodorowęglanu sodu, Chemik, 11, 16, s.1169-1176.

się proszek ze świerszczy (290,53 m²/g). Dla białka konopnego (*C. sativa*) obserwowano wartości na poziomie PS=217,45 m²/g, a dla kaszki kukurydzianej PS=177,19 m²/g (tab. 37). Uzyskane wyniki różniły się w stosunku do wyników uzyskanych dla surowców wykorzystywanych do produkcji ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą. W badaniach Ruszkowskiej (2018) zaobserwowano bowiem wyższe wartości powierzchni właściwej sorpcji kaszki kukurydzianej w stosunku do produktu wzbogacającego⁴⁹⁰.

Wnioski etapowe – charakterystyka surowca

1. Surowce wykorzystane do procesu ekstruzji różniły się wartością odżywczą. Surowcem charakteryzującym się najwyższą zawartością białka i wartością energetyczną był proszek ze świerszczy domowych (*A. Domesticus*). Natomiast największą zawartością tłuszczu charakteryzowało się białko konopne. Największą zawartością węglowodanów charakteryzowała się w kaszka kukurydziana.
2. Badane surowce różniły się istotnie pod względem zawartości i aktywności wody. Najwyższe wartości ocenianych parametrów obserwowane były dla kaszki kukurydzianej, najniższe natomiast dla proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*).
3. Na podstawie uzyskanych wartości luminescencji stwierdzono, że kaszka stanowiła produkt o najwyższej jasności. Najniższe wartości L* obserwowane były dla białka konopnego (*C. sativa*).
4. Wartość wyznaczonych parametrów a* różniła się istotnie statystycznie. Parametr ten kształtował się na najniższym poziomie w białku konopnym, a na najwyższym – w proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*).
5. Najwyższy udział barwy żółtej charakterystyczny był dla kaszki kukurydzianej, dodatki białkowe charakteryzowała istotnie niższa wartość parametru b*.
6. Wyznaczone izotermy sorpcji charakteryzowały się kształtem sigmoidalnym, zachowując ciągłość przebiegu.
7. Proces desorpcji obserwowano w zakresie aktywności wody: 0,07÷0,55 dla kaszki kukurydzianej i białka konopnego (*C. sativa*) oraz w zakresie aktywności wody a_w=0,07÷0,11 dla proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*).

⁴⁹⁰ Ruszkowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 64-76.

8. Najwyższą higroskopijnością przy aktywności wody środowiska $a_w=0,98$ charakteryzowało się białko konopne, a najniższą kaszka kukurydziana.
9. Najwyższą trwałością określoną na podstawie wartości parametru pojemności warstwy monomolekularnej v_m charakteryzował się proszek ze świerszczy domowych (*A. domesticus*). Najniższą stabilnością przechowalniczą na podstawie ocenianego parametru cechowała się kaszka kukurydziana.

6.3. Omówienie wyników badań etapu II – mieszanki surowców

6.3.1. Zawartość i aktywność wody mieszanek do procesu ekstruzji

Zawartość wody w mieszankach surowców przygotowanych do wytworzenia produktów jest jednym z istotnych parametrów determinujących jakość ekstrudatów. Parametr ten warunkuje przebieg procesu. Zbyt wysoka zawartość wody w mieszankach przygotowanych do procesu ekstruzji powoduje m.in. zmianę stopnia ekspansji oraz twardości ekstrudatów (ograniczenie zjawiska kleikowania skrobi)⁴⁹¹. Obserwuje się ponadto, że zawartość wody w mieszankach surowców warunkować może końcową zawartość składników odżywczych wytworzonych ekstrudatów oraz ich strawność m.in. poprzez denaturację białka^{492,493,494,495}.

W tabelach 38 i 39 przedstawiono zawartość wody oznaczoną w mieszankach z dodatkiem białka konopnego (MK) i proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (MS) wykorzystanych do procesu wytworzenia wzbogacanych produktów przekąskowych.

Tabela 38. Zawartość wody w mieszankach z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Parametry	M 0	MK I	MK II	MK III
	Zawartość wody (g/100 g s.m.)			
Średnia±SD	12,81±0,04	13,07 ^c ±0,15	13,04 ^b ±0,03	12,77 ^a ±0,02
Min÷max	12,77÷12,86	12,90÷13,18	13,01÷13,05	12,75÷12,79
Mediana	12,81	13,14	13,05	12,77

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy zawartością wody mieszanek z grupy MK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- M0 mieszanka bez dodatku białka
- MK I mieszanka z 2% dodatkiem białka konopnego
- MK II mieszanka z 4% dodatkiem białka konopnego
- MK III mieszanka z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

⁴⁹¹ Ding Q. B., Ainsworth P., Tucker G., Marson H., (2005), The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snack, *Journal of Food Engineering*, 66, pp. 283-289.

⁴⁹² Singh S., Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects of food extrusion: a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 42, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.

⁴⁹³ Tamże, pp. 916-929.

⁴⁹⁴ Berk Z., (2013), Chapter 15 – Extrusion wFood Process Engineering and Technology (2nd edition), 379-393, doi:10.1016/B978-0-12-415923-5.00015-0, doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.03.019.

⁴⁹⁵ Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), Food extrusion: Effects on micronutrients, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp. 602-603.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że mieszanka bazowa składająca się z w 98% kaszki kukurydzianej i 2% środka spulchniającego charakteryzowała się zawartością wody na poziomie 12,81 g/100 g s.m. Uzyskane wyniki pozwalają przypuszczać, że 2% dodatek środka spulchniającego przyczynił się do obniżenia zawartości wody w mieszance bazowej, w porównaniu z surowcem – kaszką kukurydzianą (14,01 g/100 g s.m.) (tab. 33 i 38).

Ocena początkowej zawartości wody w mieszankach surowców z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) wykazała, że najniższą zawartością wody charakteryzowała się mieszanka MK III z 7% dodatkiem białka konopnego (91% KK, 7% K i 2% Dsp) (12,77 g/100 g s.m.) (tab. 38). Tym samym stwierdzono, że w przypadku białka konopnego (*C. sativa*) zwiększenie udziału dodatku wpłynęło na zmianę początkowej zawartości wody w mieszankach.

Tabela 39. Zawartość wody w mieszankach z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)

Parametry	M 0	MS I	MS II	MS III
	Zawartość wody (g/100 g s.m.)			
Średnia±SD	12,81±0,04	12,78 ^c ±0,04	12,61 ^b ±0,04	12,45 ^a ±0,01
Min÷max	12,77÷12,86	12,73÷12,81	12,58÷12,65	12,44÷12,47
Mediana	12,81	12,79	12,58	12,45

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy zawartością wody mieszanek z grupy MS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- M0 mieszanka bez dodatku białka
- MS I mieszanka z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- MS II mieszanka z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- MS III mieszanka z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Mieszanki z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego charakteryzowały się niższą zawartością wody (tab. 39) w porównaniu do mieszanek z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (tab. 38), co prawdopodobnie determinowane było zawartością wody w proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (tab. 33). Podobnie jak w mieszankach z białkiem konopnym -zawartość wody obniżała się wraz ze wzrostem udziału proszku ze świerszcza, osiągając wartości w przedziale 12,78÷12,45 g/100 g s.m. (tab. 38 i 39, rys. 2). Na podstawie oceny początkowej zawartości wody w ocenianych mieszankach stwierdzono, że zawartość wody determinowana była właściwościami poszczególnych komponentów – kaszki kukurydzianej, białka konopnego (*C. sativa*)

i proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) oraz ich udziału procentowego w danej mieszance (tab. 33, 38 i 39).

Charakterystyka porównawcza aktywności wody mieszanek z dodatkami wzbogacającymi wykazała wyższe wartości parametru dla mieszanek z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (tab. 40 i tab. 41). Mieszanki zawierające białko konopne charakteryzowały się aktywnością wody powyżej 0,6, a otrzymana wartość aktywności wody nie gwarantowała stabilności mikrobiologicznej ocenianych mieszanek – MK I, MK II, MK III. Powszechnie przyjmuje się bowiem, że wartości aktywności wody $a_w > 0,6$ pozwalają na rozwój niektórych grup drobnoustrojów⁴⁹⁶. Na podstawie pomiaru aktywności wody stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału składnika wzbogacającego obniżała się aktywność wody we wszystkich ocenianych mieszankach (tab. 40, tab. 41, rys. 22).

Tabela 40. Aktywność wody mieszanek z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Parametry	M 0	MK I	MK II	MK III
	Aktywność wody (-)			
Średnia±SD	0,5923±0,009	0,6430 ^b ±0,012	0,6240 ^b ±0,011	0,6181 ^a ±0,015
Min-max	0,5795÷0,6032	0,6270÷0,6555	0,6090÷0,6386	0,5964÷0,6325
Mediana	0,5921	0,6491	0,6251	0,6257

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy aktywnością wody mieszanek z grupy MK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- M 0 mieszanka bez dodatku białka
- MK I mieszanka z 2% dodatkiem białka konopnego
- MK II mieszanka z 4% dodatkiem białka konopnego
- MK III mieszanka z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Tabela 41. Aktywność wody mieszanek z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)

Parametry	M 0	MS I	MS II	MS III
	Aktywność wody (-)			
Średnia±SD	0,5923±0,009	0,6000 ^b ±0,008	0,5792 ^a ±0,008	0,5756 ^a ±0,004
Min-max	0,5795÷0,6032	0,5880÷0,6131	0,5693÷0,5886	0,5665÷0,5794
Mediana	0,5921	0,6006	0,5815	0,5765

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy aktywnością wody mieszanek z grupy MS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- MS I mieszanka z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- MS II mieszanka z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- MS III mieszanka z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

⁴⁹⁶ Pałacha Z., Makarewicz M., (2011), Aktywność wody wybranych grup produktów spożywczych, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego. Inżynieria Żywności, 2, s. 24-29.

Opracowanie statystyczne i porównanie ocenianych parametrów początkowej zawartości i aktywności wody, ze względu na rodzaj dodatku (białko konopne i proszek ze świerszczy domowych) przeprowadzono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji i testu F Fishera-Snedecora (tab. 42).

Tabela 42. Porównanie początkowej zawartości i aktywności wody wytworzonych mieszankach ze względu na rodzaj dodatku

Badany parametr		M0	MK	MS	Test F [p]
Zawartość wody (g/100 g s.m.)	Średnia	12,81 ^a	12,96 ^b	12,61 ^a	0,000
	SD	0,04	0,158	0,139	
Aktywność wody (-)	Średnia	0,593 ^a	0,628 ^b	0,585 ^a	0,000
	SD	0,008	0,016	0,013	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- M0 mieszanka bez dodatku białka
- MK mieszanka z dodatkiem białka konopnego
- MS mieszanka z dodatkiem proszku ze świerszczy

Źródło: badania własne.

Na podstawie powyższego opracowania – jednoczynnikowej wariancji i testu F wykazano istnienie, istotnie statystycznych różnic pomiędzy badanymi mieszankami przy uwzględnieniu rodzaju dodatku – białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy (*A. domesticus*) (tab. 8).

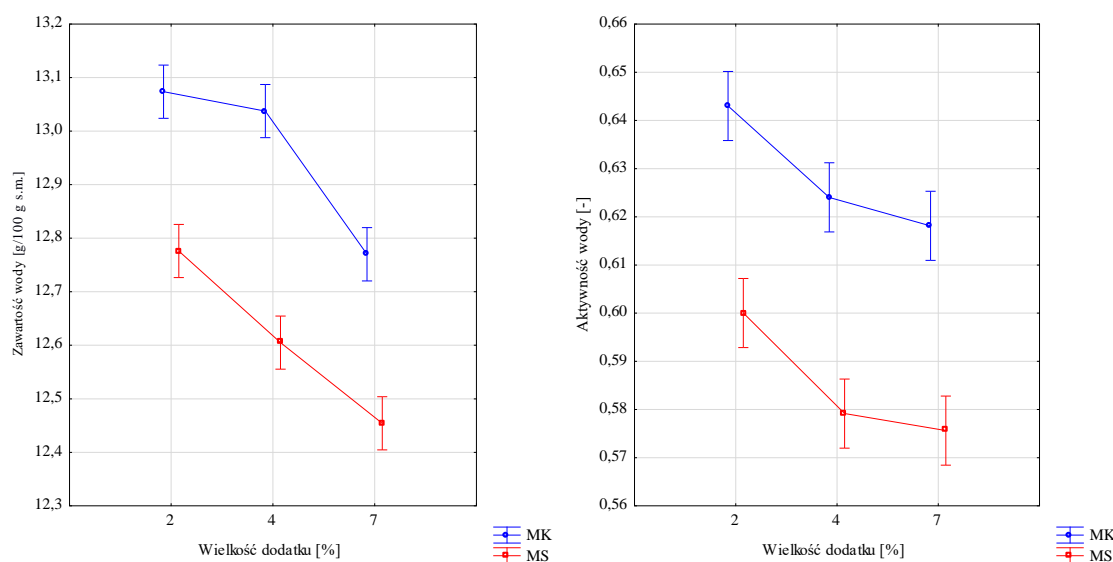
Przeprowadzona analiza post-hoc (test najmniejszej istotnej różnicy - NIR) wykazała statystycznie istotne różnice w początkowej zawartości i aktywności wody w pomiędzy mieszanką MK – z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*), a mieszanką MS – z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) (tab. 42). Brak istotnie statystycznych różnic w początkowej zawartości i aktywności wody stwierdzono pomiędzy mieszanką M0 – bez dodatków, a mieszanką MS – z dodatkiem proszku ze świerszczy.

Tabela 43. Zróżnicowanie zawartości wody i aktywności wody mieszanek w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)

Badany parametr	Rodzaj mieszanki	Dodatek procentowy	Rodzaj mieszanki*Dodatek procentowy
	<i>p</i>		
Zawartość wody (g/100 g s.m.)	0,000	0,000	0,019
Aktywność wody (-)	0,000	0,000	0,099

Źródło: badania własne.

Dodatkowo przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji pozwoliły potwierdzić omówiony wyżej wpływ dodatku białkowego na zawartość i aktywność wody, które różnicowane były w zależności zarówno od rodzaju dodatku jak i wielkości dodatku (rys. 22, tab. 43). Dla badanych mieszanek zaobserwowano jednakże istotny efekt interakcji ($p < 0,05$) związany wyłącznie z różnicami zawartości wody produktu z 2 i 4% dodatkiem białka. W mieszance z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) różnica ta była nieznaczna, podczas gdy w mieszance z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) zaobserwowano zdecydowane różnice (rys. 22, tab. 43).



Rys. 22. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości i aktywności wody w mieszankach z dodatkami w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.

Wnioski etapowe – charakterystyka mieszanek do procesu ekstruzji

1. Badane mieszanki różniły się początkową zawartością i aktywnością wody, najniższe ich wartości zaobserwowano dla mieszanki MS III, a najwyższe dla mieszanki MK I.
2. Ze względu na wysoką aktywność wody mieszanki MK I, MK II, MK III i MS I wykazywały brak stabilności mikrobiologicznej.
3. Zawartość i aktywność wody różnicowane były przez wielkość (2, 4, 7%) i rodzaj dodatku (białko konopne lub proszek ze świerszczy domowych).

6.4. Omówienie wyników badań etapu II – Ocena właściwości fizykochemicznych produktu

6.4.1. Ocena wartości odżywczej produktu

Przy zastosowaniu jednakowych parametrów temperaturowych (105°C/130°C/110°C) w procesie ekstruzji wytworzono 7 wariantów produktów, a ich wartość odżywczą przedstawiono w tabeli 44 i 45.

Tabela 44. Wartość odżywcza produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Wartość odżywcza produktu	P 0	PK I	PK II	PK III
Wartość energetyczna (kJ/kcal/100 g)	1612/380	1592/375 ^a	1599/377 ^{ab}	1609/379 ^b
Tłuszcz (g/100 g)	2,11±0,21	1,37 ^a ±0,14	1,67 ^b ±0,17	2,26 ^c ±0,23
Węglowodany (g/100 g)	81,01	81,26 ^b	80,43 ^{ab}	78,76 ^a
Białko (g/100 g)	9,25±1,48	9,43 ^a ±1,51	10,00 ^{ab} ±1,60	10,94 ^b ±1,75
Popiół (g/100 g)	1,55±0,01	1,66 ^a ±0,00	1,92 ^b ±0,01	2,17 ^c ±0,01

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy wartością odżywczą produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej oceny zawartości tłuszczu wytworzonych produktów ekstrudowanych z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) stwierdzono, że najwyższą zawartością tłuszczu charakteryzował się produkt PK III – z 7% dodatkiem (2,26 g/100 g) (tab. 44). Jednocześnie stwierdzono, że przy zastosowanych parametrach procesu ekstruzji wzrost zawartości białka konopnego nie wpłynął na zwiększenie zawartości tłuszczu w produktach PK I – z 2% dodatkiem (1,37 g/100 g) i PK II – z 4% dodatkiem (1,67 g/100 g). Zgodnie z badaniami Ruskowskiej (2018) przypuszczać można, że na skutek procesu utleniania tłuszcz ulec mógł procesowi degradacji lub mógł związać się ze składnikami ekstrudowanej masy. Tym samym, wykorzystując metodę grawimetryczną, prawdopodobnie nie można było oznaczyć zawartości tłuszczu związanego, a jedynie zawartość tłuszczu wolnego⁴⁹⁷.

Oceniając zawartość węglowodanów w produktach wzbogacanych białkiem konopnym stwierdzono, że wraz ze wzrostem zawartości dodatku zmniejszeniu ulegała

⁴⁹⁷ Ruskowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 80-85.

zawartość węglowodanów, osiągając najniższe wartości w produkcji PK III – z 7% dodatkiem (78,76 g/100 g) (tab. 44).

Głównym celem wzbogacania produktów przekąskowych w białko konopne i proszek ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) było zwiększenie zawartości białka w wytworzonych ekstrudatach. Wśród produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) stwierdzono wzrost zawartości białka wraz ze wzrostem ilości dodatku wzbogacającego, a wszystkie produkty z tej grupy charakteryzowały się wyższą zawartością białka w stosunku do produktu bazowego P 0 (9,25 g/100 g). Istotnie statystyczne różnice zaobserwowano pomiędzy produktem PK I – o 2% zawartości białka konopnego (9,43 g/100 g) i PK III – o 7% zawartości białka konopnego (10,94 g/100 g) (tab. 44).

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury stwierdzono, że większy wzrost zawartości białka przy zastosowaniu białka konopnego obserwowano w pracy Radočaj (2014) dotyczącej wzbogacania krakersów. Natomiast uzyskane dla badanych ekstrudatów wyniki zbliżone były do produktów z badań Obradović (2015) z 4% dodatkiem dyni Hokkaido⁴⁹⁸.

Ostatnim składnikiem odżywczym ocenianym we wzbogaczonych produktach przekąskowych był popiół. Przeprowadzony test F oraz test NIR wykazały statystycznie istotne różnice w zawartości popiołu, który zwiększał się wraz ze wzrostem ilości białka konopnego w produktach ekstrudowanych.

Kolejnym etapem badań była ocena wartości odżywczej produktu z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (tab. 45).

⁴⁹⁸ Obradović V., Babić J., Šubarić D., Jozinović A., Ačkar D., Klarić I., (2015), Influence of dried hokkaido pumpkin and ascorbic acid addition on chemical properties and colour of corn extrudates, 183, pp. 136-143, doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.045.

Tabela 45. Wartość odżywcza produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza (*A. domesticus*)

Wartość odżywcza produktu	P 0	PS I	PS II	PS III
Wartość energetyczna (kJ/kcal/100 g)	1612/380	1612/380 ^a	1624/383 ^{ab}	1633/385 ^b
Tłuszcz (g/100 g)	2,11±0,21	2,05 ^a ±0,21	2,43 ^b ±0,24	2,55 ^b ±0,26
Węglowodany (g/100 g)	81,01	81,03 ^b	78,06 ^a	78,32 ^a
Białko (g/100 g)	9,25±1,48	9,31 ^a ±1,49	12,19 ^b ±1,95	12,19 ^b ±1,95
Popiół (g/100 g)	1,55±0,01	1,65 ^a ±0,01	1,73 ^b ±0,01	1,81 ^c ±0,01

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy wartością odżywczą produktów z grupy PS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Oceniając zawartość tłuszczu stwierdzono, że zwiększenie udziału proszku ze świerszcza w mieszankach do procesu ekstruzji spowodowało wzrost zawartości tłuszczu w eksudatach PS II – z 4% dodatkiem i PS III – z 7% dodatkiem (tab. 45). Co więcej, produkty z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) charakteryzowała większa zawartość tłuszczu w porównaniu z produktami wzbogacanymi w białko konopne (tab. 10).

Oceniając zawartość węglowodanów stwierdzono, że produkty wzbogacane w 4 i 7% proszku ze świerszczy charakteryzowały się najniższym, ze wszystkich produktów ekstrudowanych poziomem węglowodanów.

Ocena zawartości białka w produktach wzbogaczanych proszkiem ze świerszczy wykazała, że podobnie jak w przypadku produktów wzbogaczanych białkiem konopnym wprowadzony dodatek zwiększył zawartość białka ekstrudatów kukurydzianych. Najwyższą zawartość białka, spośród wszystkich badanych ekstrudatów zaobserwowano w produktach PS II i PS III (12,19), a produkty te charakteryzował brak istotnie statystycznych różnic w zawartości białka. Natomiast produkt PS I z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy charakteryzowała zawartość białka zbliżona do produktu bazowego P 0.

Na podstawie przeprowadzonego testu F oraz testu NIR we wzbogaczanych produktach przekąskowych z dodatkiem proszku ze świerszczy stwierdzono istotne statystyczne różnice w zawartości popiołu, jednakże uzyskane wartości były na niższym poziomie w porównaniu z produktami wzbogaczanymi białkiem konopnym (tab. 45).

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury stwierdzono, że w badanych produktach z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy uzyskano zbliżone zawartości białka w porównaniu do produktów z 9% dodatkiem mączki rybnej z tuńczyka oraz zbliżony do produktów z 2-6% dodatkiem proszku z spiruliny^{499,500}. Jednocześnie otrzymana dla produktu PK II zawartość białka była wyższa w porównaniu do ekstrudatów z 5% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) uzyskanych w badaniach Igual i in. (2020)⁵⁰¹. Na podstawie badań Igual i in. (2020) stwierdzono, że zwiększenie dodatku proszku ze świerszczy do 15% pozwoliło na wytworzenie produktu o wyższej zawartości białka w porównaniu z ekstrudatami PS I, PS II i PS III, przy zastosowaniu innych parametrów technologicznych procesu⁵⁰². Analiza literatury wykazała, że zwiększenie dodatku proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) do 30% w chlebie i ciastkach umożliwiło uzyskanie produktów o porównywalnej lub wyższej zawartości białka w stosunku do badanych ekstrudatów PS I, PS II i PS III^{503,504}. Powołując się na badania literaturowe Norajit i in. (2011) i Radočaj i in. (2014) stwierdzono, że w celu uzyskania wysokiej (porównywalnej do produktów PS) zawartości białka w produktach przekąskowych konieczne jest zwiększenie dodatku białka konopnego do 10-20%^{505,506}.

Kolejnym elementem badań była analiza różnic w wartości odżywczej pomiędzy grupami produktów P 0, PK (PK I, PK II i PK III) oraz PS (PS I, PS II, PS III) (tab. 46). Analizę wykonano testem F i testem NIR.

⁴⁹⁹ Goes E.S.R., de Souza M.L.R., Campelo D.A.V., Yoshida G.M., Xavier T.O., de Moura L.B., Monteiro A.R.G., (2015), Extruded snacks with the addition of different fish meals, *Food Science and Technology*, 35(4), pp. 683-689.

⁵⁰⁰ Tańska M., Konopka I., Ruzkowska M., (2017), *Sensory ...*, *op.cit.*, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

⁵⁰¹ Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, *Journal of Food Engineering*, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

⁵⁰² Tamże, pp. 1-7.

⁵⁰³ Osimani A., Milanović V., Cardinali F., Roncolini A., Garofalo C., Clementi F., Pasquini M., Mozzon M., Foligni R., Raffaelli N., Zamporlini F., Aquilanti L., (2018), Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 48, pp. 150-163, doi:10.1016/j.ifset.2018.06.007.

⁵⁰⁴ Bawa M., Songsermpong S., Kaewtapee C., Chanput W., (2020), Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket (*Acheta domesticus*) powder, *Journal of Food Processing and Preparation*, 44, 8, pp. 1-9, doi:10.1111/jfpp.14601.

⁵⁰⁵ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food Chemistry*, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵⁰⁶ Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers, *Journal of Food Science*, 79(3), 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.

Tabela 46. Porównanie wartości odżywczej produktów ze względu na rodzaj dodatku

Parametr	P 0	PK	PS	Test F [p]
Wartość energetyczna (kJ/kcal/100 g)	1612/380 ^b ±5,04/1,19	1600/377 ^a ±8,14/2,04	1623/383 ^{b±} 10,75/2,60	0,000
Zawartość tłuszczu (g/100 g)	2,11 ^{b±} 0,21	1,77 ^{a±} 0,45	2,34 ^{c±} 0,26	0,000
Zawartość węglowodanów (g)	81,01 ^{c±} 0,94	80,15 ^{b±} 1,27	79,14 ^{a±} 1,64	0,048
Zawartość białka (g/100 g)	9,25 ^{a±} 1,48	10,12 ^{b±} 0,76	11,23 ^{c±} 1,66	0,008
Zawartość popiołu (g/100 g)	1,55 ^{a±} 0,01	1,92 ^{c±} 0,23	1,73 ^{b±} 0,07	0,000

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Przeprowadzony test F Fishera-Snedecora wykazał istnienie istotnie statystycznych różnic, pod względem wszystkich ocenianych parametrów, pomiędzy badanymi produktami.

W celu wykazania różnic pomiędzy poszczególnymi wariantami zastosowanych dodatków – białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy (*A. domesticus*) domowych przeprowadzono test NIR. Stwierdzono, że większość badanych ekstraktów różniła się istotnie statystycznie pod względem wartości odżywczej. Statystycznie istotnych różnic nie zaobserwowano wyłącznie pomiędzy produktami P 0 i PS dla parametru - wartość energetyczna (tab. 46). Przeprowadzone analizy pozwoliły ponadto potwierdzić, że zawartość białka kształtowała się na najniższym poziomie w produkcie P 0, a na najwyższym – w produktach PS.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono ponadto, że wprowadzone dodatki obniżały istotnie statystycznie zawartość węglowodanów.

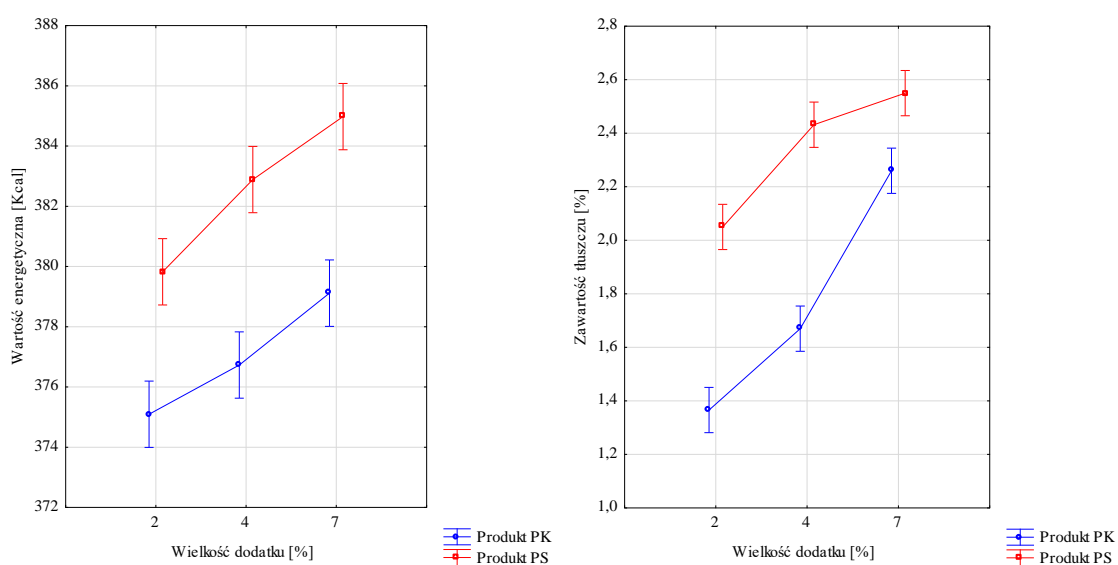
Tabela 47. Zróznicowanie wartości odżywczej produktów w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)

Analiza wariancyjna	Rodzaj produktu	Dodatek procentowy	Rodzaj produktu*Dodatek procentowy
	p		
Wartość energetyczna	0,000	0,00	0,384
Tłuszcz	0,000	0,00	0,000
Węglowodany	0,015	0,00	0,041
Białko	0,010	0,00	0,018
Popiół	0,000	0,00	0,000

Źródło: badania własne.

Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła wpływ zarówno rodzaju jak i ilości wprowadzanego białka na wszystkie parametry wartości odżywczej produktu. Istotnie statystyczną interakcję obu czynników zaobserwowano dla wszystkich cech z wyłączeniem wartości energetycznej (tab. 47). Zależność pomiędzy wartością energetyczną, a rodzajem zastosowanego białka, nie przebiegała więc w sposób odmienny dla różnych wartości dodatku procentowego.

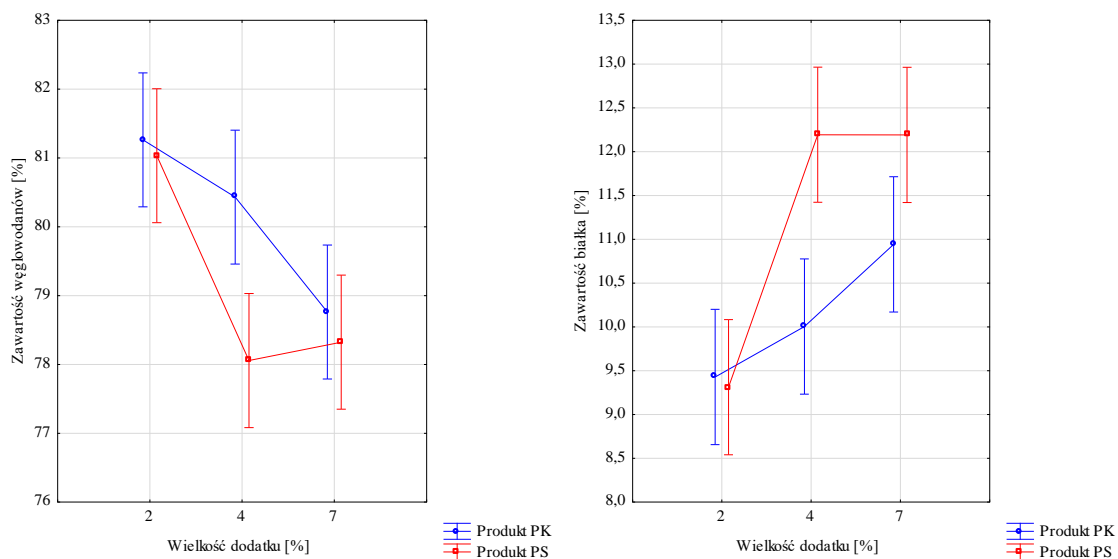
Średni poziom badanych parametrów wzrastał wraz ze wzrostem udziału dodatku wzbogacającego. W wielu przypadkach był to jednak wzrost nieproporcjonalny, trudny do przewidzenia (rys. 23-25).



Rys. 23. Zróżnicowanie średniego poziomu wartości energetycznej i zawartości tłuszczu w produktach z dodatkami w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

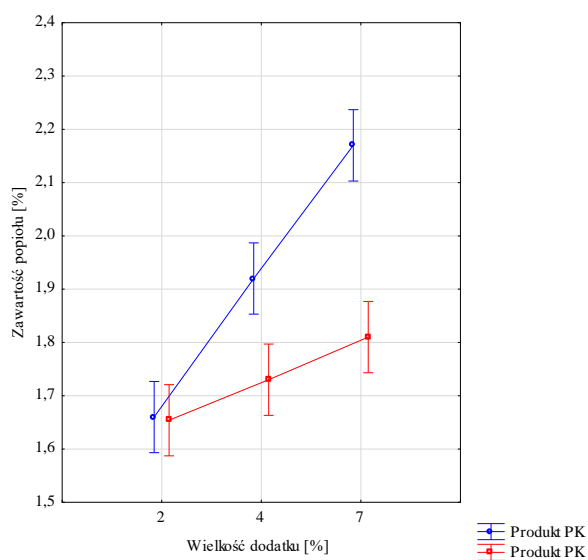
Źródło: badania własne.

Analiza graficzna wykresów pozwoliła na określenie wpływu czynników: wielkość i rodzaj zastosowanego dodatku. Stwierdzono istotny efekt interakcji dla parametrów zawartość tłuszczu, węglowodanów, białka i popiołu (rys. 23-25).



Rys. 24. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości węglowodanów i białka w produktach z dodatkami w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.



Rys. 25. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości popiołu w produktach z dodatkami w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.

Zwiększenie zawartości białka i składników mineralnych ogółem nie wyjaśniają w pełni poprawy jakości otrzymanych ekstrudowanych produktów przekąskowych, dlatego też przeanalizowano ich profile aminokwasowe oraz mineralne. Zawartość aminokwasów egzogennych jest kluczowym parametrem w ocenie jakości białka. Są to aminokwasy, których nasz organizm nie potrafi zsyntezować i muszą zostać

dostarczone z pokarmem. W tabeli 47a zaprezentowano profile aminokwasowe analizowanych ekstrudatów.

W przypadku kukurydzy limitującym aminokwasem jest lizyna, ale również treonina⁵⁰⁷. Podwyższenie całkowitej zawartości białka może być sposobem na zapewnienie większej ilości wszystkich aminokwasów, w tym limitujących, jednak dostarczone z pożywieniem pozostałe aminokwasy nie będą przyswajane w należyтым stopniu, o czym mówi prawo minimum Liebiga, które stanowi, że zwiększenie podaży składników odżywczych nie zapewnia lepszego ich wchłonięcia i nie powoduje szybszego wzrostu, jeżeli nie zostaną zaspokojone zapotrzebowania na limitujące składniki. Choć prawo to jest zazwyczaj wykorzystywane w uprawie roślin, często znajduje również zastosowanie w zagadnieniach związanych z żywieniem człowieka^{508,509,510}.

Zastosowanie obu dodatków spowodowało wzrost zawartości lizyny w ekstrudatach kukurydzianych, jednak proszek ze świerszczy domowych okazał się znacznie lepszym źródłem lizyny. Im większy udział białek alternatywnych w ekstrudatach, tym większa zawartość aminokwasów, przy czym zastosowanie 2% dodatku białka konopnego nie wpłynęło na poprawę profilu aminokwasowego produktów przekąskowych. Zastosowanie jednak 7% dodatku proszku ze świerszczy podwyższyło zawartość lizyny w ekstrudatach niemal trzykrotnie, a treoniny dwukrotnie. Istotnie wyższe wartości zaobserwowano także w przypadku pozostałych aminokwasów egzogennych.

⁵⁰⁷ Kriz A.L., (2018), Enhancement of Amino Acid Availability in Corn Grain, In: Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement, Kriz A.L., Larkins B.A. (eds.), Springer, Berlin.

⁵⁰⁸ Stini W.A., (1982), The Interaction between Environment and Nutrition, Mountaing Reaserch and Development, 2, 3, pp. 281-288, doi:10.2307/3673092.

⁵⁰⁹ Davidson E.A., Howarth R.W., (2007), Nutrients in synergy, Nature, 449, pp. 1000-1001, doi:10.1038/4491000a.

⁵¹⁰ Gorban A.N., Pokidysheva L. I., Smirnova E.V., Tyukina T.A., (2010), Law of the Minimum Paradoxes, Bulletin of Mathematical Biology, 73, pp. 2013-2044, doi:10.1007/s11538-010-9597-1.

Tabela 48a. Profile aminokwasowe w produktach z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i świerszczy domowych (*A. domesticus*)

	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
<i>Aminokwasy egzogenne</i>							
Histydyna	1,56±0,27 ^e	1,58±0,07 ^e	1,88±0,12 ^d	2,27±0,09 ^c	2,01±0,08 ^{cd}	2,50±0,04 ^{bc}	2,96±0,05 ^a
Izoleucyna	2,29±0,06 ^e	2,49±0,02 ^d	2,90±0,11 ^{cd}	3,39±0,13 ^{cd}	2,96±0,03 ^{cd}	4,89±0,08 ^b	6,63±0,09 ^a
Leucyna	8,83±0,24 ^e	11,22±0,48 ^{cd}	12,57±0,29 ^c	12,57±0,36 ^c	10,57±0,07 ^d	13,81±0,24 ^b	15,06±0,14 ^a
Lizyna	1,16±0,44 ^d	1,11±0,02 ^d	1,35±0,06 ^d	1,86±0,20 ^c	1,79±0,03 ^c	2,32±0,04 ^b	3,31±0,05 ^a
Metionina	1,15±0,10 ^d	1,23±0,02 ^d	1,31±0,05 ^c	1,69±0,07 ^b	1,36±0,01 ^c	1,75±0,03 ^b	1,98±0,04 ^a
Cysteina	0,38±0,04 ^c	0,36±0,06 ^c	0,34±0,05 ^c	0,47±0,01 ^b	0,29±0,18 ^c	0,40±0,01 ^b	0,60±0,01 ^a
Fenylalanina	3,11±0,09 ^c	3,60±0,01 ^c	3,90±0,13 ^b	4,64±0,16 ^{ab}	3,59±0,57 ^b	4,90±0,10 ^{ab}	5,44±0,06 ^a
Tyrozyna	1,78±0,01 ^d	2,09±0,05 ^c	1,94±0,11 ^c	2,47±0,09 ^{bc}	2,00±0,01 ^c	2,96±0,07 ^b	3,64±0,04 ^a
Treonina	2,12±0,04 ^e	2,42±0,02 ^d	2,67±0,07 ^{cd}	3,13±0,10 ^b	2,63±0,02 ^{cd}	3,44±0,05 ^b	4,04±0,07 ^a
Walina	3,00±0,16 ^{cd}	3,22±0,11 ^{cd}	3,58±0,12 ^c	4,18±0,13 ^b	3,69±0,03 ^c	4,77±0,09 ^b	5,91±0,18 ^a
<i>Aminokwasy endogenne</i>							
Alanina	5,98±0,18 ^c	6,05±0,04 ^c	6,06±0,16 ^c	6,75±0,14 ^b	6,29±0,04 ^{bc}	9,15±0,13 ^a	10,97±0,14 ^a
Arginina	2,65±0,13 ^{cd}	2,35±0,02 ^d	4,14±0,11 ^a	4,52±0,14 ^a	2,87±0,04 ^c	3,62±0,08 ^b	4,77±0,04 ^a
Kwas apraraginowy	4,48±0,32 ^d	5,03±0,06 ^{cd}	5,83±0,06 ^c	6,98±0,20 ^b	5,21±0,04 ^{cd}	6,85±0,12 ^b	8,11±0,15 ^a
Kwas glutaminowy	15,41±0,56 ^d	17,46±0,52 ^c	19,87±0,53 ^b	21,05±0,56 ^a	15,87±0,21 ^d	21,11±0,38 ^a	22,86±0,42 ^a
Glicyna	1,99±0,15 ^c	2,31±0,03 ^c	2,56±0,10 ^a	3,24±0,10 ^b	2,75±0,02 ^c	3,89±0,08 ^b	5,06±0,08 ^a
Prolina	6,09±0,04 ^b	7,17±0,17 ^a	7,25±0,30 ^a	6,28±0,07 ^b	6,33±0,42 ^b	7,12±0,15 ^a	7,36±0,16 ^a
Seryna	3,40±0,06 ^c	3,68±0,21 ^{bc}	4,08±0,12 ^b	4,79±0,15 ^a	3,68±0,02 ^{bc}	4,86±0,09 ^a	5,50±0,05 ^a

Wartości średnie oznaczone w wierszach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha=0,05$

Oznaczenia:

P 0 produkt bez dodatku białka

PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego

PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego

PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Jak podaje w swoim opracowaniu Montowska i in. (2019), proszki ze świerszczy są także doskonałym źródłem ważnych z żywieniowego punktu widzenia związków mineralnych⁵¹¹. Przeanalizowane komercyjne mączki ze świerszczy domowych okazały się bogate w żelazo, wapń, magnez, ale także cynk, mangan i miedź. Przeanalizowano zatem również zmiany profilu związków mineralnych otrzymanych ekstraktów, a wyniki zaprezentowano w tabeli 47b.

Zgodnie z przewidywaniem, zastosowanie obu dodatków białkowych w większości przypadków zwiększyło zawartość analizowanych związków mineralnych. Białko konopne okazało się lepszym źródłem wapnia niż dodatek świerszczy domowych, choć w każdym wariancie wzbogaconych ekstraktów zaobserwowano znaczący wzrost zawartości tego pierwiastka względem ekstraktów kontrolnych (P 0). Ku zaskoczeniu, również dodatek białka konopnego spowodował wyższy wzrost zawartości żelaza w produktach finalnych. Jak podaje Smarzyński i in. (2021) zastosowanie dodatku mączki ze świerszczy domowych istotnie podwyższyło zawartość żelaza w ciastkach kruchych tym więcej, im większy udział dodatku zastosowano⁵¹². W niniejszych badaniach zaobserwowano jednak nieistotne statystycznie zmiany zawartości żelaza w wariantach PS I i PS II z udziałem proszku ze świerszczy. Prawdopodobnie mogło to być spowodowane niższą niż opisują dane literaturowe zawartością żelaza w proszku ze świerszczy. Zastosowanie jednak najwyższej zawartości białka owadziego wpłynęło na wzrost zawartości żelaza. Również w przypadku magnezu zaobserwowano znacznie wyższy wzrost zawartości tego minerału w ekstraktach z dodatkiem białka konopnego, każdorazowo niemal dwukrotnie więcej magnezu zawierały ekstrakty z tym białkiem w porównaniu z ekstraktami z białkiem ze świerszczy, o takim samym poziomie dodatku. Na uwagę zasługuje także zawartość sodu. Jak podają dane literaturowe sód jest odpowiedzialny za narastający globalnie problem nadciśnienia tętniczego, a towarzystwa żywieniowe zalecają ograniczenie jego spożycia⁵¹³. Zastosowanie białka

⁵¹¹ Montowska M., Kowalczewski P.Ł., Rybicka I., Fornal E., (2019), Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders, *Food Chemistry*, 289, pp. 130-138, doi:10.1016/j.foodchem.2019.03.062.

⁵¹² Smarzyński K., Sarbak P., Kowalczewski P.Ł., Różańska M.B., Rybicka I., Polanowska K., Monika Fedko M., Kmieciak D., Masewicz Ł., Nowicki M., Lewandowicz J., Jeżowski P., Kačániová M., Ślachciński M., Piechota T., Baranowska H.M., (2021), Low-Field NMR Study of shortcake biscuits with cricket powder and their nutritional and physical characteristics. *Molecules*, 26, 5417, doi:10.3390/molecules26175417.

⁵¹³ Filippini T., Malavolti M., Whelton P.K., Vinceti M., (2022), Sodium intake and risk of hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of observational cohort, *Current Hypertension Reports*, 24, pp. 133–144, doi: 10.1007/s11906-022-01182-9.

konopnego spowodowało obniżenie zawartości sodu w ekstrudatach, co z punktu widzenia prewencji hipertensji jest szczególnie istotne.

Tabela 49b. Profil związków mineralnych ekstrudatów

Minerał	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
Wapń (Ca)	2,37±0,36 ^f	7,40±0,06 ^d	13,06±1,47 ^b	16,73±0,61 ^a	5,07±0,11 ^e	9,35±0,08 ^c	12,37±0,36 ^b
Potas (K)	340,2±70,8 ^b	335,2±45,4 ^{ab}	372,3±17,7 ^a	382,0±22,1 ^a	301,4±44,7 ^b	313,0±60,1 ^b	346,5±47,2 ^{ab}
Żelazo (Fe)	0,84±0,01 ^c	1,07±0,06 ^c	2,15±0,08 ^b	3,13±0,34 ^a	0,88±0,04 ^e	0,82±0,08 ^c	1,82±0,26 ^b
Magnez (Mg)	13,75±0,50 ^f	32,01±0,26 ^c	42,96±1,33 ^b	59,93±0,81 ^a	17,47±1,93 ^e	20,19±2,47 ^d	21,02±0,85 ^d
Mangan (Mn)	0,15±0,01 ^f	0,42±0,01 ^c	0,71±0,03 ^b	1,08±0,01 ^a	0,19±0,01 ^e	0,23±0,00 ^e	0,32±0,02 ^d
Miedź (Cu)	0,25±0,03 ^d	0,24±0,01 ^d	0,31±0,03 ^c	0,39±0,01 ^c	0,22±0,01 ^d	0,43±0,01 ^b	0,56±0,01 ^a
Cynk (Zn)	0,49±0,03 ^d	0,90±0,07 ^c	1,32±0,05 ^b	2,21±0,40 ^a	1,30±0,04 ^b	1,43±0,02 ^b	1,78±0,09 ^a
Sód (Na)	634,0±22,5 ^a	533,94±69,0 ^b	561,9±49,1 ^b	571,2±17,1 ^b	643,79±19,6 ^a	666,28±28,5 ^a	703,9±12,8 ^a

Wartości średnie oznaczone w wierszach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha=0,05$

Oznaczenia:

P 0 produkt bez dodatku białka

PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego

PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego

PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

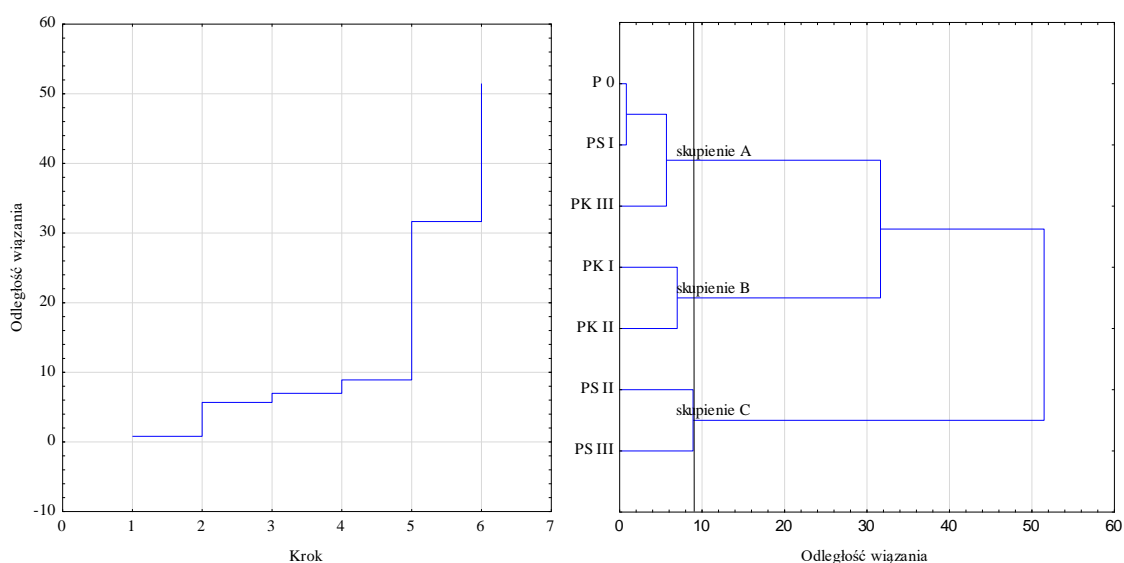
Źródło: badania własne.

6.4.2. Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie wartości odżywczej

Kolejnym elementem badań było przeprowadzenie analizy skupień, której zadaniem było wyłonienie grup produktów różniących się poziomem wartości odżywczej. W obliczeniach zastosowano metodę aglomeracji Warda, a podstawą aglomeracji były odległości euklidesowe. Wyniki analizy interpretowano na dendrogramie, na którym wyznaczano skupienia w oparciu o wykres przebiegu aglomeracji (rys. 26).

Uzupełnieniem analizy skupień było zbadanie istotności różnic pomiędzy przeciętnym poziomem każdego wyróżnika jakości w wyznaczonych skupieniach. Hipotezę zerową o równości wartości średniej weryfikowano testem F Fishera-Snedecora, a analizę post-hoc wykonywano testem NIR. Weryfikację wykonano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Na rysunku 26 przedstawiono wykres aglomeracji ocenianych produktów stanowiący podstawę ustalenia liczby skupień.



Rys. 26. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie cech wartości odżywczej

Źródło: badania własne.

Na podstawie graficznej analizy wykresu stwierdzono, że pierwszy wyraźny, skokowy wzrost poziomu krzywej nastąpił po kroku 5, któremu odpowiadała odległość aglomeracyjna równa 9,5 (rys. 26). Analiza dendrogramu pozwoliła zatem

na wyodrębnienie 3 skupień: skupienia A, na które składały się produkty: P 0, PS I i PK III, skupienia B obejmującego produkty: PK I i PK II oraz skupienia C, do którego zaliczono produkty: PS II i PS III.

Tabela 50. Wartość odżywcza - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Skupienie	A P 0, PS I i PK III	B PK I i PK II	C PS II i PS III	<i>p</i>
Wartość energetyczna (KJ/100 g)	1609,8 ^b	1593,9 ^a	1627,9 ^c	0,003
Zawartość tłuszczu (g/100 g)	2,14 ^b	1,52 ^a	2,49 ^c	0,005
Zawartość węglowodanów (g/100 g)	80,28 ^a	80,85 ^a	78,19 ^a	0,104
Zawartość białka (g/100 g)	9,83 ^a	9,72 ^a	12,19 ^b	0,038
Zawartość popiołu (g/100 g)	1,79 ^a	1,79 ^a	1,77 ^a	0,996

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Na podstawie wartości średnich ujętych w tabeli 48 oraz wyników testu NIR stwierdzono, że wyodrębnione skupienia stanowiły produkty różniące się wartością energetyczną, zawartością tłuszczu i białka (tab. 48).

Pierwsze skupienie (A) utworzyły ekstrudaty P 0, PS I i PK III, charakteryzujące się zbliżoną wartością odżywczą do produktu bez dodatku wzbogacającego (P 0). Do grupy tworzącej drugie skupienie (B) zaklasyfikowano produkty PK I i PK II. Cechą charakterystyczną tej grupy była najniższa wartość energetyczna, zawartość białka i tłuszczu.

Kolejne skupienie (C) utworzyły produkty PS II i PS III, które sklasyfikowano jako produkty o istotnie najwyższej zawartości białka, tłuszczu i najwyższej wartości energetycznej.

Wnioski etapowe – wartość odżywcza

1. Wytworzone ekstrudaty zróżnicowane były pod względem wartości odżywczej. Dodatek proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) w ilości 2%

w recepturze ekstrudatu nie wpłynął znacząco na zwiększenie wartości odżywczej w porównaniu do produktu P 0.

2. Do produktów o zbliżonej wartości odżywczej – skupienie A zaliczono produkty P 0, PK III i PS I.
3. Produktami o najwyższej zawartości białka były ekstrudaty z 4 i 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych - PS II i PS III. Powyższe produkty pomimo zwiększenia udziału proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) w recepturze ekstrudatów charakteryzowały się równą wartością analizowanego parametru.
4. Zwiększenie zawartości proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) do 4 oraz 7% w recepturze ekstrudatu spowodowało wytworzenie produktów o najwyższej zawartości tłuszczu i wartości energetycznej.
5. Wpływ dodatku białka konopnego (*C. sativa*) obserwowany był w największym stopniu poprzez zwiększenie zawartości popiołu i zmniejszenie zawartości tłuszczu i wartości energetycznej, co było szczególnie zauważalne w produktach PK I i PK II, stanowiących produkty o podobnej wartości odżywczej (skupienie B).
6. Obserwowano zarówno wpływ wielkości jak i rodzaju dodatku na wszystkie parametry wartości odżywczej.

Weryfikacja hipotez:

Hipoteza cząstkowa H 2.1. została zweryfikowana pozytywnie.

- H 2.1.** Produkty przekąskowe wzbogacane proszkiem ze świerszczy domowych (*Acheta domesticus*) cechują się wyższą zawartością białka w porównaniu do produktów wzbogacanych białkiem konopnym.

6.4.3. Barwa produktu

Barwa stanowi jeden z ważniejszych czynników determinujących wybór produktów żywnościowych przez konsumentów. W zależności od użytego surowca powodować może zarówno pozytywny odbiór produktu, związany z dostarczeniem konsumentowi wartości estetycznych, jak i jego odrzucenie wynikające z uprzedzeń i przyjętych wyobrażeń na temat produktu⁵¹⁴. Barwa i wygląd ekstrudowanego produktu przekąskowego, określające jakość produktu, mogą być determinowane sposobem

⁵¹⁴ Śmiechowska M., Dmowski P., Sagan E., (2014), Wpływ czasu parzenia i stopnia rozdrobnienia herbaty czarnej na barwę naparu i jego właściwości przeciwutleniające, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość.*, 5(96), s. 206-216.

obróbki surowca, parametrami procesu ekstruzji oraz sposobem przechowywania gotowego produktu⁵¹⁵. Co więcej, barwa ekstrudowanych wyrobów przekąskowych zależy również od miejsca pomiaru – zewnętrznej części lub przekroju produktu⁵¹⁶.

Podczas procesu ekstruzji przekąsek wysokobiałkowych może dojść do obniżenia wartości parametru L*, co związane jest z zachodzącymi podczas procesu reakcjami Maillarda. Zwiększenie ilości białka w mieszankach do ich produkcji powodować może także podwyższenie wartości b* odpowiadającej za udział barwy żółtej w produkcji⁵¹⁷. Barwę wytworzonych produktów ekstrudowanych zaprezentowano w tabeli 49 i 50.

Tabela 51. Barwa produktów wzbogacanych białkiem konopnym (*C. sativa*)

Kolorymetr				
Produkt rozdrobniony	P 0	PK I	PK II	PK III
L*	85,48±0,30	81,46 ^c ±0,23	80,47 ^b ±0,31	78,03 ^a ±1,09
a*	-3,65±0,19	-2,88 ^c ±0,07	-2,75 ^b ±0,006	-2,24 ^a ±0,020
b*	35,63±0,050	33,79 ^c ±0,048	30,55 ^b ±0,083	29,23 ^a ±0,025
System wizyjny				
Wygląd zewnętrzny produktu	P 0	PK I	PK II	PK III
L*	81,25±1,60	80,72 ^b ±0,41	80,31 ^b ±0,56	78,78 ^a ±0,19
a*	-9,79±0,35	-10,01 ^b ±0,26	-9,01 ^a ±0,22	-8,76 ^a ±0,21
b*)	35,05±2,24	35,15 ^b ±1,64	32,15 ^a ±0,90	31,37 ^a ±0,80
Barwa przekroju produktu	P 0	PK I	PK II	PK III
L*	85,59±0,55	82,11 ^c ±0,52	80,34 ^b ±0,071	78,53 ^a ±0,55
a*	-9,22±0,35	-10,32±0,53	-10,55±0,49	-10,44±0,43
b*	30,42±1,25	36,68 ^a ±1,87	38,30 ^b ±1,83	39,52 ^c ±0,90

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy wartością parametrów barwy produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów kolorymetrycznych stwierdzono, że wśród badanych ekstrudatów najjaśniejszą barwą charakteryzował się produkt

⁵¹⁵ Day L., Swanson B. G., (2013), Functionality of Protein-Fortified Extrudates, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, pp. 468-482, doi:10.1111/1541-4337.1202.

⁵¹⁶ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food Chemistry*, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵¹⁷ Day L., Swanson B. G., (2013), Functionality of Protein-Fortified Extrudates, ..., *op.cit.*, pp. 468-482, doi:10.1111/1541-4337.1202.

P 0 ($L^*=85,48$) (tab. 49). Dla tego produktu stwierdzono również najniższe wartości parametru a^* ($-3,65$) i najwyższe wartości parametru b^* ($35,63$).

Produkty z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) charakteryzowały się ciemniejszą barwą z większym udziałem barwy czerwonej oraz mniejszym nasyceniem barwą żółtą. Co więcej, powyższe zmiany barwy obserwowane były dla produktu oznaczanego w formie rozdrobnionej i przy pomiarze barwy struktury zewnętrznej, przy wzrastającej ilości dodatku (tab. 49, tab. 50, rys. 27). Najciemniejszą barwą charakteryzowały się ekstrudaty o najwyższym dodatku konopi siewnej (*C. sativa*) ($L^*=78,03$) (tab. 15). Wśród wyrobów przekąskowych z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) zaobserwowano natomiast najwyższe wartości parametru $a^*=-1,16$ i najniższe wartości parametru $b^*=26,57$ (tab. 50).

Tabela 52. Barwa produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Kolorymetr				
Produkt rozdrobniony	P 0	PS I	PS II	PS III
L^*	85,28±0,30	83,55 ^c ±0,16	81,23 ^b ±0,18	79,72 ^a ±0,14
a^*	-3,65±0,19	-2,50 ^c ±0,006	-2,12 ^b ±0,007	-1,16 ^a ±0,008
b^*	35,63±0,050	32,25 ^c ±0,058	30,14 ^b ±0,048	26,57 ^a ±0,086
System wizyjny				
Wygląd zewnętrzny produktu	P 0	PS I	PS II	PS III
L^*	81,25±1,60	81,71 ^c ±0,34	81,08 ^b ±0,16	80,50 ^a ±0,16
a^*	-9,79±0,35	-9,39 ^c ±0,32	-8,83 ^b ±0,23	-8,14 ^a ±0,34
b^*	35,05±2,24	34,03 ^c ±0,74	32,28 ^b ±0,56	29,82 ^a ±0,73
Barwa przekroju produktu	P 0	PS I	PS II	PS III
L^*	85,59±0,55	81,97 ^c ±0,052	80,90 ^b ±0,43	79,60 ^a ±0,78
a^*	-9,22±0,35	-10,50 ^b ±0,20	-10,23 ^b ±0,24	-9,69 ^a ±0,36
b^*	30,42±1,25	38,46±0,84	38,21±0,72	37,42±1,13

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy wartością parametrów barwy produktów z grupy PS w teście NIR ($p<0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Przeprowadzone ocena barwy w wytworzonych ekstrudowanych produktach przekąskowych wykazała różnice badanych parametrów w zależności od metody pomiaru. Ocena barwy przekroju produktów oraz wyglądu zewnętrznego, mierzone przy pomocy systemu wizyjnego charakteryzowały się większym udziałem barwy

zielonej (a*) i żółtej (b*) w stosunku do produktu rozdrobnionego mierzonego metodą kolorymetryczną (tab. 49, tab. 50).

Kolejnym elementem badań była analiza zróżnicowania barwy pomiędzy grupami produktów P 0, PK (PK I, PK II i PK III) oraz PS (PS I, PS II, PS III) (tab. 51).

Tabela 53. Porównanie wyznaczonych parametrów barwy produktu ze względu na rodzaj dodatku i metody pomiaru

Rodzaj mieszanki		P 0	PK	PS	Test F [p]
Analiza kolorymetryczna (produkt rozdrobniony)					
L*	Średnia	85,28 ^b	80,17 ^a	81,50 ^a	0,000
	SD	0,314	1,536	1,613	
a*	Średnia	-3,65 ^a	-2,66 ^b	-1,93 ^c	0,000
	SD	0,190	0,292	0,579	
b*	Średnia	35,63 ^b	31,50 ^a	29,65 ^a	0,000
	SD	0,499	2,102	2,465	
Analiza wizyjna - wygląd zewnętrzny produktu					
L*	Średnia	81,25 ^b	79,93 ^a	81,15 ^b	0,000
	SD	1,487	0,985	0,566	
a*	Średnia	-9,79 ^a	-9,30 ^b	-8,79 ^c	0,001
	SD	0,310	0,600	0,622	
b*	Średnia	35,05 ^b	32,98 ^a	32,05 ^a	0,010
	SD	2,016	1,958	1,888	
Analiza wizyjna - wygląd wewnętrzny produktu					
L*	Średnia	85,59 ^b	80,33 ^a	80,82 ^a	0,000
	SD	0,554	1,607	1,143	
a*	Średnia	-9,22 ^a	-10,40 ^b	-10,10 ^b	0,000
	SD	0,350	0,464	0,433	
b*	Średnia	30,42 ^a	38,17 ^b	38,03 ^b	0,000
	SD	1,253	1,923	0,970	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świeższcza domowego

Źródło: badania własne.

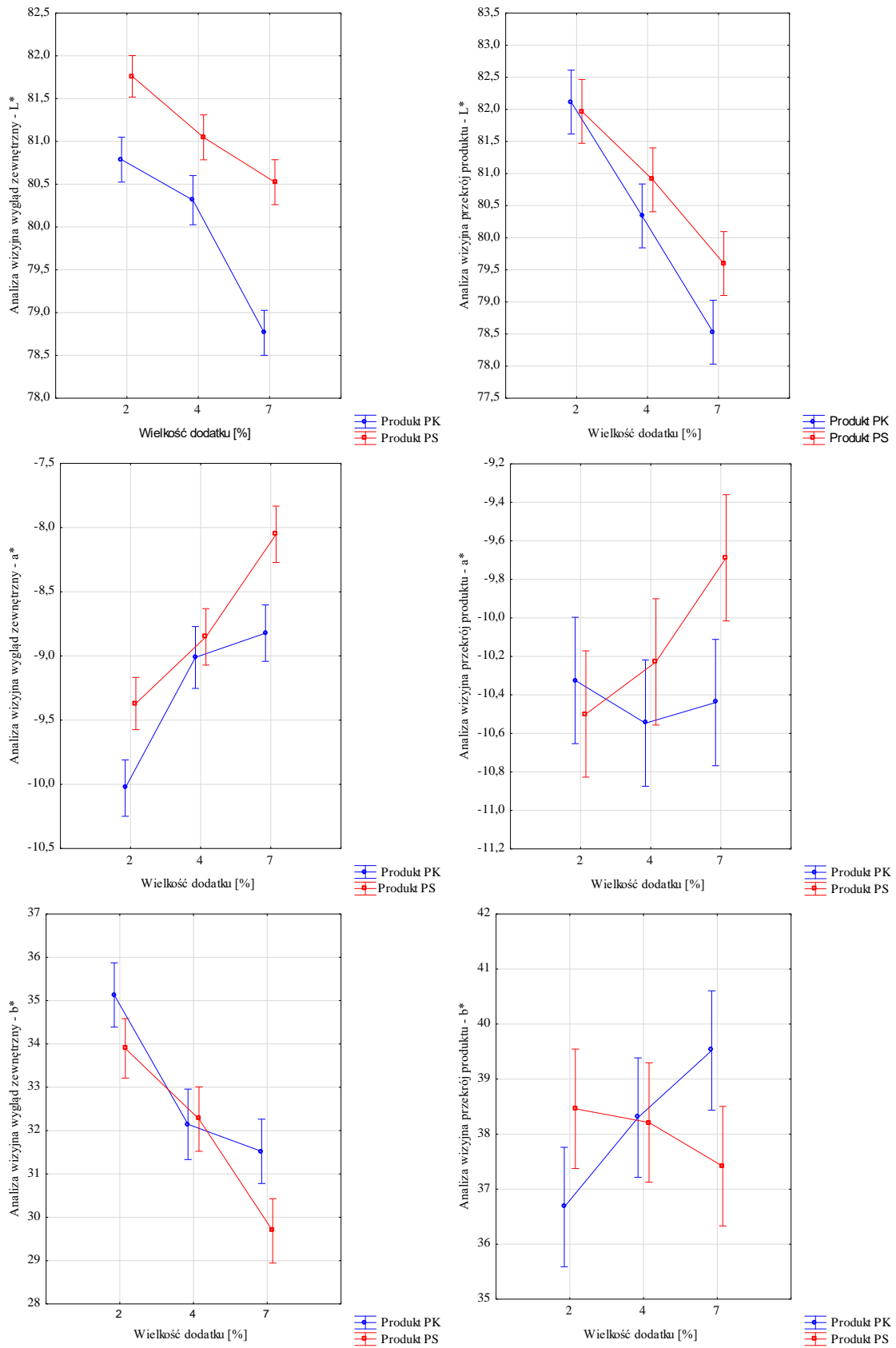
Wyniki testu F Fishera-Snedecora wykazały, że badane produkty (P 0, PK i PS) różniły się istotnie wartościami parametrów barwy – przy poziomie istotności 0,05 ($p < 0,05$) (tab. 51). Największe różnice barwy obserwowano pomiędzy produktem bez dodatku P 0, a produktami wzbogacanymi PK i PS. Przeprowadzony test NIR wykazał 3 zależności: podobieństwo między udziałem barwy żółtej w produktach wzbogaczonych, zbliżoną jasność produktów P 0 i PS mierzonych w całości oraz zbliżone parametry barwy przekroju ekstrudatów PK i PS.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono, że parametry barwy wytworzonych produktów różnicowane były nie tylko przez rodzaj wprowadzonego dodatku wzbogacającego, ale także jego ilość (tab. 52). Wpływu rodzaju i wielkości dodatku nie obserwowano dla parametru b^* mierzonego w przekroju produktu (tab. 52, rys. 27). Dla prawie wszystkich badanych parametrów obserwowano istotną statystycznie interakcję obu czynników. Wyjątek stanowił brak istotnie statystycznego efektu interakcji dla parametru jasność (przekrój produktu).

Tabela 54. Zróżnicowanie parametrów barwy w zależności od rodzaju i mieszanki oraz wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)

Badany parametr	Rodzaj produktu	Dodatek procentowy	Rodzaj produktu*Dodatek procentowy
	<i>p</i>		
Kolorymetr (produkt rozdrobniony)			
L*	0,000	0,000	0,000
a*	0,000	0,000	0,000
b*	0,000	0,000	0,000
Analiza wizyjna wygląd zewnętrzny			
L*	0,000	0,000	0,001
a*	0,000	0,000	0,022
b*	0,003	0,000	0,040
Analiza wizyjna przekrój produktu			
L*	0,018	0,000	0,158
a*	0,030	0,049	0,025
b*	0,757	0,225	0,004

Źródło: badania własne.



Rys. 27. Zróżnicowanie średniego poziomu barwy w produktach z dodatkami w zależności od rodzaju, wielkości dodatku i miejsca pomiaru

Źródło: badania własne.

Przeprowadzona analiza literatury wykazała, że obserwowane w produktach PK I, PK II i PK III zmiany barwy - obniżenie jasności (L^*) oraz wzrost udziału barwy niebieskiej ($-b^*$) pod wpływem wzrostu ilości dodatku wzbogacającego były zbliżone do wyników Radočaj (2014)⁵¹⁸. Na podstawie porównania barwy ekstrudatów PK z badaniami dostępnymi w literaturze stwierdzono, że badane wyroby przekąskowe PK charakteryzowały się barwą o większym udziale parametru L^* , mniejszych wartościach parametru a^* i wyższych wartościach b^* ^{519,520}.

Powołując się na badania literaturowe zespołów Bawa i in. (2020) i Igual i in. (2020), dotyczące wzbogacania produktów zbożowych w proszek ze świerszcza stwierdzono, że wzrost ilości dodatku proszku ze świerszcza, podobnie jak w przypadku produktów PS, powodował obniżenie jasności, wzrost lub niewielkie wahania wartości parametru a^* i spadek wartości parametru b^* ^{521,522}. W ekstrudatach z badań Igual obserwowano wartości parametrów $L^*=40,00\div 52,00$, $a^*=2,00\div 3,80$, $b^*=18,00\div 21,00$ oznaczone dla produktu w całości⁵²³. W ciastkach oraz pieczywie z dodatkiem proszku ze świerszcza obserwowano wartości parametrów na poziomie $L^*=60,62\div 67,66$, $a^*=4,44\div 4,47$ $b^*=18,87\div 22,68$ ⁵²⁴.

Wnioski etapowe – barwa produktu

1. Analiza składowych modelu CIE Lab wykazała, że wartości parametrów L^* a^* i b^* różniły się w zależności od metody pomiaru.
2. Produktem o najwyższych wartościach parametru L^* był produkt P 0. Najwyższe wartości parametru a^* obserwowane były natomiast dla produktu PS III. Znaczący

⁵¹⁸ Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp (*Cannabis sativa L.*) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers, *Journal of Food Science*, 79(3), pp. 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.

⁵¹⁹ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food Chemistry*, 129, pp 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵²⁰ Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp..., *op.cit.*, pp. 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.

⁵²¹ Bawa M., Songsermpong S., Kaewtapee C., Chanput W., (2020), Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket (*Acheta domesticus*) powder, *Journal of Food Processing and Preparation*, 44, 8, pp. 1-9, doi:10.1111/jfpp.14601.

⁵²² Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, *Journal of Food Engineering*, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

⁵²³ Tamże, pp. 1-7.

⁵²⁴ Bawa M., Songsermpong S., Kaewtapee C., Chanput W., (2020), Nutritional, sensory..., *op.cit.*, pp. 1-9, doi:10.1111/jfpp.14601.

udział barwy żółtej, reprezentowanej przez dodatnie wartości parametru b^* cechował przekrój produktu PK III.

3. Pod wpływem zwiększającej się ilości wprowadzonego do receptury ekstrudatu dodatku białkowego obserwowano obniżenie jasności barwy jego przekroju, jak i struktury zewnętrznej. Zmiana jasności barwy była w większym stopniu widoczna na zewnątrz produktu i przy zastosowaniu białka konopnego (*C. sativa*).
4. Przeprowadzony proces wzbogacania warunkował także wartości składowej a^* . Stwierdzono, że wzrastająca ilość obu rodzajów dodatków w większości przypadków obniżała udział barwy zielonej, a podwyższała czerwonej. Wyjątek stanowiła tu barwa przekroju, która dla produktu P 0, zarówno przy zastosowaniu białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*), cechowała się wyższą wartością parametru a^* w stosunku do produktów o 2% zawartości dodatku.
5. Wartości składowej b^* określonej dla zewnętrznej barwy produktu, jak i przy pomiarze rozdrobnionego produktu obniżała się pod wpływem wzrostu ilości dodatku.
6. Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła, że zarówno rodzaj jak i ilość dodatku wzbogacającego determinowały barwę analizowanych produktów.

6.4.4. Zawartość i aktywność wody produktu

Zawartość i aktywność wody stanowią istotne parametry warunkujące jakość i trwałość przechowalniczą produktów żywnościowych⁵²⁵. Kluczowe znaczenie zawartości i aktywności wody, szczególnie dla ekstrudowanych wyrobów przekąskowych obserwuje się poprzez ich wpływ na chrupkość i właściwości strukturalne, determinowane przede wszystkim składem przetwarzanej mieszanki, ale również warunkami procesu ekstruzji^{526,527}. Dla produktów powstałych w procesie ekstruzji zauważa się zwykle gwałtowne obniżenie jakości – utratę chrupkości, po przekroczeniu wartości granicznej a_w 0,40 do 0,55, co odpowiada zwykle zawartości wody na poziomie 8–10%⁵²⁸. Zawartość wody wytworzonych produktów przedstawiono w tabelach 53 i 54.

Tabela 55. Zawartość wody w produktach z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Zawartość wody produktu (g/100 g s.m.)	P 0	PK I	PK II	PK III
Średnia±SD	6,08±0,01	6,29 ^b ±0,02	5,98 ^b ±0,04	5,87 ^a ±0,06
Min÷max	6,07÷6,09	6,27÷6,31	5,95÷6,03	5,82÷5,94
Mediana	6,09	6,28	6,28	5,86

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy zawartością wody produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Ocena początkowej zawartości wody w produktach z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) wykazała, że w miarę wzrostu dodatku stwierdzono obniżenie zawartości wody w wytworzonych ekstrudatach. Najniższą zawartością wody charakteryzował się produkt PK III z 7% dodatkiem białka konopnego (5,87 g/100 g s.m.) (tab. 53). Najwyższa zawartość wody cechowała produkty PK I (6,29 g/100 g s.m.) z 2% dodatkiem białka konopnego i PK II (5,98 g/100 g s.m.) z 4% dodatkiem białka konopnego

⁵²⁵ Pałacha Z., (2008), Aktywność wody ważny parametr trwałości żywności, Przemysł Spożywczy, 4, s. 22-26.

⁵²⁶ Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 574, s. 23-38.

⁵²⁷ Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia.

⁵²⁸ Heidenreich S., Jaros D., Rohm H., Ziems A., (2005), Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps, Journal of Texture Studies, 35, pp. 621-633, doi:10.1111/j.1745-4603.2004.35513.x.

(*C. sativa*), a zawartość wody w produkcie PK I była wyższa w stosunku do produktu bazowego P 0 (6,08 g/100 g s.m.) (tab. 53).

Na podstawie analizy literatury stwierdzono, że w zależności od rodzaju i ilości zastosowanego dodatku konopi obserwowano różnorodną zawartość wody w innych przykładach wytworzonych produktów. W ekstrudatach ryżowych z dodatkiem proszku z konopi, podobnie jak w produktach PK I, PK II i PK III, stwierdzono obniżenie zawartości wody w miarę wzrostu udziału dodatku wzbogacającego⁵²⁹. Natomiast w innych produktach przekąskowych, w krakersach z dodatkiem konopnym stwierdzono zwiększenie zawartości wody w miarę wzrostu ilości dodatku konopi do produktu⁵³⁰.

Tabela 56. Zawartość wody w produktach z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Zawartość wody produktu (g/100 g s.m.)	P 0	PS I	PS II	PS III
Średnia±SD	6,08±0,01	5,93 ^c ±0,02	5,58 ^b ±0,01	5,13 ^a ±0,04
Min÷max	6,07÷6,09	5,9÷5,95	5,57÷5,59	5,09÷5,16
Mediana	6,09	5,95	5,59	5,16

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy zawartością wody produktów z grupy PS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Produkty z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (PS) charakteryzowały się niższą zawartością wody w porównaniu do ekstrudatów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (PK) (tab. 53, tab. 54). W produktach przekąskowych z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) stwierdzono również zależność pomiędzy ilością wprowadzanego dodatku, a zawartością wody. Opracowane statystyczne (test NIR) wykazało, że pomiędzy wszystkimi produktami z dodatkiem proszku ze świerszczy występowały statystycznie istotne różnice w zawartości wody. Podobnie jak w przypadku ekstrudatów wzbogaczanych białkiem

⁵²⁹ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, Food Chemistry, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵³⁰ Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers, Journal of Food Science, 79(3), 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.

konopnym (PK) najniższą zawartością wody cechował się produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy PS III (5,13 g/100 g s.m.) (tab. 54, rys. 28).

W badaniach Igual i in. (2020) stwierdzono podobną zależność – obniżenie zawartości wody przy wzroście ilości dodatku. Zawartość wody w ekstrudatach z dodatkiem proszku ze świerszczy wytworzonych przez zespół Igual (2020) wahała się w przedziale 4,24÷5,56 g/100 g s.m.⁵³¹.

Na podstawie przeprowadzonych badań przypuszczać można, że poziom zawartości wody, zarówno w ekstrudatach wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) uwarunkowany był wielkością dodatku w składzie recepturowym mieszanek oraz stopniem odparowania wody w procesie ekstruzji.

Kolejnym ocenianym parametrem wzbogacanych produktów przekąskowych była aktywność wody (tab. 55 i 56).

Tabela 57. Aktywność wody produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Aktywność wody produktu (-)	P 0	PK I	PK II	PK III
Średnia±SD	0,2130±0,009	0,2068 ^a ±0,009	0,2009 ^a ±0,008	0,2058 ^a ±0,009
Min÷max	0,2015÷0,2294	0,1968÷0,2243	0,1913÷0,2134	0,1958÷0,2180
Mediana	0,2122	0,2053	0,1989	0,2033

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy aktywnością wody produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonego testu NIR stwierdzono, że w grupie produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) nie obserwowano istotnie statystycznych różnic w aktywności wody. Produkty z dodatkiem białka konopnego charakteryzowały się niższą aktywnością wody w porównaniu do produktu bazowego P 0 (tab. 55). Jednocześnie porównanie aktywności wody wytworzonych ekstrudatów (0,2009÷0,2068) z aktywnością wody mieszanek (0,6181÷0,6430) (tab. 40) z udziałem białka konopnego wykazało pozytywny wpływ procesu ekstruzji, w wyniku którego

⁵³¹ Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, Journal of Food Engineering, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

uzyskano produkt charakteryzujący się niską aktywnością wody, gwarantującą stabilność mikrobiologiczną (tab. 55).

Tabela 58. Aktywność wody produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Aktywność wody Produktu (-)	P 0	PS I	PS II	PS III
Średnia±SD	0,2130±0,009	0,2010 ^b ±0,009	0,1974 ^b ±0,015	0,1736 ^a ±0,012
Min÷max	0,2015÷0,2294	0,1908÷0,2181	0,1794÷0,2187	0,1578÷0,1934
Mediana	0,2122	0,1980	0,1938	0,1690

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy aktywnością wody produktów z grupy PS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Charakterystyka porównawcza wyznaczonej aktywności wody produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) wykazała analogiczny związek, jak w przypadku zależności pomiędzy zawartością wody i wielkością dodatku wzbogacającego. Aktywność wody (a_w) produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza ulegała obniżeniu wraz z ilością wprowadzanego dodatku wzbogacającego. Istotnie statystyczne różnice obserwowane były pomiędzy produktem PS III (0,1736), a pozostałymi produktami wzbogacanymi proszkiem ze świerszczy PS I (0,2010) i PS II (0,1974) (tab. 56). Analiza literatury wykazała, że zespół Igual i in. (2020) uzyskał podobną zależność – obniżenie aktywności wody w miarę wzrostu ilości dodatku proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) ($a_w=0,346\div0,296$)⁵³².

Na podstawie przeprowadzonych badań oceny zawartości i aktywności wody stwierdzono, że wytworzone produkty ekstrudowane, ze względu na niską wartość ocenianych parametrów powinny charakteryzować się chrupką konsystencją, typową dla produktów przekąskowych oraz odpowiednią stabilnością przechowalniczą.

W tabeli 57 przedstawiono zestawienie zawartości i aktywności wody względem rodzaju dodatku: P 0, PK (PK I, PK II i PK III) oraz PS (PS I, PS II i PS III).

⁵³² Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, Journal of Food Engineering, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

Przedstawione w tabeli wartości stanowiły średnie zawartości i aktywności wody dla wszystkich 3 poziomów dodatku (2%, 4% i 7%).

Tabela 59. Porównanie zawartości i aktywności wody produktów ze względu na rodzaj dodatku

Badany parametr		P 0	PK	PS	Test F [p]
Zawartość wody (g/100 g s.m.)	Średnia	6,08 ^b	6,047 ^b	5,551 ^a	0,000
	SD	0,01	0,184	0,338	
Aktywność wody (-)	Średnia	0,2130 ^b	0,204 ^b	0,191 ^a	0,000
	SD	0,009	0,009	0,017	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Przeprowadzona jednoczynnikowa analiza wariancji z użyciem parametrycznego testu F Fishera-Snedecora wykazała istnienie istotnie statystycznych różnic w obu ocenianych cechach. Na podstawie przeprowadzonego testu NIR stwierdzono, że w badanych produktach, inaczej niż w przypadku mieszanek (tab. 42), nie obserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupami produktów P 0 i PK. Istotnie najniższe wartości parametrów zawartości i aktywności wody obserwowano w grupie produktów PS (tab. 57).

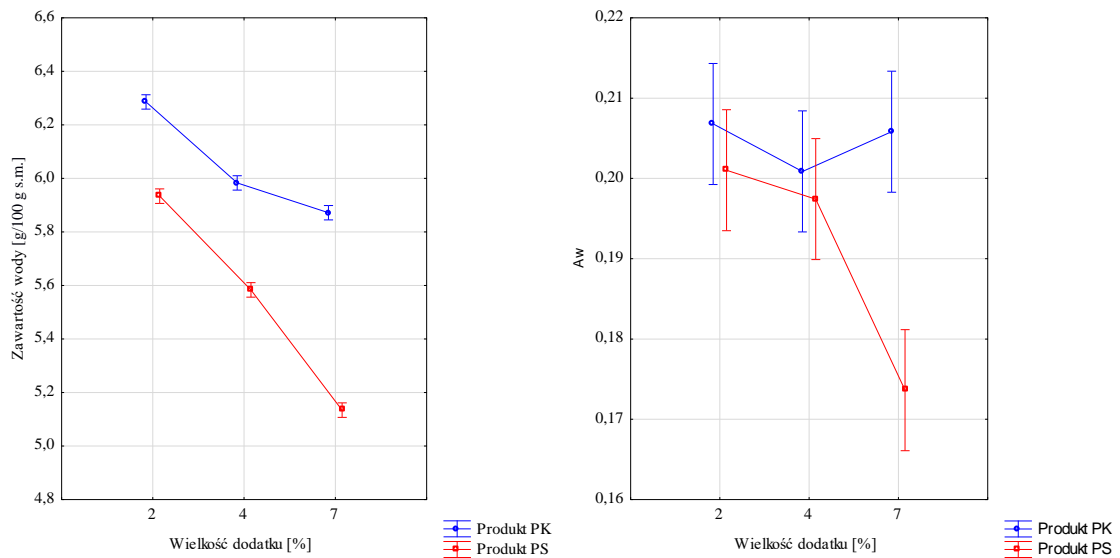
Tabela 60. Zróznicowanie zawartości i aktywności wody w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)

Badany parametr	Rodzaj produktu	Dodatek procentowy	Rodzaj produktu*Dodatek procentowy
	p		
Zawartość wody (g/100 g s.m.)	0,000	0,000	0,000
Aktywność wody (-)	0,000	0,002	0,000

Źródło: badania własne.

Na podstawie wyników testu F i przeprowadzonej dwuczynnikowej analizy wariancji wykazano, że na zawartość i aktywność wody badanych ekstrudatów wpływ miał zarówno rodzaj zastosowanego dodatku w produkcji oraz jego ilość. Istotna

statystycznie interakcja czynników rodzaj dodatku i ilość dodatku obserwowana była w obu ocenianych parametrach (tab. 58).



Rys. 28. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości i aktywności wody w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.

Wnioski etapowe – zawartość i aktywność wody

1. Wszystkie wytworzone produkty ekstrudowane z wyłączeniem produktu PK I charakteryzowały się niższą w stosunku do produktu P 0 zawartością wody.
2. Aktywność wody we wszystkich produktach zmniejszała się pod wpływem wzrostu dodatku białka w recepturze ekstrudatów.
3. Najniższe zawartości badanych parametrów cechowały produkt PS III.
4. Analiza zawartości i aktywności wody dla produktów z uwzględnieniem tylko rodzaju dodatku (P 0, PK i PS) wykazała, że grupa produktów PS istotnie statystycznie różniły się od produktu P 0 i grupy produktów PK pod względem zawartości wody.
5. Za produkty o zbliżonej zawartości i aktywności wody uznano produkty PS I i PK II.
6. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono wpływ rodzaju dodatku jak i ilości dodatku na zawartość i aktywność wody otrzymanych ekstrudatów.

6.4.5. WAI i WSI

Współczynnik wodochłonności (WAI) stanowi parametr charakteryzujący zdolność do utrzymywania wody przez wyroby przekąskowe i zależy od parametrów prowadzonego procesu produkcyjnego oraz zawartości wody w surowcach⁵³³. Jego wysokie wartości wskazywać mogą na obecność dużych fragmentów skrobi w produkcie ekstrudowanym⁵³⁴. Współczynnik wodochłonności WAI stanowi ponadto miarę ilości żelu utworzonego przez zdyspergowane granulki skrobi w nadmiarze wody i jest powiązany z obecnością znaczących ilości grup hydrofilowych, jak również z porowatą strukturą ekstrudatu⁵³⁵.

Inne znaczenie przypisuje się współczynnikowi rozpuszczalności (WSI). Parametr WSI świadczy o intensywności przemian zachodzących podczas procesu ekstruzji. Dla produktów wysoko przetworzonych wartość WSI wynosić może nawet do 50%, stanowiąc w takim wypadku cechę wskazującą na szybki proces trawienia, wchłaniania jelitowego i wysokie stężenie poposiłkowe glukozy we krwi^{536,537}. Według Dinga i in. (2005) wartość współczynnika rozpuszczalności WSI zależy od rodzaju zastosowanych dodatków i ich cech fizykochemicznych, wilgotności surowców, jak i parametrów procesu ekstruzji⁵³⁸.

W tabelach 59 i 60 przedstawiono wartości parametrów WAI i WSI, stanowiących podstawowe, skorelowane wskaźniki jakości wyrobów ekstrudowanych.

⁵³³ Wójtowicz A., Bałtyn P., (2006), Ocena wybranych cech jakościowych popularnych przekąsek ziemniaczanych, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(47), s. 112,-123.

⁵³⁴ Oikonomou N.A., Krokida M.K., (2011), Literature Data Compilation of WAI and WSI of Extrudate Food Products, *International Journal of Food Properties*, 14, pp. 199-240.

⁵³⁵ Guan Z., Zhang Z., Ren X., Bian S., Xu E., Jin Z., Jiao A., (2022), Study on the relationship between the degradation degrees of glutinous rice starch extruded with different α -amylases and the qualities of Chinese rice wine, *International Journal of Food Science & Technology*, 57, 8, pp. 4792-4803, doi:10.1111/ijfs.15660.

⁵³⁶ Rzedzicki Z., Kasprzak M., (2005), Wpływ temperatury obróbki termoplastycznej na wybrane właściwości fizyczne ekstrudatów z udziałem razówki lędźwianowej (*Lathyrus sativus*), *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(44), s. 70-82.

⁵³⁷ Makowska A., (2013), Wpływ dodatku wytlóków lnianych na wybrane cechy jakościowe wyrobów przekąskowych wytworzonych metodą ekstruzji, *Aparatura Badawcza i Dydaktyka*, 4, s. 309-316.

⁵³⁸ Ding Q. B., Ainsworth P., Tucker G., Marson H., (2005), The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snack, *Journal of Food Engineering*, 66, pp. 283-289.

Tabela 61. Współczynnik wodochłonności (WAI) produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

WAI (g/g)	P 0	PK I	PK II	PK III
Średnia±SD	4,86±0,09	4,88 ^a ±0,10	5,04 ^b ±0,13	5,19 ^b ±0,13
Min÷max	4,75÷4,99	4,75÷5,01	4,86÷5,25	4,99÷5,37
Mediana	4,85	4,90	5,04	5,21

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy WAI produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w grupie produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) najwyższe wartości współczynnika wodochłonności (WAI) obserwowano w produktach PK II z 4% dodatkiem (5,04 g/ g) i PK III z 7% dodatkiem (5,19 g/ g) (tab. 59, rys. 29). Co więcej, wśród produktów wzbogacanych w białko konopne obserwowano wzrost współczynnika WAI w stosunku do produktu bazowego, a otrzymane wartości parametru WAI wzrastały wraz z ilością dodatku wzbogacającego.

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury stwierdzono, że otrzymana zależność była sprzeczna z wynikami zespołu Norajit (2011). W pracy wymienionej autorki obserwowano obniżenie współczynnika WAI dla ekstrudatów ryżowych, przy wzroście ilości dodatku proszku konopi siewnej (*C. sativa*) odtłuszczonej⁵³⁹. Podobne zależności – obniżenie właściwości hydrofilowych ekstrudatów wraz ze wzrostem zawartości białek stwierdzono w pracach Szpendowskiego i in. (1996) oraz Ruszkowskiej (2018)^{540,541}.

Oceniając uzyskane wartości współczynnika WAI w grupie produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy stwierdzono, że najwyższymi wartościami WAI charakteryzowały się produkty PS I z 2% dodatkiem (5,38 g/g) i PS II z 4% dodatkiem (5,39 g/ g), a uzyskane wartości były wyższe w porównaniu ze współczynnikiem WAI dla produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (tab. 59, tab. 60).

⁵³⁹ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, Food Chemistry, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵⁴⁰ Szpendowski J., Śmietana Z., Świgoń J., (1996), Badania wybranych właściwości fizykochemicznych koekstrudowanych preparatów białkowo-skrobiowych, Przemysł Spożywczy, 50(5), s. 31-32.

⁵⁴¹ Ruszkowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 148-165.

Tabela 62. Współczynnik wodochłonności (WAI) produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

WAI (g/ g)	P 0	PS I	PS II	PS III
Średnia±SD	4,86±0,09	5,38 ^b ±0,18	5,39 ^b ±0,13	5,20 ^a ±0,17
Min÷max	4,75÷4,99	5,16÷5,59	5,22÷6,65	4,99÷5,48
Mediana	4,85	5,37	5,38	5,20

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy WAI produktów z grupy PS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wprowadzenie proszku ze świerszczy spowodowało wytworzenie kompleksu skrobiowo-białkowego charakteryzującego się większą zdolnością utrzymania wody w porównaniu do produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i produktu bazowego. Wśród produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) obserwowano obniżenie wartości WAI, wraz ze wzrostem ilości dodatku wzbogacającego, co sprzeczne było z wynikami badań Igual i in. (2020)⁵⁴². Prawdopodobnie przypuszczać można, że w przeprowadzonych badaniach własnych zwiększenie w mieszance dodatku proszku ze świerszczy do 7% wpłynęło na mniejszy stopień żelifikacji skrobi w ekstrudacie (PS III) z większym udziałem białka, co mogło również mieć bezpośredni wpływ na niższą wartość współczynnika wodochłonności WAI w produkcie PS III.

Porównanie wyników z wynikami dostępnymi w literaturze, dotyczącymi wykorzystania innych surowców do produkcji ekstrudatów, pozwoliło stwierdzić, że uzyskane wartości współczynnika wodochłonności WAI produktów wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) zbliżone były

⁵⁴² Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, Journal of Food Engineering, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

do wartości uzyskanych dla innych ekstrudatów skrobiowych^{543,544,545}. Na podstawie przeprowadzonych badań przypuszczać można, że wartość współczynnika WAI determinowana była składem surowcowym mieszank z uwzględnieniem rodzaju dodatku (białko konopne i proszek ze świerszczy domowych), a utworzona wskutek procesu ekstruzji sieć skrobiowo-białkowa charakteryzowała się różną zdolnością utrzymania wody. W przypadku produktów wzbogacanych białkiem konopnym obserwowano wzrost współczynnika WAI w miarę zwiększenia dodatku białka konopnego (*C. sativa*). Natomiast zwiększenie dodatku proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) do 7% spowodowało obniżenie wartości współczynnika rozpuszczalności WAI.

Kolejnym ocenianym parametrem istotnym z punktu widzenia charakterystyki jakości wytworzonych ekstrudowanych produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy był współczynnik rozpuszczalności WSI.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że produkt bazowy P 0 charakteryzował się najwyższą wartością współczynnika rozpuszczalności WSI w grupie wszystkich wytworzonych wariantów produktów przekąskowych (tab. 61, tab. 62).

Tabela 63. Współczynnik rozpuszczalności (WSI) produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

WSI (%)	P 0	PK I	PK II	PK III
Średnia±SD	32,88±2,14	30,15 ^c ±1,11	28,07 ^b ±1,60	26,70 ^a ±1,12
Min÷max	29,84÷35,67	28,27÷31,45	25,68÷30,67	25,58÷29,17
Mediana	32,27	30,22	27,92	26,69

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy WSI produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

⁵⁴³ Mitrus M., Wójtowicz A., Mościcki L., (2010), Modyfikacja skrobi ziemniaczanej metodą ekstruzji, *Acta Agrophysica*, 16(1), s. 101-109.

⁵⁴⁴ Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, s. 23-38.

⁵⁴⁵ Igual M., Chiş M.S., Socaci S.A., Vodnar D.C., Rnaga F., Martínez-Monzó J., García-Segovia P., (2021), Effect of *Medicago sativa* Addition on Physicochemical, Nutritional and Functional Characteristics of Corn Extrudates, *Foods*, 10(5), pp. 1-21, doi:10.3390/foods10050928.

W grupie ekstrudatów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) stwierdzono, statystycznie istotne różnice wartości wskaźnika rozpuszczalności WSI, pomiędzy wszystkimi badanymi ekstrudatami (tab. 61, tab. 62). Oceniana grupa produktów - PK charakteryzowała się obniżeniem wartości współczynnika rozpuszczalności (WSI) wraz ze wzrostem ilości dodatku wzbogacającego – białka konopnego (*C. sativa*). W związku z tym, najniższą wartością współczynnika rozpuszczalności WSI charakteryzował się produkt z 7% dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) PK III (26,70%) (tab .61).

Podobny wpływ dodatku wzbogacającego na wartość współczynnika rozpuszczalności (WSI) w produktach ekstrudowanych wykazała Norajit (2011). W pracy autorka stwierdziła obniżenie współczynnika rozpuszczalności WSI pod wpływem wzrostu zawartości białka w ekstrudatach ryżowych z dodatkiem proszku z konopi odtłuszczonej (30,23÷17,22%)⁵⁴⁶.

Tabela 64. Współczynnik rozpuszczalności (WSI) produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

WSI (%)	P 0	PS I	PS II	PS III
Średnia±SD	32,88±2,14	25,03 ^c ±2,18	19,86 ^b ±1,15	12,90 ^a ±1,06
Min÷max	29,84÷35,67	22,82÷28,14	18,49÷21,33	11,75÷15,19
Mediana	32,27	24,95	19,86	12,57

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy WSI produktów z grupy PS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Ocena współczynnika rozpuszczalności (WSI) w produktach wzbogacanych proszkiem ze świerszczy wykazała, że najniższą wartością współczynnika WSI charakteryzował się produkt PS III – z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*). Pomędzy wszystkimi wariantami produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszczy stwierdzono, statystyczne istotne różnice w wartościach parametru współczynnika rozpuszczalności WSI (tab. 62).

⁵⁴⁶ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, Food Chemistry, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

Podobne zależności wpływu ilości dodatku proszku ze świerszczy na parametr WSI ekstrudatów kukurydzianych zaobserwował w swoich badaniach Igual i in. (2020)⁵⁴⁷. W przypadku innych surowców podobne wartości współczynnika WSI ekstrudatów kukurydzianych zaobserwowano w produktach z dodatkiem 2,5÷5% lucerny siewnej⁵⁴⁸.

Tabela 65. Porównanie WAI i WSI produktów ze względu na rodzaj dodatku

Rodzaj produktu		P 0	PK	PS	Test F [p]
WAI (g/ g)	Średnia	4,86 ^a	5,04 ^b	5,32 ^c	0,000
	SD	0,09	0,17	0,18	
WSI (%)	Średnia	32,88 ^c	28,31 ^b	19,26 ^a	0,000
	SD	2,14	1,91	5,29	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Uzyskane zależności potwierdziły wyniki testu F wykazując, że badane grupy produktów – ze względu na rodzaj dodatku: P 0, PK (PK I, PK II, PK III) i PS (PS I, PS II i PS III) różniły się istotnie pod względem wartości współczynnika WAI i WSI – przy poziomie istotności 0,05 ($p < 0,05$). Statystycznie istotne różnice obserwowano pomiędzy P 0, PK i PS, a najwyższe wartości współczynnika wodochłonności WAI i najniższe współczynnika rozpuszczalności WSI obserwowano dla produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza (tab. 63).

Tabela 66. Zróznicowanie WAI i WSI w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)

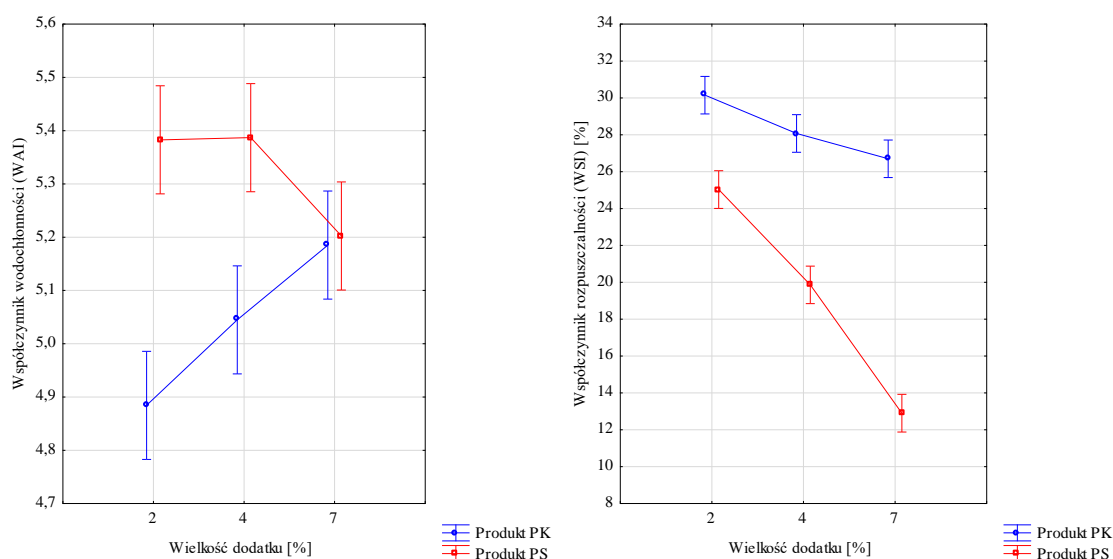
Badany parametr	Rodzaj produktu	Dodatek procentowy	Rodzaj produktu*Dodatek procentowy
	<i>p</i>		
WAI (g/g)	0,000	0,249	0,000
WSI (%)	0,000	0,000	0,000

Źródło: badania własne.

⁵⁴⁷ Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, Journal of Food Engineering, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

⁵⁴⁸ Igual M., Chiş M.S., Socaci S.A., Vodnar D.C., Rnaga F., Martínez-Monzó J., García-Segovia P., (2021), Effect of *Medicago sativa* Addition on Physicochemical, Nutritional and Functional Characteristics of Corn Extrudates, Foods, 10(5), pp. 1-21, doi:10.3390/foods10050928.

Na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji stwierdzono, że badane produkty różniły się istotnie pod względem WSI w zależności od rodzaju dodatku i wielkości dodatku, podczas gdy dla parametru WAI obserwowany był tylko wpływ związany z rodzajem dodatku (tab. 64). Obserwowano istotną statystycznie interakcję obu czynników (rys. 29).



Rys.29. Zróżnicowanie średniego poziomu WAI i WSI w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.

Wnioski etapowe – WSI WAI

1. Najniższe wartości WAI obserwowane były dla produktów P 0 i PK I (skupienie A – z wyłączeniem tekstury). Zbliżone, najwyższe wartości tego parametru charakterystyczne były dla ekstrudatów PS I i PS II.
2. Zaobserwowano, że wartość współczynnika WSI nie była skorelowana z wartościami WAI. Najwyższa wartość współczynnika WSI obserwowana była dla produktu P 0, a najniższa dla produktu PS III.
3. Analiza wartości parametrów WAI i WSI dla produktów podzielonych ze względu na rodzaj dodatku P 0, PK i PS wykazała istnienie statystycznie istotnych różnic.
4. Dla ekstrudatów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) obserwowany był proporcjonalny wzrost wartości współczynnika WAI przy wzroście ilości dodatku.

5. Ekstrudaty wzbogacane 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) wykazywały obniżenie wartości parametru WAI w porównaniu do produktów ekstrudowanych PS I i PS II.
6. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wartości parametru WAI warunkowane były przez rodzaj dodatku, dla parametru WSI dodatkową determinantę stanowiła jego ilość.

6.4.6. Współczynnik ekspansji

Kolejnym istotnym wyróżnikiem oceny jakości ekstrudatów kukurydzianych jest współczynnik ekspansji. Współczynnik ekspansji określa fizyczną przemianę wynikającą z odparowania wody z amorficznej matrycy skrobiowej w temperaturze powyżej przejścia szklistego, przy odpowiedniej temperaturze materiału podczas procesu przetwarzania⁵⁴⁹. W produktach ekstrudowanych im większa będzie wartość współczynnika ekspansji tym produkt będzie charakteryzował się większą ilością pustych przestrzeni (porów) wewnątrz produktu, które kształtują pożądaną konsystencję i chrupkość produktów ekstrudowanych^{550,551,552}. Wartości współczynnika ekspansji determinowane są parametrami procesu ekstruzji, a zwłaszcza składem mieszanek użytych do produkcji produktów przekąskowych. Wysoka zawartość białka w mieszankach do procesu ekstruzji wykazuje często działanie niepożądane, objawiające się niższą ekspansją i nieatrakcyjną strukturą ekstrudatu⁵⁵³.

W tabelach 65 i 66 przedstawiono wartości współczynnika ekspansji dla produktów ekstrudowanych wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy.

⁵⁴⁹ Mitrus M., Wójtowicz A., (2011), Wybrane cechy jakościowe przekąsek ekstrudowanych z dodatkiem skrobi modyfikowanych, *Acta Agrophysica*, 18(2), s. 335-345.

⁵⁵⁰ Trela A., Mościcki Z., (2007), Wpływ procesu ekstruzji na wybrane cechy jakościowe pelletów zbożowych, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość.*, 5(54), s. 32-54.

⁵⁵¹ Ekielski A., Majewski Z., Żelaziński T., (2008), Wpływ składu mieszanki na gęstość i rozpuszczalność ekstrudatu kukurydziano-gryczanego, *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), s. 93-97.

⁵⁵² Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia, s. 126-130.

⁵⁵³ Day L., Swanson B. G., (2013), Functionality of Protein-Fortified Extrudates, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, pp. 468-482, doi:10.1111/1541-4337.1202.

Tabela 67. Współczynnik ekspansji produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Współczynnik ekspansji (-)	P 0	PK I	PK II	PK III
Średnia±SD	3,64±0,17	3,50 ^c ±0,18	3,31 ^b ±0,17	3,18 ^a ±0,13
Min÷max	3,22÷4,05	3,03÷3,93	2,90÷3,64	2,88÷3,46
Mediana	3,63	3,51	3,31	3,20

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy współczynnikiem ekspansji produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Na podstawie otrzymanych wartości współczynnika ekspansji stwierdzono, że najwyższą wartością ocenianego współczynnika charakteryzował się produkt bazowy P 0. Dodatek białka konopnego oraz proszku ze świerszczy przyczynił się do obniżenia wartości współczynnika ekspansji w wytworzonych produktach przekąskowych (tab. 65, tab. 66).

Oceniając produkty wzbogacane białkiem konopnym, stwierdzono że zwiększenie dodatku z 2 do 7% w ekstrudatach obniżyło wartość współczynnika ekspansji (tab. 65). Charakteryzując produkty przekąskowe wzbogacane białkiem konopnym stwierdzono, że we wszystkich wariantach wytworzonych ekstrudatów wartość współczynnika ekspansji była wyższa w porównaniu z produktami przekąskowymi wzbogacanymi proszkiem ze świerszczy domowych (*A. domesticus*).

Tabela 68. Współczynnik ekspansji produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)

Współczynnik ekspansji (-)	P 0	PS I	PS II	PS III
Średnia±SD	3,64±0,17	3,40 ^c ±0,13	3,13 ^b ±0,10	2,70 ^a ±0,12
Min÷max	3,22÷4,05	3,10÷3,72	2,89÷3,34	2,43÷3,05
Mediana	3,63	3,40	3,15	2,69

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy współczynnikiem ekspansji produktów z grupy PS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Charakteryzując produkty wzbogacane proszkiem ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) stwierdzono, że najniższym współczynnikiem ekspansji charakteryzował się produkt z 7% dodatkiem PS III (2,70) (tab. 66). Ograniczona ekspansja produktów wzbogaczanych proszkiem ze świerszczy mogła prawdopodobnie wynikać z zwiększonej zawartości białka w produktach, przyczyniając się do zahamowania procesu żelatynizacji skrobi.

Porównując uzyskane wyniki z badaniami innych autorów dotyczących wzbogacania ekstrudatów innymi surowcami np. dodatkiem siemienia lnianego, soi, świerszcza domowego i konopi stwierdzono podobną zależność jak w produktach wzbogaczanych białkiem konopnym (PK) i proszkiem ze świerszczy (PS). W wymienionych badaniach współczynnik ekspansji ulegał obniżeniu wraz ze wzrostem udziału dodatku ^{554,555,556,557,558,559,560}. Produkty z dodatkiem konopi siewnej (*C. sativa*) wytworzone przez zespół Norajit (2011) charakteryzowały się wyższym współczynnikiem ekspansji w porównaniu do produktów wzbogaczanych białkiem konopnym (PK). Przypuszczać można, że różnice wynikały z innych receptur mieszanek oraz parametrów procesu ekstruzji⁵⁶¹. Podobną zależność stwierdzono dla ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem świerszcza w badaniach Igual i in. (2020), które charakteryzowały się wyższymi wartościami współczynnika ekspansji⁵⁶².

⁵⁵⁴ Sun Ye., Muthukumarappan K., (2002), Changes in functionality of soy-based extrudates during single-screw extrusion processing, *International Journal of Food Processing*, 5(2), pp. 379-389, doi:10.1081/JFP-120005793.

⁵⁵⁵ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food Chemistry*, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵⁵⁶ Wójtowicz A., Pasternak E., Juško S., Hodara K., Kozłowicz K., (2012), Wybrane cechy jakościowe chrupek kukurydzianych z dodatkiem odtłuszczonych nasion Inu, *Acta Scientiarum Polonorum*, 11(3-4), s. 25-33.

⁵⁵⁷ Ačkar D., Jozinović A., Babić J., Miličević B., Balentić J.P., Šubarić D., (2018), Resolving the problem of poor expansion in corn extrudates enriched with food industry by-products, *Food Research International*, 47, 517-524, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.009>.

⁵⁵⁸ Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, *Journal of Food Engineering*, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

⁵⁵⁹ Tomaszewska-Ciosk E., Zdybel E., (2021), Properties of extruded corn snacks with common flax (*Linum usitatissimum L.*) and golden flax (*Linum flavum L.*) pomace, *International Journal of Food Science & Technology*, 56, 4, pp. 2009-2018, doi:10.1111/ijfs.14832.

⁵⁶⁰ Igual M., Chiş M.S., Socaci S.A., Vodnar D.C., Rnaga F., Martínez-Monzó J., García-Segovia P., (2021), Effect of *Medicago sativa* Addition on Physicochemical, Nutritional and Functional Characteristics of Corn Extrudates, *Foods*, 10(5), pp. 1-21, doi:10.3390/foods10050928.

⁵⁶¹ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition...., *op.cit.*, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵⁶² Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domesticus*, *op.cit.*, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.

Zaobserwowane zależności potwierdziły wyniki testu F wykazując, że badane grupy produktów – ze względu na rodzaj dodatku: P 0, PK (PK I, PK II, PK III) i PS (PS I, PS II i PS III) różniły się istotnie pod względem wartości współczynnika ekspansji – przy poziomie istotności 0,05 ($p < 0,05$) (tab. 67.).

Tabela 69. Porównanie współczynnika ekspansji ze względu na rodzaj dodatku

Rodzaj produktu		P 0	PK	PS	Test F [p]
Współczynnik ekspansji (-)	Średnia	3,64 ^c	3,33 ^b	3,08 ^a	0,000
	SD	0,17	0,21	0,31	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

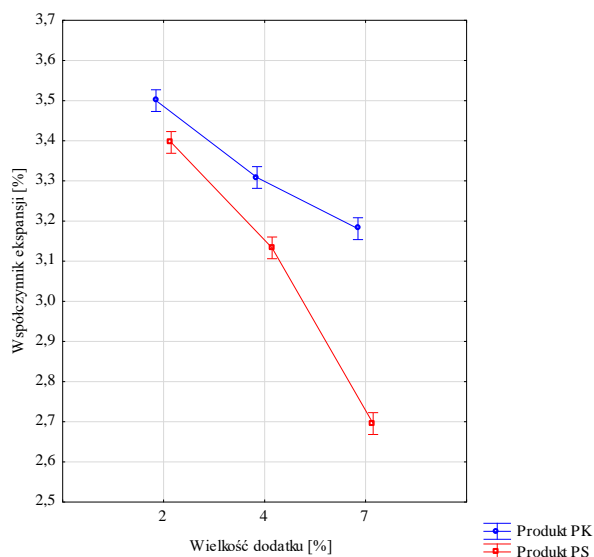
Źródło: badania własne.

Wyniki testu F i dwuczynnikowa analiza wariancji wskazały, że badane produkty różniły się istotnie pod względem współczynnika ekspansji w zależności od rodzaju dodatku i wielkości dodatku (tab. 68 i rys. 30).

Tabela 70. Tabela 58. Zróznicowanie współczynnika ekspansji w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)

Badany parametr	Rodzaj produktu	Dodatek procentowy	Rodzaj produktu*Dodatek procentowy
		<i>p</i>	
Współczynnik ekspansji	0,000	0,000	0,000

Źródło: badania własne.



Rys. 30. Zróżnicowanie średniego poziomu współczynnika ekspansji w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.

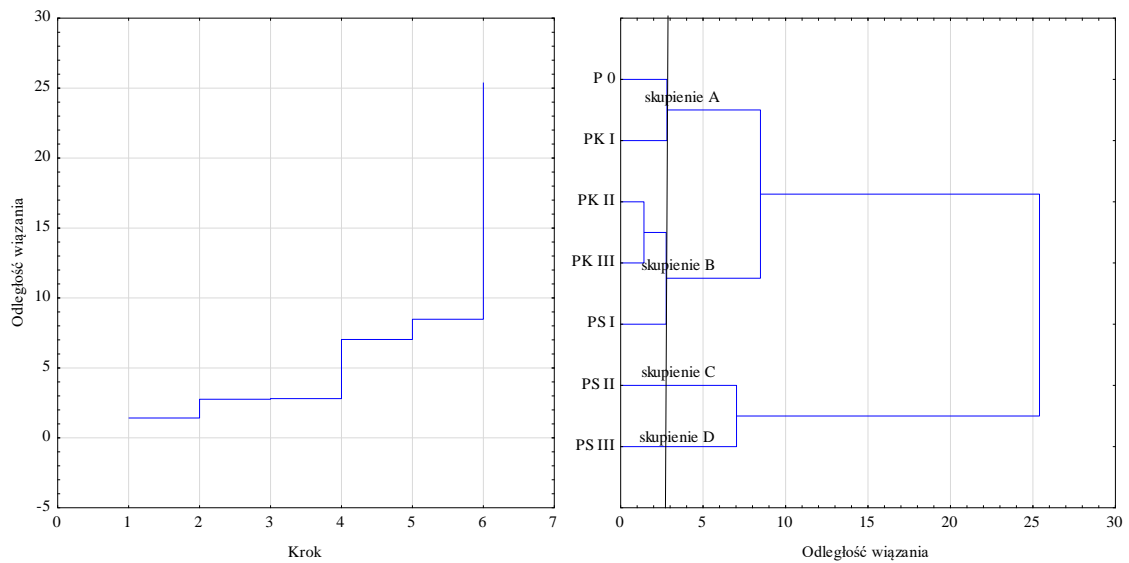
Wnioski etapowe – współczynnik ekspansji

1. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów współczynnika ekspansji stwierdzono, że jego wartość determinowana była zarówno ilością jak i rodzajem dodatku białkowego.
2. Najwyższą wartością współczynnika ekspansji charakteryzował się produkt P 0 a najniższą wartość produkt PS III.
3. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dla produktów z dodatkiem proszku ze świerzcza wartości współczynnika nie zmieniały się proporcjonalnie pod wpływem dodatku.

6.4.7. Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie wyróżników jakości

Produkty z dodatkiem białek pochodzących ze źródeł niekonwencjonalnych poddano analizie skupień z uwzględnieniem omówionych wyżej parametrów, stanowiących podstawę oceny jakości wyrobów ekstrudowanych: zawartości i aktywności wody, WAI, WSI i współczynnika ekspansji. Stwierdzono, że pierwszy skokowy wzrost poziomu krzywej na wykresie przebiegu aglomeracji nastąpił po kroku 4, a zaobserwowana odległość aglomeracyjna wynosiła 3. Na tej podstawie wyodrębniono 4 skupienia: skupienie A obejmujące produkty: P 0 i PK I, skupienie B, w którego skład wchodziły

produkty: PK II, PK III i PS I oraz skupienia C i D reprezentujące kolejno produkty: PS II i PS III (rys. 31).



Rys. 31. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie wyróżników jakościowych

Źródło: badania własne.

Parametrami jakości, które stanowiły podstawę klasyfikacji były: zawartość wody, aktywność wody, współczynnik rozpuszczalności (WSI) oraz współczynnik ekspansji. Na podstawie uzyskanych wartości prawdopodobieństwa testowego $p < 0,05$ odrzucono hipotezę zerową, wykazując w odniesieniu do WSI, zawartości wody, aktywności wody i współczynnika ekspansji występowanie istotnie statystycznych różnic pomiędzy grupami ($p > 0,05$) (tab. 69).

Tabela 71. Wyróżniki jakości - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Skupienie	A P 0 i PK I	B PK II, PK III i PS I	C PS II	D PS III	<i>p</i>
Zawartość wody (g/100 g s.m.)	6,18 ^d	5,93 ^c	5,58 ^b	5,13 ^a	0,010
Aktywność wody (-)	0,2099 ^b	0,2026 ^b	0,1974 ^b	0,1736 ^a	0,022
WAI (g/g)	4,87	5,20	5,39	5,20	0,149
WSI (%)	31,50 ^d	26,60 ^c	19,86 ^b	12,90 ^a	0,010
Współczynnik ekspansji (-)	3,57 ^c	3,30 ^b	3,13 ^b	2,70 ^a	0,024

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Pierwsze skupienie (A) obejmowało produkty (PK I i P 0) charakteryzujące się jakością zbliżoną do produktu bazowego (P 0) – najwyższą zawartością wody, najwyższą wartością współczynnika rozpuszczalności (WSI) oraz najwyższą wartością współczynnika ekspansji (tab. 69).

Drugie skupienie (B), utworzyły produkty charakteryzujące się stosunkowo wysokimi wartościami zawartości wody i współczynnika rozpuszczalności (WSI) oraz współczynnika ekspansji (PK II, PK III i PS I).

Do grupy tworzącej trzecie skupienie (C) zaklasyfikowano produkt PS II charakteryzujący się stosunkowo niskimi wartościami współczynnika rozpuszczalności (WSI) oraz zawartością wody.

Ostatnie skupienie (D) dotyczyło produktu o najwyższym, 7% udziale proszku ze świerszcza - PS III. Skupienie to charakteryzowały najniższe wartości wszystkich ocenianych parametrów – zawartości i aktywności wody, współczynnika rozpuszczalności (WSI) i współczynnika ekspansji.

Wnioski etapowe –jakość produktu – wyniki analizy skupień

1. Przeprowadzona analiza skupień obejmująca ocenę podstawowych wyróżników określających jakość ekstrudatów kukurydzianych, oparta o analizę parametrów takich jak zawartość i aktywność wody, WAI, WSI, współczynnik ekspansji

pozwoiliła na podział badanych produktów na cztery grupy (skupienia) charakteryzujące się odmienną jakością.

2. Produktem o zbliżonej jakości do produktu P 0 był produkt z 2% dodatku białka konopnego (*C. sativa*). Najbardziej odmiennym od tego skupienia produktem był produkt PS III. Zbliżoną jakością charakteryzowały się produkty PK II PK III oraz produkt PS I.

6.4.8. Charakterystyka wybranych parametrów tekstury wytworzonych ekstrudatów

Tekstura wyrobów ekstrudowanych jest wynikiem reakcji restrukturyzacji i retrogradacji uprzednio skleikowanej i stopionej skrobi oraz jej interakcji z obecnymi w masie białkami i tłuszczami⁵⁶³. Pomiar cech tekstury możliwy jest m.in. dzięki analizie TPA – Texture Profile Analysis, która obejmuje zwykle oznaczenia: twardości, kohezji, adhezji, sprężystości, gumowatości i żujności. Za cechę kluczową determinującą jakość produktów przekąskowych uznaje się chrupkość, która skorelowana jest odwrotnie proporcjonalnie z twardością produktów^{564,565,566}. Cechę niepożądaną w ocenie wielu autorów stanowi żujność, której wysoka wartość charakterystyczna jest zwykle dla ekstrudatów niewyekspandowanych o niskiej jakości^{567,568,569}.

W tabelach 70 i 71 przedstawiono wybrane parametry tekstury wyznaczone, przy pomocy zastosowanego testu TPA. W celu określenia wpływu dodatku białkowego na parametry tekstury dokonano analizy twardości definiowanej jako maksymalna siła potrzebna do ściśnięcia próbki, kohezji obrazującej moc wiązań cząsteczek w próbce oraz sprężystości, stanowiącej wielkość opisującą wysokość jaką próbka

⁵⁶³ Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia.

⁵⁶⁴ Kita A., (2006), Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Nr 537. Rozprawy CCXL, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.

⁵⁶⁵ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie młodych konsumentów, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 45, 3, s. 733-738.

⁵⁶⁶ Ruszkowska M., (2018), Jakość, *op.cit.*, s. 123-147.

⁵⁶⁷ Liu Y., Hsieh F., Heymann H., Huff H.E., (2000), Effect of Process Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat – Corn Puff, JFS. Sensory and Nutritive Qualities of Food, 65, 7, pp. 1253-1259.

⁵⁶⁸ Anton A.A., Luciano F.B., (2007), Instrumental Texture Evaluation of Extruded Snack Foods. A Review, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 5, 4, pp. 254-251.

⁵⁶⁹ Jozinović A., Šubarić D., Babić J., Planinić M., Pavoković M., Blažić M., (2012), Effect of screw configuration, moisture content and particle size of corn grits on properties of extrudates, Croatian Journal of Food Science and Technology, 4(2), pp. 95-101.

odzyskuje między pierwszym a drugim cyklem kompresji^{570,571,572,573}. Kolejne oznaczone parametry to gumowatość określająca wielkość siły konieczną do zniszczenia struktury próbki oraz przewyciężenia jej sił twardości i zwartości (iloraz kohezji i twardości), a także żujność odzwierciedlająca energię potrzebną do przekształcenia mechanicznego próbki w formę umożliwiającą połknięcie (iloraz twardości kohezji i sprężystości)^{574,575,576}.

Tabela 72. Wybrane parametry tekstury produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Produkt	P 0	PK I	PK II	PK III
Twardość (N)	88,61±11,97	80,93 ^a ±10,20	83,63 ^a ±9,49	85,91 ^a ±9,85
Twardość (2 cykl) (N)	59,31±16,28	52,04 ^a ±10,57	48,69 ^a ±15,01	45,20 ^a ±12,75
Kohezji (-)	0,09±0,03	0,08 ^b ±0,01	0,07 ^b ±0,02	0,06 ^a ±0,02
Sprężystość (mm)	1,80±0,22	1,71 ^b ±0,24	1,49 ^a ±0,25	1,35 ^a ±0,20
Gumowatość (N)	8,24±3,11	6,26 ^b ±1,43	5,93 ^{ab} ±2,27	4,84 ^a ±1,60
Żujność (mJ)	13,77±6,05	10,77 ^b ±3,57	9,26 ^b ±4,69	6,85 ^a ±3,10

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy wartościami cech tekstury produktów z grupy PK w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

Źródło: badania własne.

Wyniki oznaczenia tekstury wykazały, że produkty z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (PK) nie różniły się istotnie statystycznie pod względem twardości mierzonej w pierwszym i drugim cyklu pomiarowym, a uzyskane wartości były niższe w porównaniu do produktu bazowego P 0 (tab. 70). Wśród produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (PS) obserwowano statystycznie

⁵⁷⁰ Liu Y., Hsieh F., Heymann H., Huff H.E., (2000), Effect of Process Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat – Corn Puff, JFS. Sensory and Nutritive Qualities of Food, 65, 7, pp. 1253-1259.

⁵⁷¹ Brookfield (2009), BROOKFIELD TEXTURE PRO CT® Application Software Operating Instructions Manual No. M08-373, BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, INC, Middleboro, pp. 16-28.

⁵⁷² Liu L., Li S., Zhong Y., Li Y., Qu J., Feng J., Xu S., Zhang R., Xue J., Guo J., (2017), Nutritional, physical and sensory properties of extruded products from high-amylose corn grits, Emirates Journal of Food and Agriculture, 29(11), pp. 846-855. doi:10.9755/ejfa.2017.v29.i11.1494.

⁵⁷³ Brookfield (2019), Analizator tekstury Brookfield CT. Instrukcja obsługi, Labo PLUS, Warsaw, s. 48-64.

⁵⁷⁴ Brookfield (2009), BROOKFIELD....., *op.cit.*, pp. 16-28.

⁵⁷⁵ Liu L., Li S., Zhong Y., Li Y., Qu J., Feng J., Xu S., Zhang R., Xue J., Guo J., (2017), Nutritional, physical, *op.cit.*, pp. 846-855. doi:10.9755/ejfa.2017.v29.i11.1494.

⁵⁷⁶ Brookfield (2019), Analizator tekstury....., *op.cit.*, s. 48-64.

istotne różnice. Najmniejszą twardość w pierwszym (81,37 N) i drugim cyklu pomiarowym (32,16 N) zaobserwowano dla produktu PS III (tab. 71). Natomiast produkty z 2% dodatkiem (PS I) i 4% dodatkiem (PS II) charakteryzowały zbliżone wartości twardości. Tym samym na podstawie przeprowadzonego testu TPA stwierdzono, że twardość produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) obniżała się wraz ze wzrostem ilości dodatku (89,55÷81,37 N) (47,05÷32,16 N) (rys. 32).

Kolejnymi istotnymi ocenianym wyróżnikami w przypadku produktów ekstrudowanych były kohezyjność oraz sprężystość. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że produkt bazowy P 0 charakteryzował się najwyższą kohezyjnością (0,09) oraz sprężystością (1,80). W grupie produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) najniższą kohezyjnością charakteryzował się produkt PK III z 7% dodatkiem (0,05) (tab. 70). Wśród pozostałych produktów wzbogacanych w białko konopne (PK) nie obserwowano istotnych różnic w kohezyjności. Charakterystyka porównawcza sprężystości produktów wzbogacanych białkiem konopnym (PK) wykazała występowanie istotnie statystycznych różnic pomiędzy produktem PK I o najwyższej wartości kohezyjności (0,08), a produktami PK II i PK III.

Ocena kohezyjności i sprężystości produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) wykazała występowanie istotnie statystycznych różnic pomiędzy produktami z 2% dodatkiem (PS I) i z 4% dodatkiem (PS II), a produktem o największym udziale dodatku - PS III. Najniższa kohezyjność (0,03) oraz sprężystość (0,83) cechowała produkt PS III. Na podstawie uzyskanych wyników przypuszczać można, że wartość kohezyjności i sprężystości determinowana była rodzajem zastosowanego białka. W przypadku produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) stwierdzono, że wraz ze wzrostem ilości dodatku wzbogacającego następowało obniżenie kohezyjności i sprężystości badanych produktów (rys. 33 i tab. 71).

Tabela 73. Wybrane parametry tekstury produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)

Produkt	P 0	PS I	PS II	PS III
Twardość (N)	88,61±11,97	90,27 ^b ±9,71	85,68 ^{ab} ±7,15	81,27 ^a ±12,57
Twardość (2 cykl) (N)	59,31±16,28	49,38 ^b ±14,06	48,72 ^b ±9,91	33,13 ^a ±10,33
Kohezjność (-)	0,09±0,03	0,06 ^b ±0,02	0,05 ^b ±0,01	0,03 ^a ±0,01
Sprężystość (mm)	1,80±0,22	1,36 ^b ±0,25	1,25 ^b ±0,13	0,83 ^a ±0,16
Gumowatość (N)	8,24±3,11	5,32 ^b ±1,99	4,27 ^{ab} ±0,99	2,17 ^a ±0,74
Żujność (mJ)	13,77±6,05	7,64 ^b ±4,00	5,31 ^{ab} ±1,42	1,96 ^a ±1,01

Różne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy wartościami cech tekstury produktów z grupy PS w teście NIR ($p < 0,05$).

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Kolejnymi parametrami wyznaczonymi w teście TPA była gumowatość i żujność. Na podstawie przeprowadzonej analizy TPA stwierdzono, że wzbogacane produkty przekąskowe (PK i PS) charakteryzowały się niższymi wartościami parametrów gumowatości i żujności w stosunku do produktu bazowego P 0 (tab. 70 i tab. 71). Produkty przekąskowe wzbogacane białkiem konopnym uzyskały gumowatość w przedziale 6,25÷4,71, a pomiędzy produktami PK I z 2% dodatkiem i PK III z 7% dodatkiem stwierdzono statystycznie istotne różnice.

Ocena żujności produktów wzbogacanych białkiem konopnym wykazała, że poziom żujności obniżał się wraz ze wzrostem ilości dodatku wzbogacającego. Statystycznie istotne różnice żujności obserwowano pomiędzy produktami PK I (10,76) i PK II (8,96), a produktem PK III (6,58) (tab. 70).

Uzyskane wartości gumowatości i żujności w produktach z dodatkiem proszku ze świerszczy (PS) były niższe w porównaniu do ekstrudatów wzbogacanych dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (PK). Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej wyników testu TPA stwierdzono, że wartości parametrów gumowatości i żujności obniżały się wraz ze wzrostem ilości dodatku proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) w mieszankach (rys. 34). Szczególnie niską żujnością (1,93) i gumowatością (2,11) (podobnie jak w przypadku parametrów kohezjności i sprężystości) charakteryzował się produkt z 7% dodatkiem PS III (tab. 71).

Charakteryzowane parametry tekstury porównano z wynikami dostępnymi w literaturze, uzyskanymi przy zastosowaniu zbliżonej metody pomiaru. W badaniach

Liu i in. (2017) dotyczących ekstrudatów kukurydzianych bez dodatków wzbogacających oraz z dodatkiem surowca o zwiększonej zawartości amylozy, twardość i sprężystość produktów była niższa w porównaniu do ekstrudatów P 0, PS i PK. Ekstrudaty charakteryzowane przez Liu i in. (2017) cechowały się jednak wyższą kohezyjnością i żujnością⁵⁷⁷.

W badaniach Jozinovic i in. (2012) dotyczących wzbogacania ekstrudatów w wyciąki z konopi siewnej (*C. sativa*) również wykazano niższą wartość twardości w porównaniu wytworzonymi ekstrudatami (PK) z 2, 4 i 7% dodatkiem białka konopnego⁵⁷⁸.

Kolejnym elementem oceny właściwości tekstury produktów wzbogacanych było porównanie cech tekstury badanych produktów ze względu na rodzaj dodatku: P 0, PK (PK I, PK II i PK III) oraz PS (PS I, PS II i PS III) (tab. 72).

Tabela 74. Porównanie wartości wybranych parametrów tekstury produktów ze względu na rodzaj dodatku

Produkt		P 0	PK	PS	Test F [p]
Twardość (N)	Średnia	88,61 ^a	83,59 ^a	85,90 ^a	0,092
	SD	11,97	9,93	10,64	
Twardość (2 cykl) (N)	Średnia	59,31 ^c	48,51 ^b	43,76 ^a	0,000
	SD	16,28	13,12	13,81	
Kohezyjność (-)	Średnia	0,09 ^c	0,07 ^b	0,05 ^a	0,000
	SD	0,03	0,02	0,02	
Sprężystość (mm)	Średnia	1,80 ^c	1,52 ^b	1,16 ^a	0,000
	SD	0,22	0,27	0,30	
Gumowatość (N)	Średnia	8,24 ^c	5,65 ^b	3,99 ^a	0,000
	SD	3,11	1,90	1,91	
Żujność (mJ)	Średnia	13,77 ^c	8,87 ^b	5,11 ^a	0,000
	SD	6,05	4,14	3,50	

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świertszcza domowego

Źródło: badania własne.

Przeprowadzony dla parametru twardości test F i jednoczynnikowa analiza wariancji wykazały brak istotnie statystycznych różnic dla twardości mierzonej w pierwszym cyklu

⁵⁷⁷ Liu L., Li S., Zhong Y., Li Y., Qu J., Feng J., Xu S., Zhang R., Xue J., Guo J., (2017), Nutritional, physical and sensory properties of extruded products from high-amylose corn grits, Emirates Journal of Food and Agriculture, 29(11), pp. 846-855. doi:10.9755/ejfa.2017.v29.i11.1494.

⁵⁷⁸ Jozinović A., Šubarić D., Babić J., Planinić M., Pavoković M., Blažić M., (2012), Effect of screw configuration, moisture content and particle size of corn grits on properties of extrudates, Croatian Journal of Food Science and Technology, 4(2), pp. 95-101.

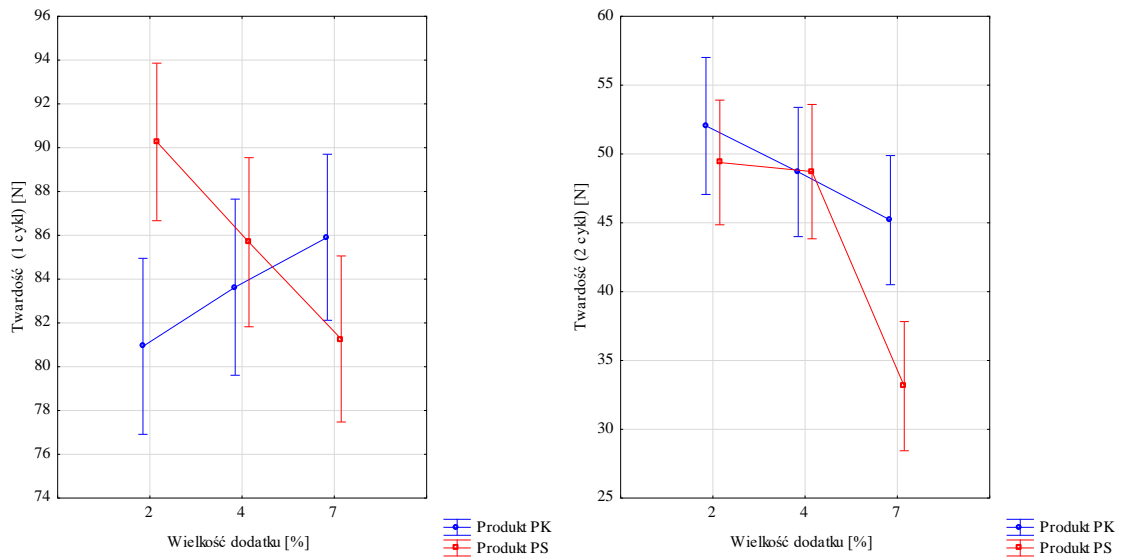
pomiędzy produktami P 0, PK i PS. Natomiast statystycznie istotne różnice pomiędzy wszystkimi ocenianymi produktami P 0, PK i PS stwierdzono dla pozostałych parametrów: twardości (2 cykl), kohezji, sprężystości, gumowatości i żujności (tab. 72).

Na podstawie przeprowadzonej dwuczynnikowej analizy wariancji stwierdzono brak wpływu zarówno rodzaju jak i ilości wprowadzanego dodatku wzbogacającego na twardość ekstrudatów mierzoną w pierwszym cyklu pomiarowym (tab. 73). Analiza wyników uzyskanych dla pozostałych parametrów wykazała, że pozostałe parametry testu TPA: twardość mierzona w drugim cyklu, kohezji, sprężystość gumowatość i żujność determinowane były zarówno ilością dodatku, jak i jego rodzajem. Istotne efekty interakcji obserwowano wyłącznie dla twardości mierzonej w pierwszym cyklu, sprężystości i gumowatości.

Tabela 75. Zróznicowanie wybranych parametrów tekstury w zależności od rodzaju i mieszanki oraz wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)

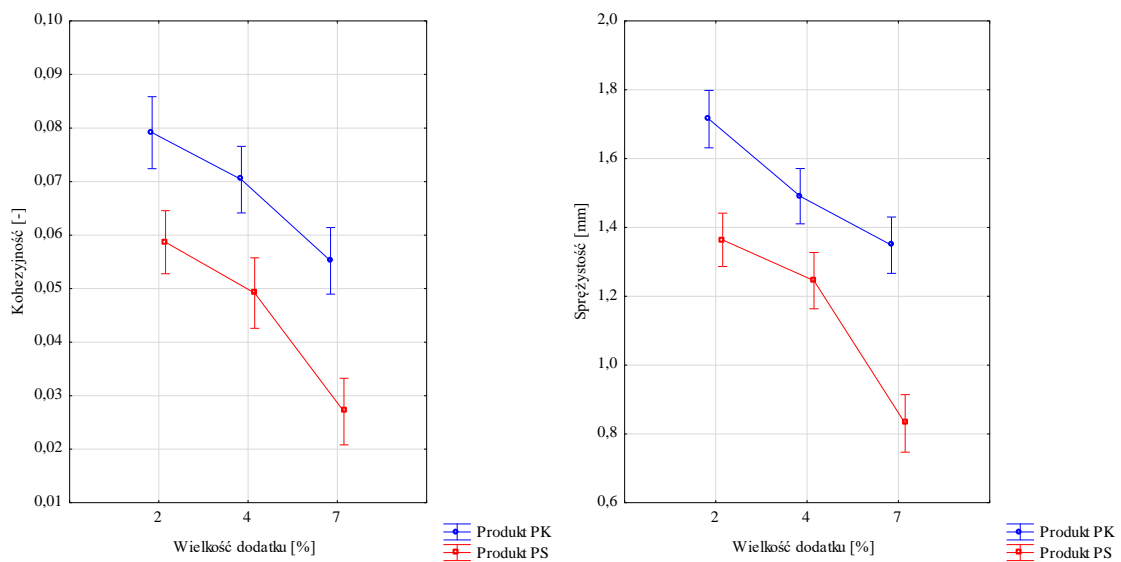
Badany parametr	Rodzaj produktu	Dodatek procentowy	Rodzaj produktu*Dodatek procentowy
	<i>p</i>		
Twardość	0,160	0,580	0,002
Twardość (2 cykl)	0,043	0,020	0,241
Kohezji	0,000	0,000	0,411
Sprężystość	0,000	0,000	0,005
Gumowatość	0,000	0,000	0,024
Żujność	0,000	0,000	0,396

Źródło: badania własne.



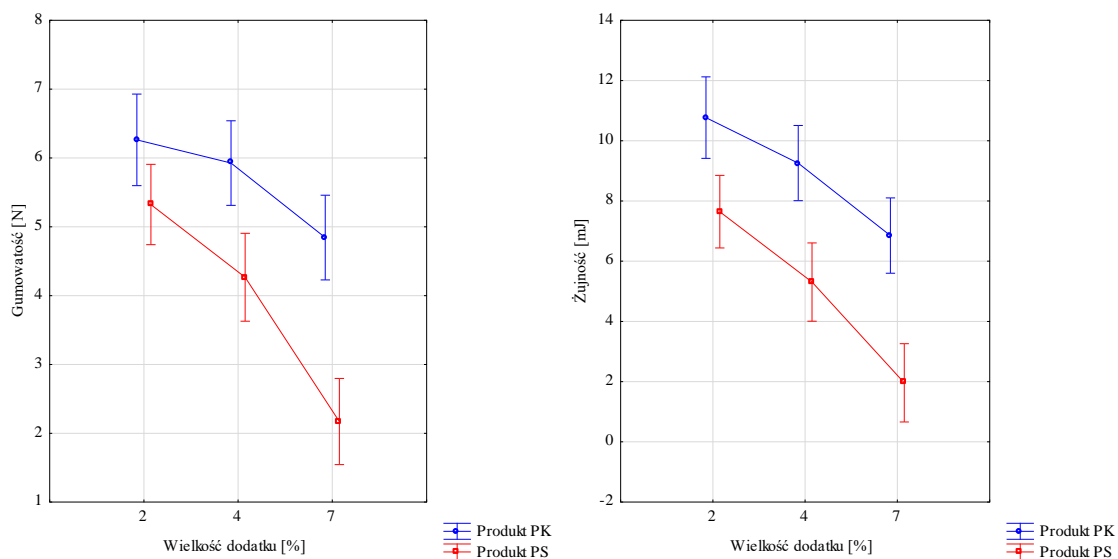
Rys. 32. Zróżnicowanie średniego poziomu twardości w produktach wzbogaczonych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.



Rys. 33. Zróżnicowanie średniego poziomu kohezynności i sprężystości w produktach wzbogaczonych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

Źródło: badania własne.



Rys. 34. Zróżnicowanie średniego poziomu gumowatości i żujności w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku

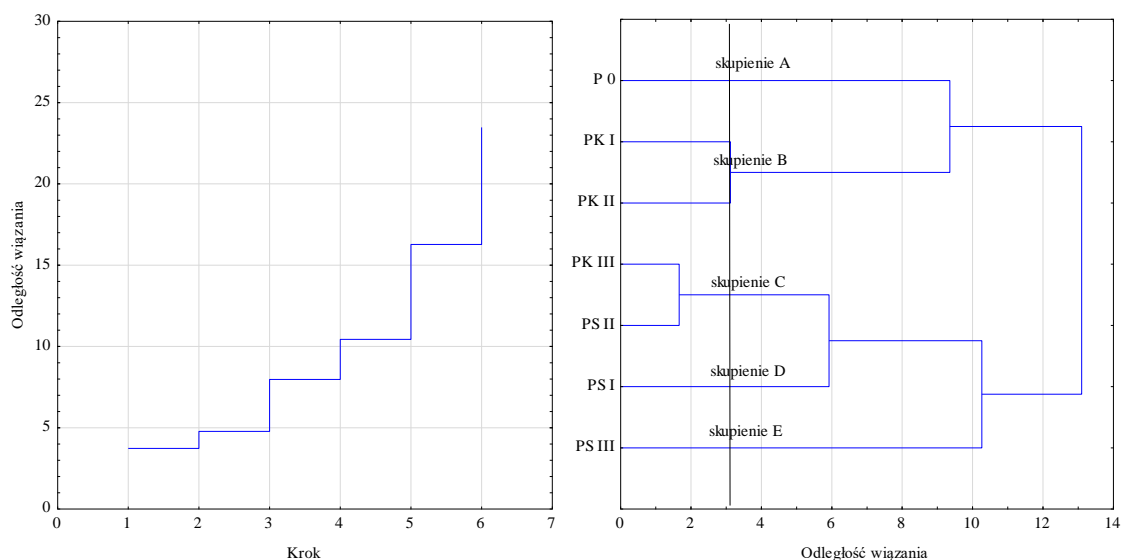
Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonych badań przypuszczać można, że wartość uzyskanych parametrów tekstury determinowana była prawdopodobnie składem surowcowym mieszanek z uwzględnieniem rodzaju dodatku (białko konopne i proszek ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)). Utworzona wskutek procesu ekstruzji tekstura wzbogacanych produktów przekąskowych charakteryzowała się niższymi w stosunku do produktu bazowego wartościami twardości (mierzonej w 2 cyklu pomiarowym), kohezji, sprężystości, gumowatości i żujności.

6.4.9. Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie parametrów tekstury i wyróżników jakości

W celu przedstawienia podobieństw ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszcza domowego (*A. domesticus*), ocenionych na podstawie wielowymiarowego układu parametrów, którymi były: wybrane parametry tekstury i wyróżniki jakości (zawartość i aktywność wody, WSI, WAI i współczynnik ekspansji), wykorzystano narzędzie, jakim jest analiza skupień.

Na rysunku 35 przedstawiono wykres aglomeracji ocenianych produktów pozwalający na ustalenie liczby skupień.



Rys. 35. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie parametrów tekstury i wyróżników jakości

Źródło: badania własne.

Na podstawie graficznej analizy wykresu stwierdzono, że pierwszy wyraźny, wzrost poziomemu krzywej miał miejsce po kroku 3, któremu odpowiada odległość aglomeracyjna równa 3 (rys. 35). Analiza dendrogramu pozwoliła więc wyodrębnić 5 skupień do których zaliczono: skupienie A (P 0), skupienie B (PK I i PK II), skupienie C (PK III i PS II), skupienie D (PS I), skupienie E (PS III).

Statystycznie istotne różnice pomiędzy skupieniami przedstawiono w tabeli 74.

Tabela 76. Parametry tekstury i wyróżniki jakości - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Skupienie	A P 0	B PK I i PK II	C PK III PS II	D PS I	E PS III	<i>p</i>
Zawartość wody	6,08	6,14	5,73	5,93	5,13	0,198
Aktywność wody	0,2130	0,2038	0,2016	0,2010	0,1736	0,160
WAI	4,86	4,96	5,29	5,38	5,20	0,219
WSI	32,90	29,10	23,30	25,03	12,90	0,175
Współczynnik ekspansji	3,64 ^c	3,40 ^{bc}	3,16 ^b	3,40 ^{bc}	2,70 ^a	0,048
Twardość (1 cykl)	88,61 ^b	82,28 ^a	85,80 ^{ab}	90,27 ^b	81,27 ^a	0,047
Kohezyjność	0,091 ^c	0,075 ^c	0,052 ^b	0,059 ^b	0,027 ^a	0,044
Sprężystość	1,80 ^c	1,60 ^c	1,30 ^b	1,36 ^b	0,83 ^a	0,048
Gumowatość	8,24 ^d	6,10 ^c	4,56 ^b	5,32 ^{bc}	2,17 ^a	0,021
Żujność	13,77 ^c	10,02 ^c	6,08 ^b	7,64 ^b	1,96 ^a	0,050

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego

Źródło: badania własne.

Na podstawie wartości średnich ujętych w tabeli 74 oraz wyników testu NIR stwierdzono, że wyodrębnione skupienia stanowiły produkty przekąskowe różniące się wartościami współczynnika ekspansji, twardości, kohezyjności, sprężystości, gumowatości i żujności.

Pierwsze skupienie (A) utworzył produkt bazowy charakteryzujący się najwyższym poziomem współczynnika ekspansji, kohezyjności, sprężystości, gumowatości i żujności oraz najwyższą twardością. Do grupy tworzącej skupienie drugie (B) zaklasyfikowano produkty PK I i PK II, które charakteryzowały się zbliżonym poziomem współczynnika ekspansji, kohezyjności, sprężystości i żujności do produktu bazowego (skupienie A), jednakże obserwowano u nich znacząco niższą twardość.

Kolejne skupienia (C) i (D) charakteryzowała raczej przeciętna wartość badanych parametrów. Skupienie C utworzyły produkty PK III i PS II. Skupienie czwarte (D) obejmowało jeden produkt – PS I.

Ostatnie skupienie (E) – odróżniało się w największym stopniu wartościami parametrów od skupienia A. Produkt tworzący to skupienie - z dodatkiem 7% proszku

ze świerszcza domowego (skupienie E) cechował się najniższymi wartościami współczynnika ekspansji oraz badanych parametrów tekstury.

6.4.10. Model zależności wybranych parametrów tekstury i wyróżników jakości

W celu oceny siły współzależności między zmiennymi - wyróżnikami jakości i parametrami tekstury dokonano analizy korelacji. Kolejny element stanowiła analiza regresji wielorakiej. Uzyskane wartości współczynnika korelacji Pearsona (r) przedstawiono w tabeli 75.

Tabela 77. Współzależności między wyróżnikami jakości a wybranymi parametrami tekstury

Wyróżnik jakości	Parametr tekstury				
	Twardość (1 cykl)	Kohezyjność	Sprężystość	Gumowatość	Żujność
	r				
WAI	0,370	-0,357	-0,440	-0,308	-0,388
WSI	0,030	0,737	0,838	0,704	0,723
Zawartość wody	0,042	-0,708	-0,846	-0,663	-0,677
Aktywność wody	0,039	-0,468	-0,669	-0,449	-0,483
Współczynnik ekspansji	0,187	0,618	0,795	0,635	0,647

Pogrubienie czcionki wskazuje na istotną różnicę wartości współczynnika korelacji od wartości 0 (test t-Studenta)

Źródło: badania własne.

Na podstawie uzyskanych wartości współczynnika korelacji stwierdzono, że twardość stanowiła parametr tekstury skorelowany w najmniejszym stopniu z ocenianymi wyróżnikami jakości (tab. 75). Dla tego parametru zaobserwowano występowanie wyłącznie wprost proporcjonalnej, słabej korelacji ze współczynnikiem wodochłonności (WAI). Wśród pozostałych badanych parametrów tekstury: kohezyjności, sprężystości gumowatości i żujności obserwowano występowanie istotnej statystycznie, przeciętnej lub wyższej ($r > 0,5$) korelacji z każdym z analizowanych wyróżników jakości (tab. 75).

Najwyższy wpływ na teksturę produktów miał współczynnik rozpuszczalności WSI - parametr ten cechowała bardzo wysoka korelacja dodatnia ($r > 0,7$). Za kolejną znaczącą determinantę tekstury ekstrudatów uznano współczynnik ekspansji, który w szczególnie silny sposób skorelowany był ze sprężystością badanych wyrobów przekąskowych ($r = 0,795$).

Statystycznie istotne ujemne korelacje stwierdzono pomiędzy wartościami parametrów tekstury, a zawartością wody w ekstrudatach. Znaczący wpływ zawartości wody obserwowany było zwłaszcza dla parametrów sprężystości (-0,846) i kohezyności ($r=-0,708$).

Kolejny element analizy statystycznej stanowiła analiza regresji, która obejmowała obliczenie wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji. Analiza regresji uzupełniona została ponadto o obliczeniem wartości standaryzowanych cząstkowych współczynników regresji b^* i zbadaniem istotności współczynników regresji testem t-Studenta.

Przeprowadzona analiza składała się z pięciu etapów, w każdym z nich zmienną objaśnianą (Y) były inne parametry tekstury. Wykorzystując model regresji wielorakiej oceniono więc wpływ wyróżników jakości: zawartości wody, aktywności wody, współczynnika wodochłonności (WAI), współczynnika rozpuszczalności (WSI) oraz współczynnika ekspansji na wybrane parametry tekstury: twardość, kohezynność, sprężystość, gumowatość oraz żujność. Wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji przedstawiono w tabeli 76. Współczynnik determinacji wielowymiarowej dla badanych produktów przekąskowych stanowił wartość informującą o tym, jaki udział w całej zmienności wyników miała zmienność spowodowana wyznaczonym modelem. Standardowy błąd estymacji określał ogólną miarę dokładności wyjaśniania rzeczywistej zależności przyjętym modelem oraz stanowił miarę dokładności przewidywania na podstawie równania regresji.

Tabela 78. Wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji

Zmienna objaśniana [Y]	R ²	Standardowy błąd estymacji
Twardość (1 cykl)	0,623	0,017
Kohezynność	0,140	9,755
Sprężystość	0,756	0,195
Gumowatość	0,593	1,952
Żujność	0,527	3,683

Źródło: badania własne.

Na podstawie wartości współczynnika determinacji stwierdzono, że udział w całej zmienności wyników spowodowany wyznaczonymi modelami wynosił od 52,7% do 75,6%, umożliwiając predykcję z dobrą dokładnością (tab. 76). Wyjątek

stanowił model wyznaczony dla kohezji, który pominięto ze względu na niską wartość R^2 świadczącą o niewielkim związku liniowym między zmienną zależną i zmiennymi niezależnymi⁵⁷⁹.

W tabelach 77-80 przedstawiono wyniki analizy regresji dla cech tekstury. Obejmowały one współczynnik b określający wielkość wzrostu wartości Y (parametr tekstury) przy wzroście danego predyktora (X) o 1, a także współczynnik a (wyraz wolny) określający wartość zmiennej Y przy $X=0$. Przeprowadzone modelowanie pozwoliło ponadto na wyznaczenie współczynnika b^* używanego do bezpośredniego porównania siły związku poszczególnych zmiennych niezależnych ze zmienną zależną i ważności danego predyktora w kształtowaniu zmiennej zależnej⁵⁸⁰.

Pierwszy omawiany model stanowiło równanie wyznaczone dla twardości mierzonej w pierwszym cyklu pomiarowym. Model o najlepszym dopasowaniu dla tego parametru uzyskano po włączeniu dwóch wyróżników jakości: współczynnika ekspansji i zawartości wody.

Tabela 79. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y =twardość)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			94,742±27,411	3,46	0,001
Współczynnik ekspansji	X1	0,652±0,270	20,145±8,354	2,41	0,021
Zawartość wody	X2	-0,437±0,270	-12,674±7,822	-1,62	0,113

Źródło: badania własne.

Na podstawie danych zawartych w tabeli 76 i tabeli 77 stwierdzono, że dokładność z jaką wyznaczony model wyjaśniał badaną zależność, wynosiła 0,017 N, a udział modelu w ogólnej zmienności zmiennej zależnej wynosił 62,3%.

Za cechą o najwyższej względnej ważności w kształtowaniu twardości na podstawie uzyskanego modelu uznano współczynnik ekspansji ($b^* = 0,652$). Predyktor ten posiadał statystycznie istotny wpływ na ocenę twardości badanych ekstrudatów ($b^*=0,652$; $t=2,41$; $p<0,05$). Co więcej, obserwowana zależność pomiędzy zmienną Y , a predyktorem była wprost proporcjonalna - wraz ze wzrostem współczynnika ekspansji o 1% obserwowano wzrost twardości o 20,145N (tab. 77).

⁵⁷⁹ Stobiecka J., (2002), Zastosowanie analizy regresji do oceny jakości produktów rynkowych na przykładzie herbaty ekspresowej, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, 586, s. 45-59.

⁵⁸⁰ Tamże, s. 45-59.

Dla wielu analizowanych równań regresji obserwowane było występowanie predyktorów nieistotnych statystycznie. O ich pozostawieniu w wyznaczonych modelach decydowały wyniki weryfikacji zdolności prognostycznych modelu. Przykład takiego predyktora w analizowanym równaniu regresji stanowiła zawartość wody, dla której obserwowano odwrotny w stosunku do współczynnika ekspansji wpływ na twardość. Na podstawie uzyskanych wartości stwierdzono, że wraz ze wzrostem zawartości wody obniżały się wartości twardości mierzonej w pierwszym cyklu.

Wyznaczone dla modelu równanie przyjmowało postać:

$$Y = 94,742 + 20,145 \times \text{Współczynnik ekspansji} - 12,67 \times \text{Zawartość wody}$$

Odmienne wyniki i większą liczbę predyktorów zaobserwowano dla drugiego badanego modelu, gdzie zmienną wyjaśnianą stanowiła sprężystość (tab. 78).

Tabela 80. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y=sprężystość)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			-0,041±0,570	-0,07	0,943
WSI	X1	0,687±0,162	0,040±0,009	4,25	0,000
Współczynnik ekspansji	X2	0,363±0,150	0,417±0,173	2,41	0,021
Aktywność wody	X3	-0,173±0,143	-4,348±3,582	-1,21	0,233

Źródło: badania własne.

Dla powyższej składowej tekstury model o najwyższej wartości współczynnika determinacji ($R^2=0,756$) uzyskano po włączeniu trzech wyróżników jakości: współczynnika rozpuszczalności (WSI), współczynnika ekspansji i aktywności wody, z czego tylko dwa pierwsze stanowiły predyktory istotne statystycznie (tab. 76, tab. 78). Dokładność, z jaką przyjęty model wyjaśniał badaną zależność, wynosiła 0,195 mm. Cechę o najwyższej względnej ważności w kształtowaniu sprężystości stanowił współczynnik rozpuszczalności (WSI) ($b^* = 0,687$), przy którego wzroście obserwowano zwiększanie się wartości analizowanej cechy tekstury (tab. 78).

Istotny predyktor w równaniu regresji stanowił także współczynnik ekspansji, który charakteryzował się wprost proporcjonalnym wpływem na zmienną zależną Y oraz wartością parametru b^* na poziomie 0,363. Ostatnią z analizowanych zmiennych, aktywność wody cechował odwrotny wpływ na analizowany parametr tekstury, co związane było z charakteryzującą ją ujemną wartością parametru b (-4,348).

Wyprowadzony wzór pozwalał na określenie o ile zmieni się ocena sprężystości, jeżeli współczynnik ekspansji, współczynnik rozpuszczalności WSI lub aktywność wody zmieni się o jedną jednostkę, a wyznaczone równanie przyjęło postać:

$$Y = -0,041 + 0,040 \times \text{WSI} - 0,417 \times \text{Współczynnik ekspansji} \\ - 4,348 \times \text{Aktywność wody}$$

W tabeli 41 przedstawiono wyniki regresji wielorakiej dla trzeciego analizowanego modelu, w którym zmienną objaśnianą stanowiła gumowatość.

Tabela 81. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y=gumowatość)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			21,312±11,241	1,90	0,066
WSI	X1	1,184±0,309	0,531±0,139	3,83	0,000
Aktywność wody	X2	-0,405±0,182	-76,633±34,435	-2,23	0,032
Współczynnik ekspansji	X3	0,368±0,203	3,176±1,755	1,81	0,079
Zawartość wody	X4	-0,505±0,313	-4,111±2,553	-1,61	0,116

Źródło: badania własne.

Najlepsze dopasowanie modelu wyznaczonego dla gumowatości obserwowano po włączeniu czterech parametrów: współczynnika rozpuszczalności (WSI), aktywności wody, współczynnika ekspansji i zawartości wody. Uzyskana wartość współczynnika R^2 świadczyła o udziale modelu w ogólnej zmienności gumowatości na poziomie wynosi 59%, a dokładność z jaką przyjęty model wyjaśniał badaną zależność, wynosiła 1,952 N (tab. 76, tab. 79). W wyznaczonym równaniu za najlepsze predyktory zmiennej zależnej uznano aktywność wody oraz współczynnik rozpuszczalności (WSI), który stanowił cechę o najwyższej względnej ważkości w kształtowaniu gumowatości ($b^* = 1,184$, $p < 0,05$). Dla badanego parametru tekstury obserwowano podobne zależności jak w przypadku innych analizowanych zmiennych zależnych. Gumowatość charakteryzowała się wprost proporcjonalną zależnością od współczynnika ekspansji i współczynnika rozpuszczalności (WSI) i odwrotnie proporcjonalną zależnością od zawartości wody i aktywności wody. Uzyskane równanie miało postać:

$$Y = 21,312 + 0,531 \times \text{WSI} - 76,633 \times \text{Aktywność wody} \\ + 3,176 \times \text{Współczynnik ekspansji} - 4,111 \times \text{Zawartość wody}$$

Ostatni model stanowiło równanie dotyczące żujności ekstrudatów, dla którego najwyższe dopasowanie uzyskano po włączeniu 2 wyróżników jakościowych: współczynnika rozpuszczalności WSI oraz aktywności wody (tab. 80).

Tabela 82. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y=żujność)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			5,206±9,840	0,53	0,600
WSI	X1	0,895±0,195	0,736±0,160	4,58	0,000
Aktywność wody	X2	-0,223±0,195	-74,481±65,148	-1,14	0,260

Zródło: badania własne.

Na podstawie danych zawartych w tabeli 76 i 80 stwierdzono, że dokładność, z jaką przyjęty model wyjaśnia badaną zależność charakteryzowała się wartością 3,683 mJ. Udział modelu w ogólnej zmienności zmiennej Y wynosił 52,7% ($R^2 = 0,527$) (tab. 76). Wśród analizowanych predyktorów cechą o najwyższej względnej ważności w kształtowaniu żujności i jedyny istotnie statystyczny współczynnik w modelu stanowił współczynnik rozpuszczalności (WSI) ($b^* = 0,895$) (tab. 42). Drugim wyróżnikiem jakości mającym wpływ na zdolności prognostyczne modelu była aktywność wody, charakteryzująca się wartością b^* na poziomie -0,223. Analiza wagi poszczególnych zmiennych niezależnych dla modelu żujności we wzbogacanych produktach przekąskowych pozwoliła stwierdzić, że wraz ze zmianą współczynnika rozpuszczalności (WSI) o 1%, obserwowany byłby wzrost gumowatości o 0,736 N.

Uzyskany model miał postać:

$$Y = 5,206 + 0,736 \times \text{WSI} - 74,481 \times \text{Aktywność wody}$$

Wnioski etapowe – tekstura i jakość produktu

1. Wszystkie badane ekstrudaty z wyłączeniem produktu PS I charakteryzowały się niższą twardością, w stosunku do produktu kontrolnego P 0 - bez dodatku białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.
2. Zarówno ilość dodatku jak i jego rodzaj determinowały większość badanych parametrów tekstury. Wyjątek stanowiły twardość mierzona w pierwszym cyklu, łamliwość i odkształcenie przy maksymalnej sile. Dodatek białek z niekonwencjonalnych źródeł pozytywnie wpłynął na teksturę produktów obniżających żujność, a także twardość mierzoną w drugim cyklu pomiarowym.

3. Analiza wartości parametrów tekstury z uwzględnieniem wyłącznie rodzaju dodatku w grupach produktów P 0, PK i PS wykazała istotnie statystyczne różnice pomiędzy produktami w zakresie twardości mierzonej w drugim cyklu, kohezji, sprężystości, gumowatości i żujności. Najwyższy średni poziom tych cech obserwowano dla produktu P 0, najniższy dla grupy produktów PS. Istotnych statystycznie różnic nie stwierdzono dla parametru twardości mierzonej w pierwszym cyklu.
4. Przeprowadzona analiza skupień, obejmująca charakterystykę podstawowych wyróżników jakości ekstrudatów wraz z parametrami tekstury pozwoliła na podzielenie produktów na 5 skupień: skupienie A (P 0), skupienie B (PK I i PK II), skupienie C (PK III, PS I), skupienie D (PS II), E (PS III). Podział ten był determinowany przez współczynnik ekspansji oraz parametry tekstury. Bardziej zbliżoną jakością do produktu P 0 charakteryzowały się produkty z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) oraz produkty o niższym udziale dodatku.
5. Analiza korelacji wykazała bardzo wysokie, wprost proporcjonalne korelacje pomiędzy WSI a kohezją, sprężystością, gumowatością i żujnością oraz między sprężystością i współczynnikiem ekspansji. Bardzo wysokie ujemne wartości współczynnika korelacji obserwowano pomiędzy zawartością wody, a kohezją i sprężystością.
6. Wyznaczone równania regresji pozwalały na predykcję większości cech tekstury na podstawie parametrów jakości z dobrą dokładnością. Model o najwyższej wartości współczynnika determinacji ($R^2 = 0,756$) stanowiło równanie wyznaczone dla sprężystości, dla którego istotnie statystycznymi predyktorami były współczynnik ekspansji oraz WSI.

Weryfikacja hipotez:

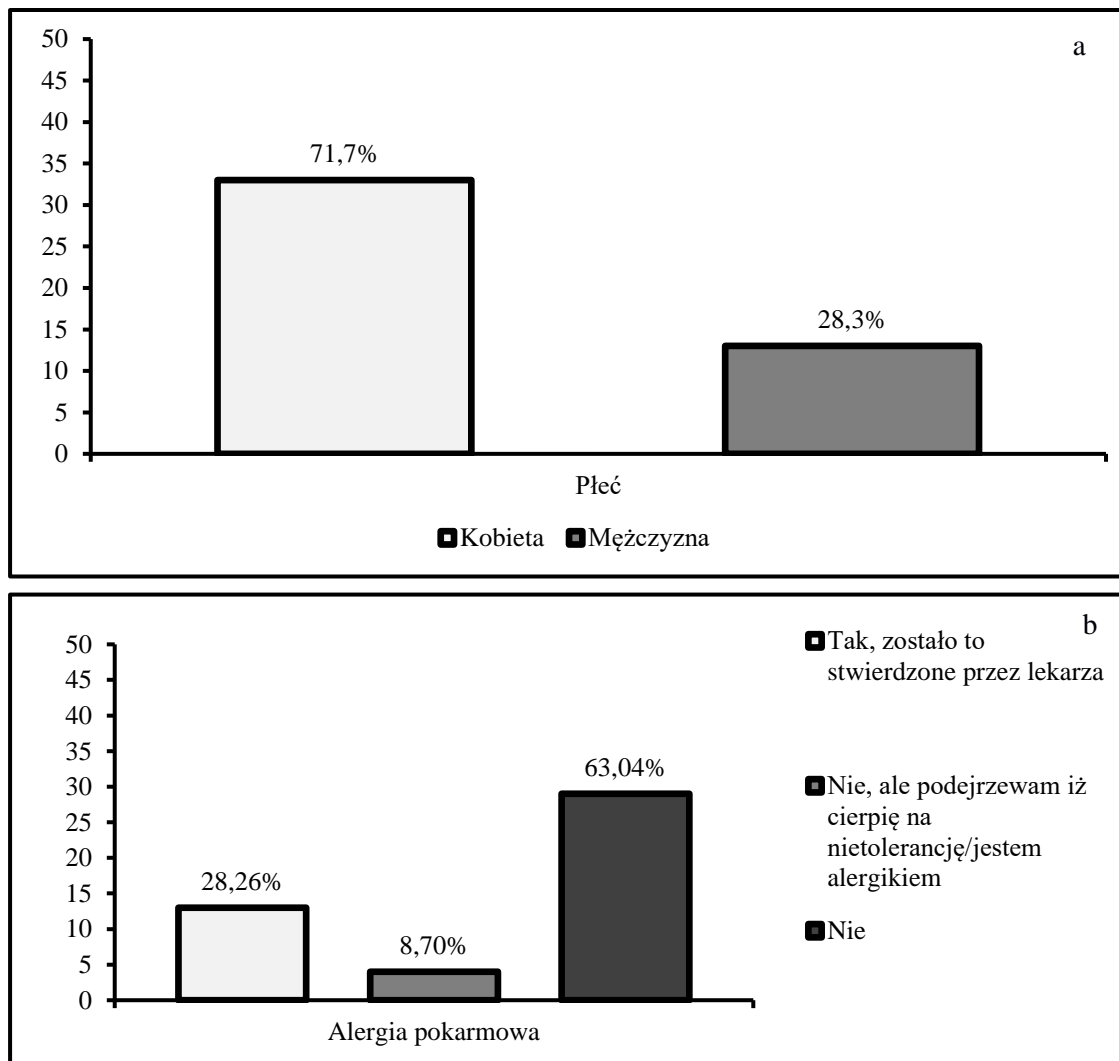
Hipotezy cząstkowe **H. 2.2** i **H 2.3** zostały zweryfikowane pozytywnie.

- H 2.2.** Dodatek białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł może obniżać cechy jakościowe wytworzonych produktów.
- H 2.3.** Dodatek białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł wpływa na stopień ekspandowania oraz twardość wytworzonych produktów przekąskowych.

6.5. Omówienie wyników badań etapu II – Ocena sensoryczna

6.5.1. Charakterystyka zespołu oceniających

Ocenę sensoryczną wytworzonych, wzbogaconych produktów przekąskowych przeprowadził zespół oceniających w wieku od 18-30 lat. Na rysunku 36 przedstawiono histogramy płci, częstości uprawiania sportu i posiadanych chorób alergicznych przez oceniających.



Rys. 36. Profil socjo-demograficzny zespołu oceniającego (a - płeć, b - alergia lub nietolerancja pokarmowa)

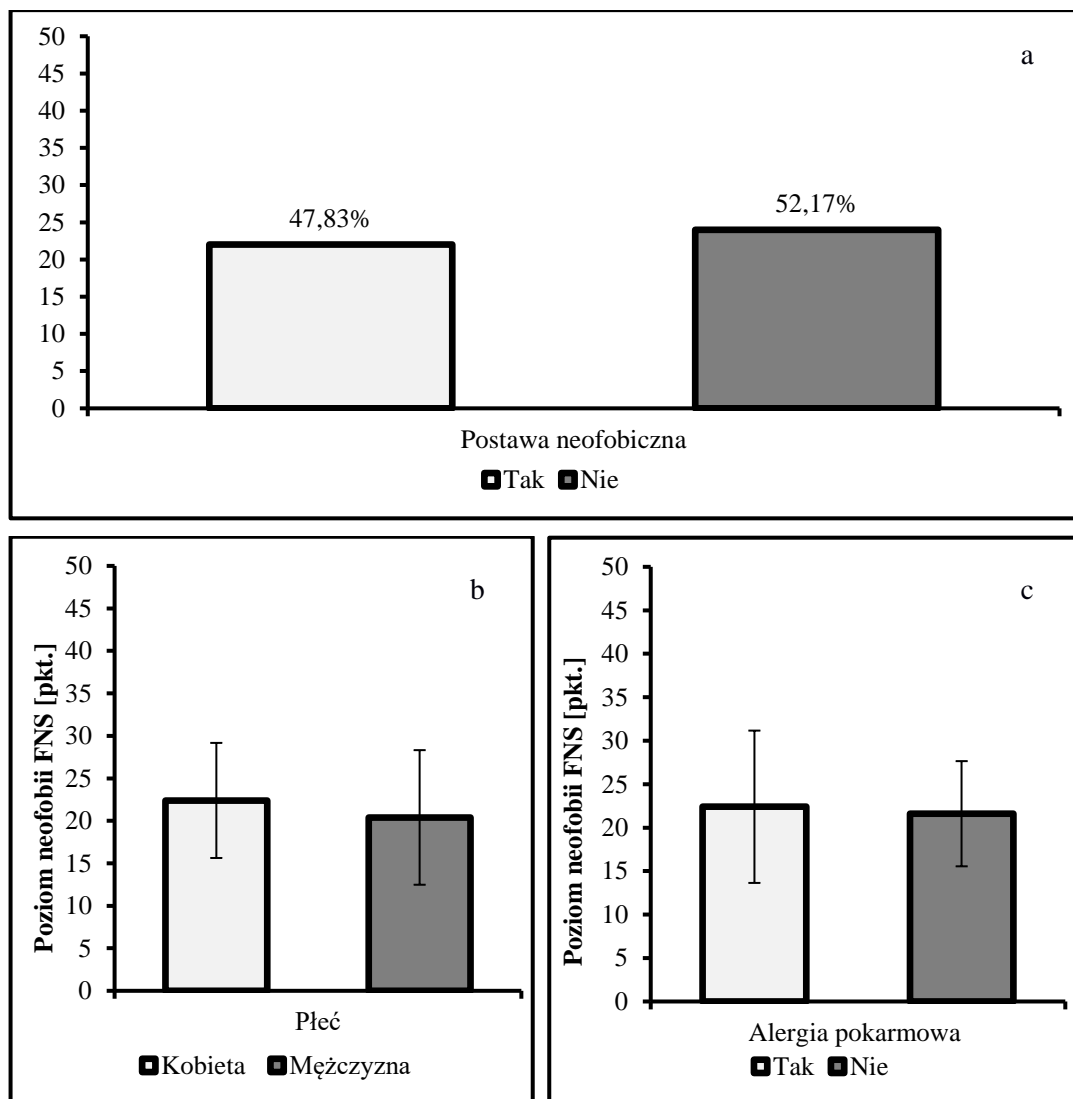
Źródło: badania własne.

W zespole oceniających większość panelistów stanowiły kobiety (71,7%) (rys. 36a). Ocena profilu socjo-demograficznego wykazała, że w grupie oceniających około 28,26% stanowiły osoby u których zdiagnozowano występowanie alergii lub nietolerancji pokarmowych (rys. 36b).

W celu określenia wpływu postawy neofobicznej na postrzeganie jakości sensorycznej produktu wzbogacanego białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł w badanym zespole (analogicznie jak w przypadku badanej grupy konsumentów) podjęto próbę określenia poziomu neofobii w skali FNS (Food Neophobia Scale). Zespołowi oceniających zadano serię pytań, a następnie przeprowadzono kwantyfikację udzielonych odpowiedzi i nadano określonym stwierdzeniom wartości liczbowe (od 1-zgadzam się całkowicie do 5-całkowicie się nie zgadzam)⁵⁸¹. Stwierdzenia przeciwne rekodowano. Zakres możliwych do uzyskania wyników wynosił od 10 do 50 punktów. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zespół oceniających charakteryzował się zróżnicowanym poziomem neofobii żywieniowej, a jej średni poziom wynosił $21,8 \pm 7,00$ pkt., Otrzymane wyniki umożliwiły podział oceniających na osoby wykazujące postawę neofobiczną ($n=22$) (powyżej wartości średniej) oraz osoby niewykazujące tej postawy ($n=24$).

Na rysunku 37 przedstawiono poziom neofobii żywieniowej oceniających.

⁵⁸¹ Bartkowicz J., (2018), Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.



Rys. 37. Poziom neofobii żywieniowej (a -ogółem, b - ze względu na płeć, c - ze względu na alergię lub nietolerancję pokarmową)

Źródło: badania własne.

Charakteryzując wpływ czynników socjo-demograficznych zespołu (na podstawie przeprowadzonego testu t-Studenta) stwierdzono, że płeć ($p=0,385$) oraz występowanie alergii pokarmowej ($p=0,716$) nie stanowiły czynników statystycznie istotnie różnicujących poziom neofobii żywieniowej zespołu oceniającego (rys. 37).

Przed przystąpieniem do oceny sensorycznej produktów określono również poziom obaw zespołu oceniającego przed spożyciem (konsumpcją) produktów przekąskowych zawierających w składzie białko konopne i proszek ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (tab. 81). Uzyskane wyniki ze względu na wysoki rozrzut ($9,0 \div 9,6$) oraz dużą wariancję poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem testu kolejności par Wilcoxon.

Tabela 83. Poziom obaw przed przystąpieniem do konsumpcji wzbogacanych produktów przekąskowych z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Poziom obaw przed przystąpieniem do konsumpcji	P 0	PS	PK
Średnia±SD	2,64±2,84	3,8±2,74	2,02±2,69
Min÷max	0÷9,59	0÷8,99	0÷9,5
Analizowana para	P 0 - PS	P 0 - PK	PS - PK
Wartość p	0,012	0,401	0,001

Oznaczenia: P 0 – produkt bez dodatku białka, PK– produkt z 2, 4 i 7% dodatkiem białka konopnego, PS – produkt z 2, 4 i 7% dodatkiem proszku ze świerszczy

Źródło: badania własne.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono statystycznie istotne większe obawy związane ze spożyciem produktu zawierającego dodatek proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) w porównaniu do pozostałych produktów (3,8 pkt.) (tab. 81). Co istotne, na podstawie przeprowadzonego testu Manna-Whitney’a wykazano, że poziom obaw zespołu oceniających nie był również warunkowany czynnikami socjo-demograficznymi takimi jak płeć i występowanie alergii (tab. 82).

Tabela 84. Poziom obaw przed przystąpieniem do konsumpcji wzbogacanych produktów przekąskowych z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy (*A. domesticus*) z uwzględnieniem płci, alergienności postawy neofobicznej

Poziom obaw przed przystąpieniem do konsumpcji	P 0		PS		PK	
	Kobieta	Mężczyzna	Kobieta	Mężczyzna	Kobieta	Mężczyzna
Płeć						
Średnia±SD	2,99±2,82	1,74±2,79	4,11±2,8	3,03±2,52	2,61±2,94	0,5±0,66
p	0,155		0,266		0,019	
Alergia	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Nie
Średnia±SD	3,37±0,00	2,21±0,00	4,34±0,00	3,49±0,00	2,4±0,00	1,79±0,00
p	0,641		0,29		0,593	
Postawa neofobiczna	Nie	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak
Średnia±SD	2,28±0,00	3,03±0,00	3,38±0,00	4,26±0,00	2,04±0,00	1,99±0,00
p	0,008		0,003		0,481	

Oznaczenia:

P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł

PK produkt z dodatkiem białka konopnego

PS produkt z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Odmienne zależności stwierdzono przy ocenie różnicowania poziomu obaw w grupie osób wykazującej postawy i brak postaw neofobicznych. Na podstawie oceny poziomu

obaw przed przystąpieniem do spożycia produktu stwierdzono, że wyłącznie w produktach z dodatkiem białka konopnego poziom obaw nie był determinowany występowaniem postawy neofobicznej zespołu. Natomiast poziom obaw przed konsumpcją produktu bez dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł oraz z dodatkiem proszku ze świerszczy zależał od postawy neofobicznej ($p < 0,05$), osiągając wyższe wartości w grupie prezentującej tę postawę (tab. 82).

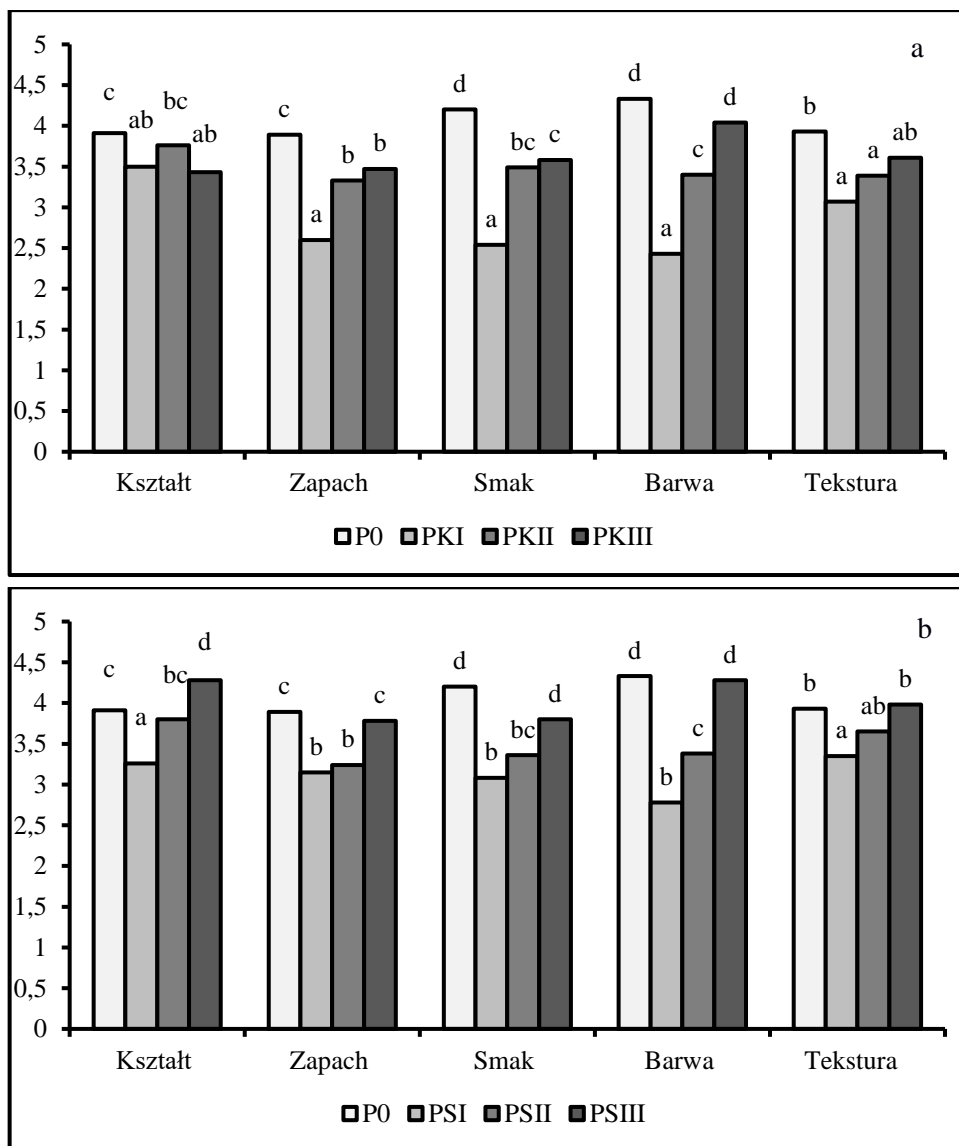
6.5.2. Ocena cech sensorycznych (kształt, zapach, smak, barwa, tekstura, twardość, ogólna pożądalność)

Pierwszym wyróżnikiem oceny sensorycznej, charakteryzowanym przez zespół ocenianych był kształt wytworzonych produktów ekstrudowanych.

Wytworzone ekstrudaty cechowały się dużą różnorodnością uzyskanych form kształtu, co prawdopodobnie wynikało z odmiennego składu mieszanek poddawanych procesowi ekstruzji, różnicując tym samym stopień ekspansji wytworzonych produktów.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w grupie produktów wzbogacanych białkiem konopnym najbardziej akceptowalnym kształtem charakteryzował się produkt z 4% dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) - PK II (3,76) (rys. 38a). Najwyższe noty za kształt wśród produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy (PS) uzyskał produkt PS III charakteryzujący się najwyższym 7% udziałem dodatku (4,28) (38b). Ekstrudat bazowy uzyskał ocenę na poziomie 3,90 punktów. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że prawdopodobnie na kształt miały wpływ rodzaj oraz ilość dodatku. Jednocześnie w przypadku ekstrudatów z dodatkiem proszku ze świerszczy stwierdzono wzrost wartości ocen kształtu wraz z wzrostem ilości dodatku. Zależności takiej nie stwierdzono dla produktów z dodatkiem białka konopnego.

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że ocena kształtu warunkowana była także przez sytuację socjo-demograficzną ocenianych. Przeprowadzony test NIR wykazał, że kształt produktu PK II z 4% dodatkiem białka konopnego akceptowany był w większym stopniu przez mężczyzn, natomiast wśród alergików obserwowano wyższe oceny tej cechy w produktach PK I z 2% dodatkiem białka konopnego i PS III – 7% dodatkiem proszku ze świerszczy. Oceniany deskryptor charakteryzował się również słabą korelacją z poziomem obaw związanych ze spożyciem ocenianych produktów.



Rys. 38. Ocena kształtu, zapachu, smaku, barwy i tekstury produktów przekąskowych z dodatkiem białek z niekonwencjonalnych źródeł

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Porównując uzyskane wyniki z danymi literaturowymi stwierdzono, że jedynie produkt PS II z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy uzyskał podobną ocenę kształtu jak ekstrudat z dodatkiem 1,5% spiruliny i 2% Na_3PO_4 w badaniach Ruszkowskiej (2018).

Zbliżoną ocenę kształtu stwierdzono również w produktach bazowych⁵⁸². Niższą oceną kształtu natomiast charakteryzowały się ekstrudaty wzbogacane gryką oceniane przez Wójtowicz i in. (2018)⁵⁸³.

Kolejnym charakteryzowanym deskryptorem oceny sensorycznej wytworzonych ekstrudatów był zapach. Na podstawie przeprowadzonej oceny zapachu stwierdzono, że wśród produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) najwyższymi ocenami zapachu cechowały się produkty PK II z 4% dodatkiem (3,33) i PK III z 7% dodatkiem (3,47) (rys. 38a). Natomiast zapach produktu o najniższym udziale białka konopnego (PK I) został najniżej oceniony przez przeszkolony zespół oceniających (2,60). Wśród produktów z 2 oraz 4% dodatkiem proszku ze świerszczy różnice w ocenie zapachu wahały się w niewielkim zakresie 3,15÷3,47, co potwierdził przeprowadzony test NIR. W grupie produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszczy najwyższą wartość oceny zapachu uzyskał produkt PS III z 7% dodatkiem (3,78) (rys. 38b).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zapach produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy różnił się od wyników uzyskanych przez innych autorów. Różnice zapachu prawdopodobnie determinowane były rodzajem zastosowanego dodatku. Produkty wzbogacane proszkiem z spiruliny charakteryzowały się wyższą oceną zapachu w porównaniu do produktów wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy⁵⁸⁴. Natomiast niższą ocenę zapachu w porównaniu z w/w produktami przekąskowymi uzyskały produkty wzbogacane mączkami z tuńczyka oraz sardynek (2015)⁵⁸⁵.

Podobnie jak w przypadku kształtu, przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że ocena zapachu warunkowana była także przez sytuację socjo-demograficzną oceniających. Zapach produktów: PK III – z 7% dodatkiem białka konopnego i PS I – z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy został oceniony wyżej przez mężczyzn. Dla powyższego deskryptora stwierdzono także wpływ występowania postawy neofobicznej, ponieważ oceniający charakteryzujący się tą postawą ocenili wyżej zapach produktów z 2 i 7% dodatkiem białka konopnego (PK I i PK III).

⁵⁸² Ruszkowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 131-147.

⁵⁸³ Wójtowicz A., Kolasa A., Mościcki L., (2013), Influence of Buckwheat Addition on Physical Properties, Texture and Sensory Characteristics of Extruded Corn Snacks, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63, 1, pp. 239-244, doi:10.2478/v10222-012-0076-2.

⁵⁸⁴ Tańska M., Konopka I., Ruszkowska M., (2017), Sensory ..., *op.cit.*, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

⁵⁸⁵ Goes E.S.R., de Souza M.L.R., Campelo D.A.V., Yoshida G.M., Xavier T.O., de Moura L.B., Monteiro A.R.G., (2015), Extruded snacks with the addition of different fish meals, *Food Science and Technology*, 35(4), pp. 683-689.

Poza ogólną oceną zapachu w pracy dokonano również próby określenia wyczuwalności zapachów w wytworzonych wzbogacanych produktach przekąskowych (tab. 83). W celu stworzenia profilu deskryptorów zapachu do analizy wykorzystano deskryptory smaku charakterystyczne dla produktów z dodatkiem konopi siewnej (*C. sativa*) i świerszcza domowego (*A. domesticus*)^{586,587,588}.

Tabela 85. Wyczuwalność zapachu

Zapach	Produkt						
	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
	% wskazań						
Charakterystyczny dla produktu	86,96 ^d	39,13 ^a	54,35 ^{ab}	67,39 ^c	45,65 ^{ab}	63,04 ^{bc}	76,09 ^{cd}
Obcy	6,52 ^a	26,09 ^b	19,57 ^{ab}	15,22 ^a	26,09 ^b	17,39 ^a	8,70 ^a
Orzechowy	29,9 ^b	11,35 ^a	12,22 ^a	17,74 ^{ab}	33,39 ^b	15,39 ^a	12,22 ^a
Rybi	6,52 ^a	26,09 ^b	10,87 ^a	6,52 ^a	17,39 ^{ab}	6,52 ^a	8,70 ^a
Trawa	4,35 ^a	36,96 ^c	23,91 ^b	15,22 ^b	19,57 ^b	13,04 ^{ab}	15,22 ^b

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR. Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej oceny stwierdzono, że produkty o zbliżonym zapachu stanowiły próbki P 0 i PS III z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy charakteryzujące się wysokimi wartościami wskazań zapachu charakterystycznego dla ekstrudatów kukurydzianych i niską (poniżej 10%) wyczuwalnością zapachu obcego i rybiego (tab. 83).

W grupie produktów wzbogacanych białkiem konopnym najwyższy procent wskazań zapachów obcego, rybiego i trawiastego uzyskano dla produktu PK II

⁵⁸⁶ Crini G., Lichtfouse E., Chanet G., Morin-Crini N., (2020), Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review, Environmental Chemistry Letters, 18, pp.1451-1476, doi:10.1007/s10311-020-01029-2.

⁵⁸⁷ Elhassan M., Wendin K., Olsson V., Langton M., (2019), Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts, Foods, 8, 95, pp. 1-14, doi:10.3390/foods8030095.

⁵⁸⁸ Perez-Santaescolastica C., De Winne A., Devaere J., Fraeye I., (2022), The flavour of edible insects: A comprehensive review on volatile compounds and their analytical assessment, Trends in Food Science & Technology, 127, pp. 352-367, doi:10.1016/j.tifs.2022.07.011.

z 4% dodatkiem. Natomiast dla produktu zawierających w swoim składzie proszek ze świerszcza naj wyższy procent wskazań dotyczył zapachu obcego, brzegowego i rybiego w produkcie z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza (tab. 83).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zwiększenie udziału dodatku białkowego w recepturze wytworzonych ekstrudatów nie wpłynęło na zwiększenie ilości wskazań zapachów charakterystycznych dla zastosowania surowców konopnych (orzechowy i trawiasty) oraz proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) (orzechowy i rybi i trawiasty) (tab. 83).

Kolejnym parametrem oceny sensorycznej był smak. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zespół oceniających najwyżej ocenił smak produktów z 7 % dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (PK III – 3,58) oraz proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) (PS III – 3,86) (rys. 38a i rys. 38b). Tym samym stwierdzono, że zwiększenie do 7% udziału dodatku wzbogacającego wpłynęło na zwiększenie pożądalności odbieranego smaku, w porównaniu z produktami z 2 i 4% dodatkiem białka konopnego i proszku ze świerszczy. Jednocześnie smak produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy został wyżej oceniony niż smak produktów wzbogacanych białkiem konopnym. Smak ekstrudatu bazowego P 0 uzyskał ocenę 4,20.

Dla porównania otrzymane wyniki smaku ekstrudatów wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy były zbliżone do wyników oceny przeprowadzonej przez zespół Tomaszewskiej-Ciosk dla ekstrudatów z dodatkiem 10-15% złotego lnu⁵⁸⁹ oraz wyników zespołu de Goes (2015) dla produktów przekąskowych z dodatkiem mączki z tilapii⁵⁹⁰.

Kolejnym etapem badań, podobnie jak w przypadku oceny zapachu była próba określenia wyczuwalności smaku wzbogacanych produktach przekąskowych. W celu stworzenia profilu deskryptorów smaku do analizy wykorzystano deskryptory smaku

⁵⁸⁹ Tomaszewska-Ciosk E., Zdybel E., (2021), Properties of extruded corn snacks with common flax (*Linum usitatissimum L.*) and golden flax (*Linum flavum L.*) pomace, International Journal of Food Science & Technology, 56, 4, pp. 2009-2018, doi:10.1111/ijfs.14832.

⁵⁹⁰ Goes E.S.R., de Souza M.L.R., Campelo D.A.V., Yoshida G.M., Xavier T.O., de Moura L.B., Monteiro A.R.G., (2015), Extruded snacks with the addition of different fish meals, Food Science and Technology, 35(4), pp. 683-689.

charakterystyczne dla produktów z dodatkiem konopi siewnej (*C. sativa*) i świerszcza domowego (*A. domesticus*)^{591,592,593}.

W tabeli 84 zaprezentowano ilość wskazań danego smaku przez zespół oceniających.

Tabela 86. Wyczuwalność smaków

Smak	Produkt						
	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
	% wskazań						
Charakterystyczny dla produktu	80,43 ^c	39,13 ^b	67,39 ^c	80,43 ^c	36,96 ^b	19,57 ^a	73,91 ^c
Słony	45,65 ^{ab}	36,96 ^a	39,13 ^a	34,78 ^a	36,96 ^a	60,87 ^b	30,43 ^a
Słodki	30,43 ^b	8,70 ^a	8,70 ^a	17,39 ^a	8,70 ^a	28,26 ^b	15,22 ^a
Gorzki	2,17 ^a	6,52 ^a	8,70 ^a	13,04 ^a	15,22 ^{ab}	26,09 ^b	13,04 ^a
Umami	6,52 ^a	10,87 ^a	8,70 ^a	10,87 ^a	23,91 ^b	6,52 ^a	4,35 ^a
Obcy	4,35 ^a	19,57 ^b	6,52 ^a	4,35 ^a	21,74 ^b	8,70 ^a	8,70 ^a
Orzechowy	19,57 ^a	17,39 ^a	19,57 ^a	21,74 ^a	45,65 ^b	28,26 ^a	23,91 ^a
Rybi	4,35 ^a	30,43 ^b	10,87 ^a	8,70 ^a	15,22 ^a	8,70 ^a	6,52 ^a
Trawa	17,39 ^a	43,48 ^b	19,57 ^a	8,70 ^a	10,87 ^a	15,22 ^a	10,87 ^a

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł

PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego

PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego

PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego

PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne

Na podstawie przeprowadzonej charakterystyki profilu smakowego wytworzonych produktów przekąskowych stwierdzono, że najwyższą liczbą wskazań smaku charakterystycznego dla typowych produktów ekstrudowanych cechowały się produkty P 0 (80,43%), PK III (80,43%) i PS III (73,91%) (tab. 84). W grupie smaków podstawowych najczęściej wskazywany był smak słony, który w produktach przekąskowych wyczuwało 30,43÷60,87% oceniających, a jego szczególnie wysokie

⁵⁹¹ Elhassan M., Wendin K., Olsson V., Langton M., (2019), Quality Aspects of Insects as Food-Nutritional Sensory and Related Concepts, *Foods*, 8, 95, pp. 1-14, doi:10.3390/foods8030095.

⁵⁹² Crini G., Lichtfouse E., Chanet G., Morin-Crini N., (2020), Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review, *Environmental Chemistry Letters*, 18, pp.1451-1476, doi:10.1007/s10311-020-01029-2.

⁵⁹³ Perez-Santaescolastica C., De Winne A., Devaere J., Fraeye I., (2022), The flavour of edible insects: A comprehensive review on volatile compounds and their analytical assessment, *Trends in Food Science & Technology*, 127, pp. 352-367, doi:10.1016/j.tifs.2022.07.011.

natężenie stwierdzono w produkcie PS II. Najwyższa liczba wskazań smaku słodkiego obserwowana była w produktach P 0 (30,43) i PS II (26,09). Na podstawie przeprowadzonej oceny stwierdzono, że 4% dodatku proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) przyczyniło się do wzrostu wycucia smaku gorzkiego. W produkcie PS I obserwowano natomiast wyższą niż w innych produktach przekąskowych wyczuwalność smaku umami oraz smaku orzechowego.

Produkty wzbogacone 2% dodatkiem białka konopnego i proszku ze świerszcza charakteryzowała większa wyczuwalność smaków innych niż smak charakterystyczny dla ekstraktów kukurydzianych. Wyczuwalność smaku rybiego i trawiastego cechowała produkt PK I, a smak obcy i orzechowy cechował produkt PS I.

Kolejnym wyróżnikiem oceny sensorycznej badanych produktów była barwa. Barwa jest jednym z podstawowych parametrów, służących ocenie jakości produktów i spożywczych. Należy ona do podstawowych czynników, wpływających na akceptację produktu⁵⁹⁴.

W opinii zespołu oceniającego najlepszą barwą charakteryzował się produkt bazowy P 0 (4,33). Na podstawie oceny produktów wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy stwierdzono, że najlepszą barwą w opinii zespołu oceniającego charakteryzowały się produkty z 7% dodatkiem - PK III (4,04), PS III (4,28). Zwiększenie ilości dodatku wzbogacającego białka konopnego i proszku ze świerszczy wpłynęło korzystnie na ocenę barwy (rys. 38a i rys. 38b).

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że ocena barwy warunkowana była także przez sytuację socjo-demograficzną oceniających – płeć oraz występowanie alergii pokarmowych. Na podstawie testu F i testu NIR stwierdzono wyższe oceny barwy produktu PS I w grupie mężczyzn. Co więcej ocena barwy uwarunkowana była również występowaniem alergii. Barwę produktów z dodatkiem 2 i 4% białka konopnego (*C. sativa*) ocenili wyżej alergicy. Wśród osób u których nie stwierdzono występowania alergii obserwowano wyższe oceny produktu PS III – z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*).

Kolejnym badaniem deskryptorem była tekstura. Parametr ten charakteryzuje właściwości reologiczne żywności oraz umożliwia ocenę zmian zachodzących w czasie

⁵⁹⁴ Sakowski P., Janiszewska E., (2013), Zmiana barwy soku marchwiowego w czasie obróbki ultradźwiękami, *Acta Agrophysica*, 20(1), s. 161-171.

wytwarzania i przechowywania. Za szczególnie istotne cechy tekstury wyrobów przekąskowych uznać można kruchość i chrupkość⁵⁹⁵.

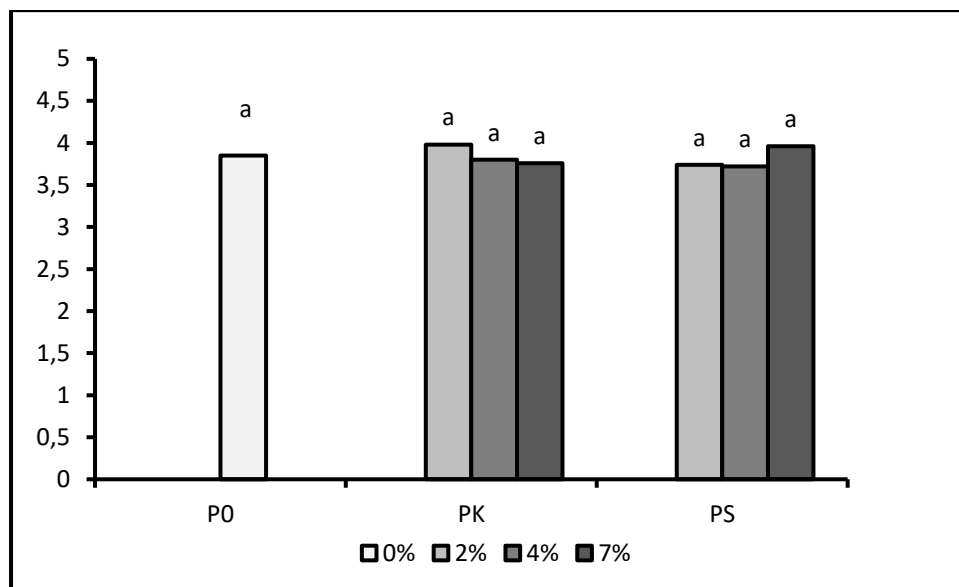
Na podstawie przeprowadzonej oceny tekstury stwierdzono, że podobnie jak w przypadku smaku i barwy, produkty z 7% dodatkiem charakteryzowały się teksturą najbardziej pożądaną przez zespół oceniających (PK III = 3,61) (PS III = 3,98) (rys. 38a i rys. 38b). Porównując teksturę produktów wzbogacanych z produktem bazowym (P 0 = 3,93). stwierdzono, że wprowadzenie 7% dodatku wzbogacającego nie przyczyniło się istotnie do obniżenia ww. parametru w opinii zespołu oceniających.

Podobnie jak w przypadku przedstawionych wyżej wyróżników analiza statystyczna wykazała, że ocena tekstury warunkowana była przez dwa z trzech analizowanych czynników socjo-demograficznych (płeć, występowanie alergii, postawa neofobiczna). Teksturę produktów PK I, PK II i PK III ocenili wyżej mężczyźni. Dla produktu PS II obserwowane były natomiast wyższe oceny tekstury wśród osób bez alergii. Wyróżnik ten charakteryzowała również najwyższa - przeciętna wśród analizowanych deskryptorów korelacja z poziomem obaw wobec wszystkich analizowanych produktów (0,306÷0,399).

Na podstawie analizy literatury stwierdzono, że zbliżone wartości tekstury, wśród innych wzbogacanych produktów przekąskowych uzyskano dla produktu z 5% dodatkiem lnu zwyczajnego⁵⁹⁶.

⁵⁹⁵ Wójtowicz A., Baltyn P., (2006), Ocena wybranych cech jakościowych popularnych przekąsek ziemniaczanych, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2(47), s. 112-123.

⁵⁹⁶ Tomaszewska-Ciosk E., Zdybel E., (2021), Properties of extruded corn snacks with common flax (*Linum usitatissimum L.*) and golden flax (*Linum flavum L.*) pomace, International Journal of Food Science & Technology, 56, 4, pp. 2009-2018, doi:10.1111/ijfs.14832.



Rys. 39. Twardość produktów przekąskowych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

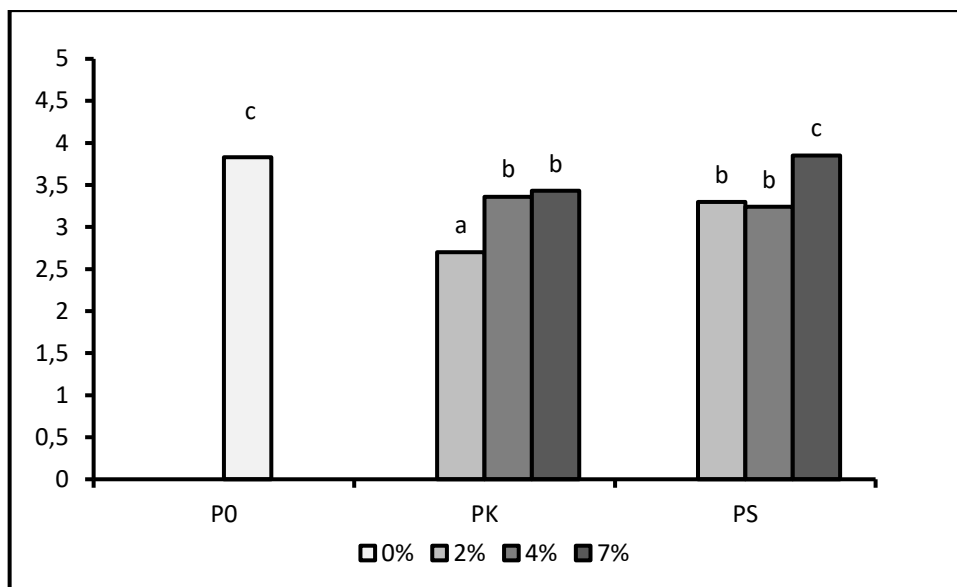
- P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świerzczy domowych

Źródło: badania własne.

Kolejnym ocenianym parametrem wytworzonych produktów przekąskowych była twardość. Na podstawie przeprowadzonej oceny stwierdzono, że badane produkty według zespołu oceniającego charakteryzowały się twardością w zakresie $3,72 \div 3,98$ pkt, mieszcząc się na skali pomiędzy określeniami „ani twardy ani miękki” (3), a „twardy” (4) (rys. 39). Statystyczna ocena twardości produktu przeprowadzona testem F Fishera-Snedecora nie wykazała istnienia statystycznie istotnych różnic pomiędzy produktami (rys. 39), co znalazło potwierdzenie również w przeprowadzonej instrumentalnej analizie tekstury oraz twardości mierzonej w pierwszym cyklu testu TPA (tab. 70 i 71).

Analiza statystyczna wykazała, że twardość warunkowana była przez jeden z analizowanych czynników socjo-demograficznych – występowanie alergii. Na podstawie przeprowadzonego opracowania statystycznego stwierdzono, że w grupie osób bez alergii za produkty twardsze uznano ekstrudaty PK I, PS I i PS III. Występowanie postawy neofobicznej związane było natomiast z wyższą oceną twardości produktu PS I.

Ostatnim wyróżnikiem ocenianym przez zespół była ogólna pożądalność produktu (rys. 40).



Rys. 40. Ogólna pożądalność produktów przekąskowych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł
- PK produkt z dodatkiem białka konopnego
- PS produkt z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wśród produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) najwyższą ogólną pożądalnością charakteryzowały się produkty z 4 i 7% zawartości dodatku – PK II (3,36) i PK III (3,43) (rys. 40). W grupie produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy najwyższe wartości ogólnej pożądalności stwierdzono w produkcie z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy (PS III=3,85), a uzyskane dla tego produktu wyniki nie różniły się istotnie statystycznie od ogólnej pożądalności produktu P 0 (P 0=3,83) (rys. 40). Porównanie wyników dla obu dodatków pozwala stwierdzić, że produkty o większej ogólnej pożądalności stanowiły produkty z dodatkiem proszku ze świerszcza (PS).

Podobnie jak w przypadku pozostałych cech obserwowano wpływ czynnika socjo-demograficznego – występowania alergii na ogólną pożądalność produktu. Powyższy parametr w produkcie PK I ocenili wyżej alergicy. W przypadku występowania postawy neofobicznej oceniający, którzy nie charakteryzowali się tą postawą ocenili wyżej pożądalność produktu P 0. Nie zaobserwowano także większej niż słaba (0,214) korelacji pomiędzy ogólną pożądalnością, a poziomem obaw przed spożyciem produktów:

bez dodatku wzbogacającego, z dodatkiem białka konopnego i dodatkiem proszku ze świerszczy.

W literaturze przedmiotu stwierdzono różny wpływ dodatku białka konopnego na ogólną pożądalność produktów przekąskowych. Wśród ekstrudatów ryżowych z dodatkiem konopi nie obserwowano wpływu białka na ogólną akceptowalność⁵⁹⁷. Zastosowanie tego surowca w ilości 10-20% do produkcji krakersów skutkowało natomiast podwyższeniem ich ogólnej oceny⁵⁹⁸.

Porównując uzyskane wyniki pożądalności ekstrudatów wzbogacanych proszkiem ze świerszcza z badaniami innych autorów stwierdzono, że w badaniach Bawa (2020), Osimani (2018) i Vlahowa-Vangelowa (2021) uzyskano inną zależność niż w przypadku wytworzonych ekstrudatów wzbogaconych 2, 4 i 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*). Wymienieni autorzy zaobserwowali obniżenie ogólnej pożądalności produktów: chleba, ciasteczek i wyrobów mięsnych wraz ze wzrostem dodatku proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)^{599,600,601}.

Za pracę cechującą się zbliżonymi do produktów P 0, PK i PS wynikami analizy sensorycznej, w której zastosowano produkt wysokobiałkowy pochodzenia zwierzęcego, uznano badania zespołu de Goes i in. (2015)⁶⁰². Wytworzone przez wymieniony zespół produkty ekstrudowane z dodatkiem mączki rybnej z łososia charakteryzowały się podobnym poziomem ogólnej pożądalności. Porównywalny poziom akceptowalności smaku osiągnięto natomiast poprzez zastosowanie mączki z tilapii⁶⁰³.

⁵⁹⁷ Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food Chemistry*, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.

⁵⁹⁸ Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers, *Journal of Food Science*, 79(3), 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.

⁵⁹⁹ Osimani A., Milanović V., Cardinali F., Roncolini A., Garofalo C., Clementi F., Pasquini M., Mozzon M., Foligni R., Raffaelli N., Zamporlini F., Aquilanti L., (2018), Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 48, pp. 150-163, doi:10.1016/j.ifset.2018.06.007.

⁶⁰⁰ Bawa M., Songsermpong S., Kaewtapee C., Chanput W., (2020), Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket (*Acheta domesticus*) powder, *Journal of Food Processing and Preparation*, 44, 8, pp. 1-9, doi:10.1111/jfpp.14601.

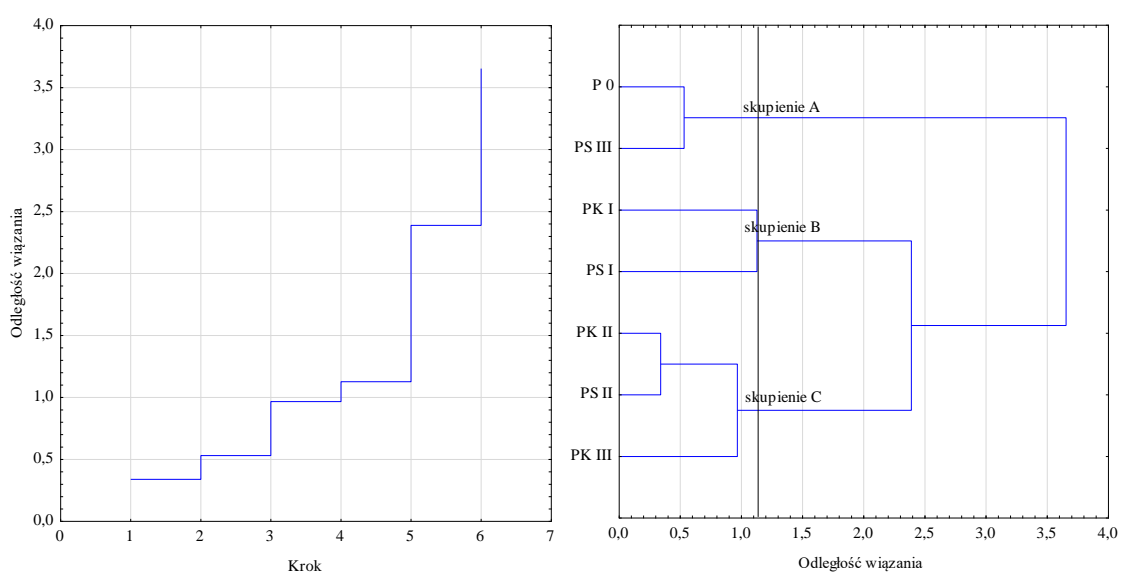
⁶⁰¹ Vlahowa-Vangelowa D.B., Balev D.K., Kolev N.D., Gradinarska D.N., Dragoev G., (2021), Cricket Powder (*Acheta domestica*) as Food Additive for Processing of Dry-fermented Poultry Bars, 22(4), pp. 453-461.

⁶⁰² Goes E.S.R., de Souza M.L.R., Campelo D.A.V., Yoshida G.M., Xavier T.O., de Moura L.B., Monteiro A.R.G., (2015), Extruded snacks with the addition of different fish meals, *Food Science and Technology*, 35(4), pp. 683-689.

⁶⁰³ Tamże, pp. 683-689.

6.5.3. Analiza skupień – taksonomiczny podział produktów na podstawie wyników oceny sensorycznej

W celu porównania zależności pomiędzy uzyskanymi parametrami oceny sensorycznej w wytworzonych ekstrudatach zastosowano analizę skupień. Jednorodne skupienia (klastry) wyznaczano na podstawie wyników oceny sześciu cech organoleptycznych. Podstawą aglomeracji były odległości euklidesowe w zastosowanej metodzie aglomeracji Warda. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na wyróżnienie 3 skupień: skupienia A obejmującego produkty: P 0 i PS III, skupienia B, do którego zaliczono produkty o 2% dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł oraz skupienia C, w którego skład wchodziły ekstrudaty PK II, PK III i PS III (rys. 41).



Rys. 41. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie wyników oceny sensorycznej

Źródło: badania własne.

Uzupełnieniem analizy skupień było zbadanie istotności różnic pomiędzy poziomem każdej cechy sensorycznej w wyznaczonych skupieniach (tab. 85).

Atrybutami, które stanowiły podstawę klasyfikacji były: kształt, zapach, smak, barwa, tekstura i twardość.

Pierwsze skupienie (A) obejmowało produkty P 0 i PS III, które charakteryzowały się istotnie statystycznie najwyższymi wartościami większości deskryptorów oceny sensorycznej – kształtu, zapachu, smaku i barwy.

Do grupy tworzącej skupienie drugie zaklasyfikowano ekstrudaty wzbogacane 2% dodatkiem zarówno białka konopnego (PK I) i proszku ze świerszczy (PS I),

które charakteryzowały się statystycznie istotnie najniższą oceną wszystkich ocenianych parametrów.

Kolejne skupienie (C) utworzyły produkty PK II, PK III i PS II. Analizując wyniki z oceny sensorycznej, ekstrudaty w tym skupieniu cechowały się wyższymi wartościami ocen zapachu, smaku i barwy niż produkty o 2% udziale dodatku (tab. 85).

Tabela 87. Deskryptory oceny sensorycznej - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*)

Skupienie	A P 0 i PS III	B PK I i PS I	C PK II, PK III i PS II	<i>p</i>
Kształt	4,10 ^b	3,38 ^a	3,66 ^a	0,048
Zapach	3,84 ^c	2,88 ^a	3,35 ^b	0,028
Smak	4,03 ^c	2,81 ^a	3,48 ^b	0,149
Barwa	4,31 ^c	2,61 ^a	3,61 ^b	0,011
Tekstura	3,96 ^b	3,21 ^a	3,55 ^{ab}	0,018
Twardość	3,91	3,86	3,76	0,334

Odmienne symbole literowe przy wartościach średniej wskazują na istotne różnice pomiędzy średnimi w teście NIR.

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

6.5.4. Ocena preferencji wytworzonych produktów

Rozszerzeniem przeprowadzonej oceny sensorycznej wzbogacanych produktów przekąskowych była ocena preferencji, w której poproszono zespół oceniający o uszeregowanie produktów od najbardziej do najmniej preferowanego (tab. 86). Uzyskane wyniki poddano analizie korelacji rang Spermmana (tab. 87).

Tabela 88. Średnie wartości preferencji

Preferencja	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
Średnia	2,49	4,16	4,37	4,82	3,51	4,55	3,98
SD	1,66	1,69	1,68	2,03	2,02	1,58	2,35
Dominanta	1,00	4,00	5,00	7,00	1,00	6,00	7,00
Mediana	2,00	4,00	5,00	6,00	3,00	5,00	4,00

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej oceny wszystkich badanych ekstrudatów stwierdzono, że produktem najbardziej preferowanym przez zespół oceniających był produkt bazowy P 0. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w grupie produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy (*A. domesticus*) najbardziej preferowane przez zespół oceniających były produkty przekąskowe z 2% dodatkiem wzbogacającym (tab. 86).

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że preferencje zespołu dotyczące badanych produktów charakteryzowało występowanie korelacji (tab. 87).

Tabela 89. Preferencja ocenianych ekstrudatów (korelacja porządku rang Spermiana)

Produkt	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
	r						
P 0	1,000	0,154	0,347	0,209	-0,365	-0,510	-0,460
PK I		1,000	-0,049	-0,117	-0,093	-0,305	-0,390
PK II			1,000	0,157	-0,450	-0,364	-0,332
PK III				1,000	-0,415	-0,362	-0,299
PS I					1,000	0,319	-0,110
PS II						1,000	0,087
PS III							1,000

Pogrubienie czcionki wskazuje na istotną różnicę wartości współczynnika korelacji od wartości 0 (test t-Studenta)

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne

W grupie produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) stwierdzono zgodność rangowania w tym samym kierunku do produktu bazowego P 0, z czego najsilniejszą i statycznie istotną korelację stwierdzono pomiędzy produktem bazowym P 0 i produktem z 2% dodatkiem białka konopnego PK II. Ocena współczynników korelacji pomiędzy produktem bazowym P 0, a grupą produktów wzbogacanych dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) wykazała natomiast występowanie statystycznie istotnej ujemnej korelacji (tab. 50).

Obliczone wartości współczynnika korelacji (preferencji ocenianych ekstrudatów) potwierdziły wyniki etapu I (występowanie korelacji pomiędzy stopniem lubienia i częstością spożycia a zainteresowaniem zakupem produktem z dodatkiem białka konopnego) - przypuszczać można, że część zespołu oceniającego preferująca produkt bez dodatku bardziej zainteresowana byłaby produktami wzbogacanymi białkiem konopnym.

6.5.5. Model pożądalności/akceptacji produktów przekąskowych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł

Wyniki oceny cech sensorycznych poddano analizie regresji wielorakiej celem wyznaczenia odpowiednich modeli matematycznych opisujących zależność ogólnej

pożądalności (Y) od stopnia akceptacji cech organoleptycznych (X1, X2, X3, X4, X5, X6). W obliczeniach zastosowano procedurę regresji krokowej postępującej.

Pierwszy z uzyskanych modeli obejmował dane uzyskane w ocenie wszystkich produktów (ogół). Kolejne sześć równań opisywało wyniki oceny każdego produktu oddzielnie. Wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji przedstawiono w tabeli 88.

Tabela 90. Wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji – analiza regresji dla pożądalności ogólnej wyrobów przekąskowych

Zmienna objaśniana [Y]	R ²	Standardowy
Ogólna pożądalność produktów (P 0, PK I, PK II, PK III, PS I, PS II, PS III)	0,58	0,672
Ogólna pożądalność produktu P 0	0,64	0,692
Ogólna pożądalność produktu PK I	0,78	0,561
Ogólna pożądalność produktu PK II	0,61	0,560
Ogólna pożądalność produktu PK III	0,57	0,621
Ogólna pożądalność produktu PS I	0,65	0,674
Ogólna pożądalność produktu PS II	0,76	0,573
Ogólna pożądalność produktu PS III	0,64	0,595

Źródło: badania własne.

Dla badanych ekstrudatów wartości współczynnika determinacji kształtowały się na poziomie od około 0,6 do około 0,8. Udział w całej zmienności wyników spowodowany wyznaczonymi modelami wynosi od około 60% do około 80% oraz umożliwiał predykcję z dobrą dokładnością. Dokładność ta zawiera się w przedziale 0,560 – 0,692 (standardowy błąd estymacji).

W tabelach 89-96 przedstawiono wyniki analizy regresji pożądalności produktów przekąskowych. Pierwszy omawiany model stanowiło równanie wyznaczone dla wszystkich produktów łącznie, gdzie zmienną objaśnianą (Y) stanowiła ich ogólna pożądalność, a zmienne objaśniające poszczególne deskryptory (smak, zapach, tekstura, barwa, kształt oraz twardość). Model o najlepszym dopasowaniu dla tego parametru uzyskano po włączeniu czterech predyktorów: smaku, tekstury, barwy i kształtu (tab. 89).

Tabela 91. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność produktów)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			0,268±0,184	1,46	0,146
Smak	X1	0,514±0,048	0,475±0,044	10,74	0,000
Tekstura	X2	0,177±0,052	0,181±0,054	3,38	0,001
Barwa	X3	0,140±0,051	0,128±0,047	2,72	0,007
Kształt	X4	0,108±0,045	0,106±0,045	2,38	0,018

Źródło: badania własne.

Dokładność z jaką model wyjaśniał badaną zależność pomiędzy pożądanością ogólną a określonymi deskryptorami, wynosiła 0,672 w 5 punktowej skali (tab. 88). Udział modelu w ogólnej zmienności zmiennej Y wynosił 58% ($R^2 = 0,58$) (tab. 88). Pomimo, że wszystkie predyktory uznano za istotne statystycznie cechą o zdecydowanie najwyższej względnej ważności w kształtowaniu poziomu ogólnej pożądaności był smak. Przy wzroście tego predyktora o 1 pkt w skali pięciopunktowej obserwowany byłby wzrost ogólnej pożądaności o 0,514 (tab. 89).

Obserwowana zależności pomiędzy zmienną Y, a predyktorami była wprost proporcjonalna - wraz ze wzrostem wartości ocen smaku obserwowano wzrost pożądaności ogólnej produktu. Najniższy wpływ na pożądanłość w uzyskanym modelu miał kształt wytworzonych ekstrudatów ($b^*=0,108$).

Wyznaczone dla modelu równanie przyjmowało postać:

$$Y = 0,268 + 0,475 \times \text{smak}_p + 0,181 \times \text{tekstura}_p + 0,128 \times \text{barwa}_p + 0,106 \times \text{kształt}_p$$

Drugi model dotyczył ogólnej oceny pożądanłości produktu bazowego P 0, w którym najlepsze dopasowanie regresji do danych empirycznych uzyskano po włączeniu wyłącznie 2 istotnych statystycznie predyktorów: akceptowalności smaku i zapachu (tab. 90).

Tabela 92. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądanłość P 0)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			0,077±0,710	0,109	0,914
Smak	X1	0,479±0,123	0,550±0,141	3,895	0,000
Zapach	X2	0,333±0,123	0,358±0,132	2,711	0,010

Źródło: badania własne.

W uzyskanym modelu zaobserwowano, że cechą o największej ważności był smak ($b^*=0,479$) (tab. 90). Ocena wpływu zapachu na ogólną pożądanłość wykazała wprost proporcjonalną zależność. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że dla produktu bez dodatku białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł możliwy byłby wzrost ogólnej pożądanłości o wartość 0,333 pkt. przy wzroście akceptowalności zapachu o 1 pkt. zgodnie z równaniem:

$$Y = 0,077 + 0,550 \times \text{smak}_{p_0} + 0,358 \times \text{zapach}_{p_0}$$

Udział modelu w ogólnej zmienności zmiennej Y wynosił więcej niż w przypadku modelu dla wszystkich produktów ogółem ($R^2 = 0,64$). Nieznaczenie wyższa była też dokładność, z jaką przyjęty model wyjaśniał badaną zależność (0,692) (tab. 88).

W tabelach 91-96 przedstawiono wyniki analizy regresji wielorakiej wytworzonych produktów wzbogacanych.

Pierwszym analizowanym równaniem w tej grupie był model, w którym zmienną zależną stanowiła pożądalność produktu wzbogacanego 2% białkiem konopnym PK I (*C. sativa*).

Tabela 93. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PK I)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			-1,502±0,662	-2,26	0,031
Barwa	X1	0,628±0,117	0,593±0,110	5,36	0,000
Tekstura	X2	0,215±0,115	0,224±0,118	1,96	0,043
Twardość	X3	0,254±0,093	0,367±0,133	2,75	0,010
Smak	X4	0,240±0,100	0,255±0,104	2,39	0,024

Źródło: badania własne.

Na podstawie danych zawartych w tabelach 88 i 91 stwierdzono, że najlepsze dopasowanie modelu opisującego pożądalność produktu z 2% dodatkiem białka konopnego – PK I obserwowane było po włączeniu do modelu barwy, smaku, tekstury i twardości. Uzyskana wartość współczynnika determinacji R^2 wskazywała na najwyższy ze wszystkich badanych produktów udział modelu w ogólnej zmienności pożądalności produktu PK I (78%) (tab. 88). Stwierdzono jednak niższą niż w innych modelach dokładność z jaką przyjęty model wyjaśniał badaną zależność, która wynosiła 0,561 pkt (tab. 88).

Współczynnik b^* w zależności od wybranego deskryptora wahał się w granicach 0,215-0,628, a jego najwyższe wartości świadczące o najwyższej względnej ważności w kształtowaniu poziomu ogólnej pożądalności posiadała barwa. W wyznaczonym równaniu, odmiennie niż w poprzednich modelach za predyktor o największym wpływie zmiennej zależnej nie uznano smaku ($b^* = 0,240$, $p < 0,05$) (tab. 91).

Powyższy model opisany został przy pomocy równania:

$$Y = -1,502 + 0,593 \times \text{barwa}_{PKI} + 0,224 \times \text{tekstura}_{PKI} + 0,367 \times \text{twardość}_{PKI} + 0,255 \times \text{smak}_{PKI}$$

Kolejny model dotyczył oceny ogólnej pożądalności produktu PK II z dodatkiem 4% białka konopnego (*C. sativa*).

Tabela 94. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PK II)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			-0,316±0,615	-0,513	0,612
Smak	X1	0,533±0,119	0,479±0,107	4,494	0,000
Barwa	X2	0,247±0,134	0,248±0,134	1,950	0,044
Zapach	X3	0,169±0,120	0,222±0,157	1,409	0,169
Kształt	X4	0,181±0,135	0,149±0,112	1,334	0,192

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że model o najlepszym dopasowaniu uzyskano przy włączeniu 4 predyktorów. W uzyskanym równaniu wzięto pod uwagę współczynniki istotne statystycznie: smak i barwę oraz współczynniki charakteryzujące się wartością $p > 0,05$, mające jednak wpływ na zdolności prognostyczne modelu: zapach i kształt (tab. 92).

Na podstawie danych zawartych w tabeli 88 stwierdzono, że dokładność z jaką przyjęty model wyjaśniał badaną zależność, obserwowana była na poziomie 0,560 pkt. Udział modelu w ogólnej zmienności zmiennej zależnej wynosił 52,7% ($R^2 = 0,527$), a 46,8% pozostało w zmienności resztowej. Wśród zmiennych niezależnych za cechę o najwyższej względnej ważności w kształtowaniu pożądalności uznano smak ($b^* = 0,533$) (tab. 92).

Równanie regresji przyjęło postać:

$$Y = -0,316 + 0,479 \times \text{smak}_{\text{PK II}} + 0,248 \times \text{barwa}_{\text{PK II}} + 0,222 \times \text{zapach}_{\text{PK II}} + 0,149 \times \text{kształt}_{\text{PK II}}$$

Ostatni model dla produktu z 7% dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) stanowiło równanie, którego parametry przedstawiono w tabeli 93.

Tabela 95. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PK III)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			0,405±0,957	0,42	0,675
Smak	X1	0,437±0,127	0,427±0,124	3,43	0,002
Barwa	X2	0,231±0,129	0,275±0,153	1,80	0,081
Tekstura	X3	0,246±0,124	0,249±0,125	1,99	0,045
Twardość	X4	-0,191±0,125	-0,253±0,165	-1,53	0,136
Kształt	X5	0,143±0,128	0,130±0,117	1,11	0,274

Źródło: badania własne.

Analiza wagi poszczególnych zmiennych niezależnych dla modelu pożądalności w wzbogacanym w białko konopne produkcie przekąskowym pozwoliła stwierdzić, najwyższy wzrost pożądalności obserwowany byłby przy wzroście ocen smaku produktu ($b^*=0,437$). Za inne statystycznie istotne cechy uznano akceptowalność, barwę oraz teksturę, charakteryzujące się wartościami współczynnika b^* na poziomie 0,231 i 0,246 (tab. 93).

W analizowanym modelu wykorzystano również nieistotne statystycznie predyktory, wpływające na zdolności prognostyczne modelu: twardość oraz akceptowalność kształtu. Co więcej, dla twardości, inaczej niż w przypadku produktu o 2% dodatku białka konopnego (*C. sativa*) obserwowano odwrotnie proporcjonalną zależność pomiędzy twardością i ogólną pożądalnością.

Uzyskany dla produktu PK III model miał postać:

$$Y = 0,405 + 0,427 \times \text{smak}_{\text{PK III}} + 0,275 \times \text{barwa}_{\text{PK III}} + 0,249 \times \text{tekstura}_{\text{PK III}} - 0,253 \times \text{twardość}_{\text{PK III}} + 0,130 \times \text{kształt}_{\text{PK III}}$$

Opracowane modele dla produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego przedstawiono w tabelach 94-96.

Tabela 96. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PS I)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			0,043±0,452	0,095	0,925
Smak	X1	0,430±0,129	0,392±0,117	3,335	0,002
Tekstura	X2	0,351±0,131	0,393±0,147	2,679	0,011
Kształt	X3	0,225±0,104	0,230±0,106	2,166	0,037

Źródło: badania własne.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że model o najwyższym dopasowaniu opisujący produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS I uzyskano po włączeniu trzech parametrów: smaku, tekstury i kształtu, z których cechą o najwyższej względnej ważności w kształtowaniu poziomu ogólnej pożądalności był smak ($b^* = 0,430$) (tab. 94). Co więcej, wszystkie analizowane predyktory były istotne statystycznie.

Na podstawie uzyskanej dla modelu wartości R^2 stwierdzono, że uzyskany model charakteryzował się udziałem w ogólnej zmienności zmiennej Y na poziomie 65%. Dokładność, z jaką wyjaśniał on zależność pomiędzy pożądalnością ogólną, a smakiem, teksturą i kształtem wynosiła 0,674 w pięciopunktowej skali (tab. 88).

Równanie regresji dla produktu PS I przyjęło postać:

$$Y = 0,043 + 0,392 \times \text{smak}_{\text{PS I}} + 0,393 \times \text{tekstura}_{\text{PS I}} + 0,230 \times \text{kształt}_{\text{PS I}}$$

Kolejny analizowany model dotyczył produktu PS II - z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*).

Tabela 97. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PS II)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			-0,348±0,653	-0,53	0,597
Smak	X1	0,725±0,096	0,673±0,089	7,59	0,000
Zapach	X2	0,255±0,102	0,380±0,152	2,50	0,018
Kształt	X3	0,152±0,096	0,155±0,098	1,58	0,124
Twardość	X4	-0,169±0,097	-0,219±0,126	-1,74	0,092
Tekstura	X5	0,180±0,120	0,230±0,154	1,50	0,144
Barwa	X6	-0,150±0,122	-0,165±0,134	-1,23	0,227

Źródło: badania własne.

Na podstawie danych zawartych w tabeli 95 stwierdzono, że najwyższe dopasowanie modelu uzyskano przy włączeniu wszystkich 6 predyktorów oceny sensorycznej, a najwyższą względną ważność w kształtowaniu poziomu ogólnej pożądalności posiadał smak ($b^* = 0,725$). Istotnie statystycznym predyktorem był także zapach $b^*=0,255$, $p<0,05$ (tab. 95). Dokładność, z jaką przyjęty model wyjaśniał badaną zależność, wynosiła 0,57 pkt (tab. 88). Na podstawie uzyskanej wartości współczynnika determinacji stwierdzono ponadto, że model wyjaśniał 76% zmienności zmiennej

zależnej. Uzyskane równanie charakteryzowało występowanie wprost proporcjonalnych (zmienne X1, X2, X3 i X5) oraz odwrotne proporcjonalnych zależności (X4 i X6):

$$Y = -0,348 + 0,673 \times \text{smak}_{\text{PS II}} + 0,380 \times \text{zapach}_{\text{PS II}} + 0,155 \times \text{kształt}_{\text{PS II}} - 0,219 \times \text{twardość}_{\text{PS II}} + 0,230 \times \text{tekstura}_{\text{PS II}} - 0,165 \times \text{barwa}_{\text{PS II}}$$

Ostatni z badanych modeli stanowił model pożądalności produktu z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych PS III.

Tabela 98. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PS III)

		b*	b	t	p
Wyraz wolny (a)			0,852±0,564	1,51	0,140
Smak	X1	0,607±0,121	0,603±0,120	5,01	0,000
Barwa	X2	0,417±0,130	0,467±0,146	3,20	0,003
Tekstura	X3	-0,290±0,119	-0,337±0,138	-2,44	0,020

Źródło: badania własne.

W przypadku produktu o 7% dodatku proszku ze świerszcza domowego (*A. Domesticus*) poziom jego ogólnej pożądalności warunkowany był przez trzy parametry uznane za krytyczne, z których najwyższą względną ważność w kształtowaniu poziomu ogólnej pożądalności posiadał stopień akceptacji smaku ($b^* = 0,607$) (tab. 96). Na podstawie uzyskanej postaci równania stwierdzono ponadto, że w modelu podobnie jak w przypadku produktów PK III i PS II obserwowano odwrotnie proporcjonalną zależność pomiędzy ogólną pożądalnością i twardością. Przeprowadzone oznaczenia statystyczne pozwoliły na określenie udziału modelu w ogólnej zmienności zmiennej Y na poziomie 64% ($R^2 = 0,64$) (tab. 88). Dokładność, z jaką przyjęty model wyjaśnia badaną zależność, wynosiła 0,59 pkt.

Uzyskane równanie przyjęło postać:

$$Y = 0,852 + 0,603 \times \text{smak}_{\text{PS III}} - 12,67 \times \text{barwa}_{\text{PS III}} - 0,337 \times \text{tekstura}_{\text{PS III}}$$

Wyprowadzony wzór pozwolił na określenie o ile zmieni się ogólna pożądalność produktu o najwyższym udziale proszku ze świerszcza domowego (*A. Domesticus*), jeżeli smak barwa lub tekstura zmieni się o jedną jednostkę.

Wnioski etapowe – ocena sensoryczna

1. Przeprowadzona ocena sensoryczna wykazała, że produktem o najwyższej akceptowalności kształtu był produkt PS III. Najwyższe średnie oceny, zapachu, smaku barwy i tekstury obserwowano dla produktów PS III i P 0.
2. Analiza twardości pozwoliła stwierdzić brak statystycznie istotnych różnic dla ocenianego parametru, co zgodne było z oceną instrumentalną.
3. Do produktów o najwyższej średniej pożądalności zaliczono ekstrudaty P 0 oraz PS III. Odmiennie okazały się być jednak wyniki preferencji. Na ich podstawie stwierdzono, że produkty P 0 oraz PS I uznawano najczęściej za najbardziej preferowane.
4. Zastosowanie 7% dodatku proszku ze świerszczy do receptury eksudatów zaskutkowało wytworzeniem produktu o zbliżonym profilu zapachowym do produktu kontrolnego P 0. Produkty o odmiennym od pozostałych zapachu i znaczącą ilością wskazań predyktorów innych niż zapach charakterystyczny stanowiły eksudaty PS I (zapach obcy, orzechowy i rybi) i PK I (zapach obcy, rybi i trawiasty).
5. Najwyższa liczba wskazań smaku charakterystycznego obserwowana była wśród produktów P 0, PK III, i PS III. Więcej niż połowa oceniających wskazała na wyczuwalność smaku słonego w produkcie PS II. Obserwowano ponadto znaczącą liczbę wskazań smaku orzechowego w produkcie PS I.
6. Wykonane testy pozwoliły na podział produktów na trzy skupienia różniące się jakością sensoryczną. Do produktów o najwyższej jakości sensorycznej zaliczono ekstrudaty ze skupienia A (P 0 i PS III). Najniższe średnie wartości ocenianych parametrów obserwowano w skupieniu B (PK I i PS I).
7. Opracowane modele zależności pomiędzy ogólną pożądalnością, a akceptowalnością kształtu, smaku, zapachu, konsystencji i twardością pozwalały na predykcję z dobrą dokładnością. Najlepsze dopasowanie modeli charakterystyczne było dla produktów PK I i PS II.

Weryfikacja hipotez:

Hipoteza **H 2.4.** została zweryfikowana pozytywnie.

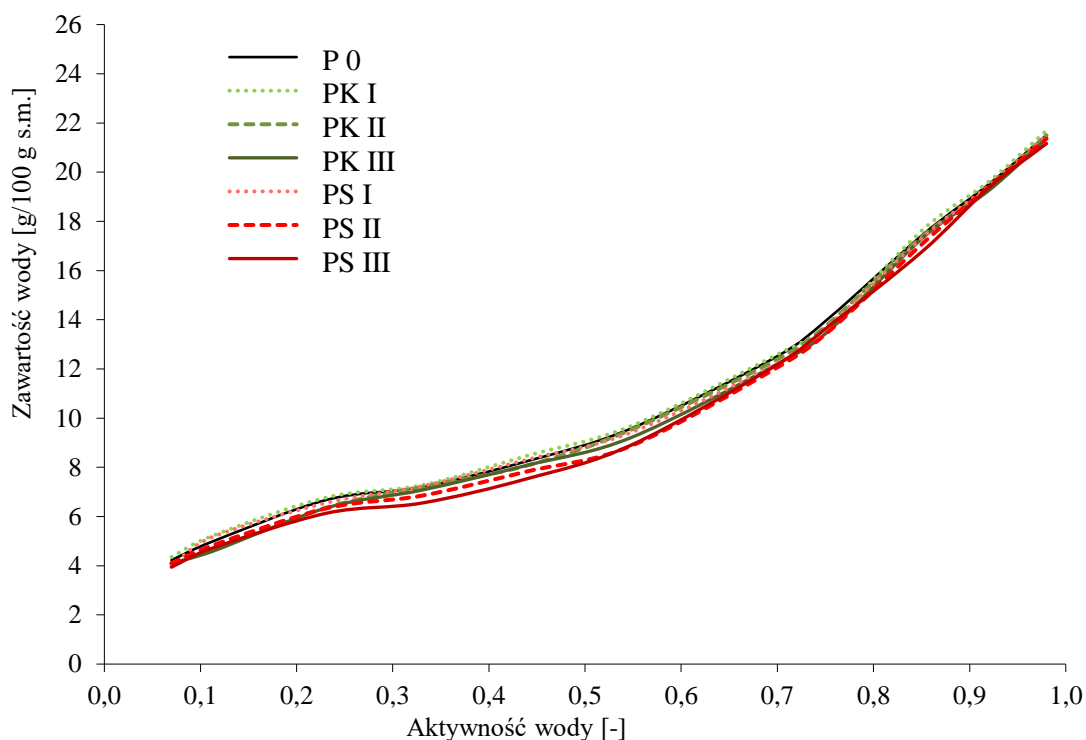
- H 2.4.** Udział procentowy dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł jest czynnikiem kształtującym poziom pożądalności wytworzonych produktów przekąskowych.

6.6. Omówienie wyników badań etapu II – Ocena właściwości sorpcyjnych

6.6.1. Właściwości sorpcyjne produktów – izoterma sorpcji

Produkty przekąskowe powstałe w procesie ekstruzji z racji porowatej struktury, a zatem znacznego rozwinięcia powierzchni sorpcji cechują się dużą higroskopijnością. Zwykle zabezpieczenie w postaci opakowania o odpowiedniej barierowości wystarcza do zapewnienia ochrony produktu przed wzrostem zawartości wody⁶⁰⁴. Charakterystyka właściwości sorpcyjnych wyrobów ekstrudowanych, poprzez określenie izoterm sorpcji, umożliwia poznanie odpowiednich warunków ich przetwarzania i przechowywania.

Na rysunku 42 przedstawiono przebieg izoterm sorpcji badanych wzbogacanych produktów przekąskowych z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*).



Rys. 42. Izoterma sorpcji badanych produktów

Źródło: badania własne.

Izotermie sorpcji służą opisowi trzy zakresowego procesu sorpcji: pierwszy okres opisuje proces sorpcji w warstwie monomolekularnej ($a_w=0,07\div 0,44$), drugi charakteryzuje proces sorpcji wielowarstwowej ($a_w=0,55\div 0,75$), trzeci zakres służy

⁶⁰⁴ Ekielski A., Powąłka M., Żelaziński T., (2013), Wpływ rozwinięcia powierzchni ekstrudatu na dynamikę sorpcji wody w różnych warunkach przechowywania, *Inżynieria Rolnicza*, 1(141), s. 31-38.

opisowi procesu kondensacji kapilarnej ($a_w=0,85\div 0,98$). Na podstawie graficznej analizy przebiegu izoterm sorpcji stwierdzono, że uzyskane krzywe cechowały się kształtem sigmoidalnym wykazując podobieństwo do izoterm typu II według klasyfikacji Brunauera i in. (1938) (rys. 42)⁶⁰⁵. Izotermy sorpcji badanych wzbogacanych produktów przekąskowych charakteryzowały się ciągłością przebiegu w całym zakresie aktywności wody otoczenia $a_w=0,07\div 0,98$ (rys. 42). Oceniając przebieg izoterm sorpcji stwierdzono, że w zakresie aktywności wody $a_w=0,07\div 0,11$ we wszystkich wzbogacanych ekstrudatach, jak również w produkcie bazowym zachodził proces desorpcji (rys. 42). Analizując dalszy przebieg wzajemnego położenia izoterm sorpcji stwierdzono występowanie różnic w higroskopijności pomiędzy produktami ze względu na rodzaj zastosowanego dodatku białkowego – białka konopnego (*C. sativa*) lub proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*). W obszarze izoterm ($a_w=0,23-0,44$), wśród produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) najwyższą higroskopijnością charakteryzował się produkt z 2% dodatkiem białka konopnego - PK I. Przechodząc do charakterystyki drugiego zakresu izoterm sorpcji opisującego proces sorpcji wielowarstwowej stwierdzono, że najwyższa higroskopijność w grupie produktów wzbogacanych białkiem konopnym obserwowana była dla produktu PK I ($a_w=0,55\div 0,69$) i PK II ($a_w=0,75$). W obszarze izoterm obejmującym zakres kondensacji kapilarnej ($a_w=0,85\div 0,98$) najwyższą równowagową zawartością wody charakteryzował się produkt o najniższym 2% udziale białka konopnego (*C. sativa*) PK I (rys. 42).

Porównanie uzyskanych wyników równowagowej zawartości wody produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i produktu bazowego wykazało, że produkt bazowy charakteryzował się wyższą higroskopijnością w porównaniu do produktów PK II i PK III. Wyższe wartości równowagowej zawartości wody w produkcie bazowym w stosunku do produktu PK I obserwowano wyłącznie przy aktywności wody środowiska $a_w=0,75$ (rys. 42).

Ocena graficznego przebiegu izoterm sorpcji wyznaczonej dla ekstrudatów wzbogacanych proszkiem ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) wykazała, że w zakresie aktywności wody środowiska $a_w=0,23\div 0,44$ (I obszar) i $a_w=0,55\div 0,75$ (II obszar) najwyższą higroskopijnością charakteryzował się produkt z 2% dodatkiem PS I. Na podstawie oceny przebiegu izoterm sorpcji w trzecim obszarze ($a_w=0,85\div 0,98$) zaobserwowano obniżenie higroskopijności produktów wraz ze wzrostem zawartości

⁶⁰⁵ Brunauer S., Emmet P.H., Teller E., (1938), Adsorption of gases in multilayer's. Journal of the American Chemical Society, 60, pp. 309-319, doi:10.1021/ja01269a023.

dotatku proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*). W obszarze kondensacji kapilarnej, podobnie jak w przypadku produktów wzbogacanych białkiem konopnym (PK I) najwyższą higroskopijnością charakteryzował się produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) PS I.

Na podstawie porównania równowagowych zawartości wody w produktach przekąskowych z dodatkiem proszku ze świerszcza i produktu P 0 stwierdzono, że produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza – PS I uzyskał wyższe od P 0 równowagowe zawartości wody przy aktywności wody środowiska $a_w=0,11$, $a_w=0,33\div 0,44$. Co więcej uzyskane wartości równowagowej zawartości wody w produktach z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) w żadnej z badanych aktywności nie przewyższyły wyników uzyskanych dla produktu PK I z 2% dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (rys. 42).

Analizując literaturę przedmiotu stwierdzono, że uzyskane izotermy sorpcji charakteryzowały się podobnym przebiegiem do izoterm sorpcji wyznaczonych dla produktów ekspandowanych z kaszy jaglanej i amarantusa⁶⁰⁶, ekstrudatów wzbogacanych preparatami białkowymi z soi i serwatki⁶⁰⁷ a także do produktów ekstrudowanych z badań innych autorów^{608,609,610,611}.

Kolejnym istotnym parametrem określającym trwałość przechowalniczą produktów ekstrudowanych jest aktywność wody wyznaczona po 90 dniach przechowywania w zakresie aktywności wody środowiska $a_w=0,07\div 0,98$. Ocena aktywności wody ekstrudatów po 90 dniach przechowywania w zakresie aktywności wody, obejmującym proces desorpcji $a_w=0,07\div 0,11$ wykazała, że badane ekstrudaty wzbogacane białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy nie osiągnęły poziomu aktywności wody środowiska (tab. 97). Podobną zależność stwierdzono w obszarze obejmującym proces

⁶⁰⁶ Ruszkowska M., (2014), Właściwości sorpcyjne produktów ekspandowanych na przykładzie produktów z kaszy jaglanej i amarantusa, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 53, 6, s. 416-417.

⁶⁰⁷ Włodarczyk-Stasiak M., Jamroz J., (2008), Analysis of sorption properties of starch-protein extrudates with the use of water vapour, *Journal of Food Engineering* 85, pp. 580-589.

⁶⁰⁸ Jamroz J., Sokołowska Z., Hajnos M., (1999), Moisture sorption hysteresis in potatoe starch extrudates, *International Agrophysics*, 13, pp. 451-455.

⁶⁰⁹ Sobowale S.S., Adebo O.A., Mulaba-Bafubandi A.F., (2019) Production of extrudate pasta from optimal sorghum-peanut flour blend and influence of composite flours on some quality characteristics and sorption isotherms, *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 74, 3, pp. 268-275, doi:10.1080/0035919X.2019.1639563.

⁶¹⁰ Das A.B., Goud V.V., Das C., (2021), Influence of extrusion cooking on phytochemical, physical and sorption properties of rice extrudate infused with microencapsulated anthocyanin, *Food Science and Biotechnology*, 30, pp. 65-75, doi:10.1007/s10068-020-00841-4.

⁶¹¹ Dushkova M.A., Simitchiev A. T., Kalaydzhev H.R., Ivanova P., Menkov N.D., Chalova V.I., (2022), Comparison and modeling of moisture sorption isotherms of deproteinized rapeseed meal and model extrudate, *Journal of Food Processing and Preservation*, pp. 1-9, doi:10.1111/jfpp.16978.

adsorpcji $a_w=0,23\div 0,44$ i $a_w=0,75\div 0,98$. Natomiast w zakresie aktywności środowiska $a_w=0,55\div 0,69$ badane produkty ekstrudowane uzyskały zbliżony poziom aktywności wody środowiska (tab. 97).

Tabela 99. Równowagowa aktywność wody wzbogacanych produktów przekąskowych po 90 dniach przechowywania

Aktywność wody środowiska (-)	Aktywność wody produktu (-)						
	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
0,07	0,1023	0,0965	0,1099	0,1123	0,1200	0,1215	0,1072
0,11	0,1530	0,1574	0,1528	0,1487	0,1898	0,1774	0,1649
0,23	0,2774	0,2776	0,2882	0,2829	0,2923	0,2977	0,2881
0,33	0,3697	0,3728	0,3666	0,3726	0,3834	0,3676	0,3731
0,44	0,4620	0,4675	0,4616	0,4684	0,4639	0,4679	0,4599
0,55	0,5547	0,5426	0,5485	0,5450	0,5417	0,5560	0,5524
0,69	0,6658	0,6765	0,6687	0,6698	0,6812	0,6822	0,6853
0,75	0,7303	0,7148	0,7294	0,7269	0,7169	0,7109	0,7252
0,85	0,8004	0,8035	0,8010	0,8099	0,8099	0,8018	0,8214
0,93	0,8684	0,8775	0,8774	0,8782	0,8772	0,8767	0,8776
0,98	0,8991	0,9000	0,9008	0,9000	0,8997	0,9012	0,9017

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

6.6.2. Charakterystyka parametrów izoterm sorpcji produktów – równanie BET

W celu określenia wielkości wybranych parametrów mikrostruktury powierzchni, wyznaczone doświadczalnie izotermie sorpcji produktów, podobnie jak w przypadku oceny właściwości sorpcyjnych surowca, poddano transformacji zgodnie z modelem Brunauera Emmetta Tellera (BET), w zakresie aktywności wody $a_w=0,07\div 0,33$ ⁶¹².

Pojemność monowarstwy v_m oraz pozostałe parametry równania BET: stałą energetyczną (c_e) oraz sumę kwadratów odchylenia wartości teoretycznych od wartości empirycznych (SKO) przedstawiono w tabeli 98.

⁶¹² Brunauer S., Emmet P.H., Teller E., (1938), Adsorption of gases in multilayer's. Journal of the American Chemical Society, 60, pp. 309-319, doi:10.1021/ja01269a023.

Tabela 100. Parametry równania BET oraz powierzchnia właściwa sorpcji produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy (*A. domesticus*)

Produkt	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
v_m (g/100 g s. m.)	6,5701	6,6573	6,4859	6,5861	6,4648	7,0441	7,4084
c_e	4,2141	3,9326	4,6005	4,5714	4,4087	4,0065	3,8913
R^2	0,9579	0,9503	0,987	0,9806	0,9428	0,9604	0,946
SKO	7,1956	9,6893	3,9066	3,7537	3,32	3,1295	5,3608
RMS	8,0902	10,2447	5,0374	4,6872	3,8254	3,5211	5,2514

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Na podstawie oceny pojemności warstwy monomolekularnej w grupie produktów wzbogacanych białkiem konopnym stwierdzono, że najwyższą wartością pojemności monowarstwy (v_m) cechował się produkt PK I z 2% dodatkiem ($v_m=6,6579$ g/100 g s.m.), a zwiększenie udziału białka konopnego (*C. sativa*) w recepturze ekstraktów nie wpłynęło na rozwinięcie powierzchni produktów PK II (6,4859 g/100 g s.m.) z 4% dodatkiem i PK III ($v_m=6,5861$ g/100 g s.m.) z 7% dodatkiem. Porównanie wyników produktów przekąskowych wzbogacanych w białko konopne i produktu bazowego wykazało, że produkty z dodatkiem 2 i 7% białka konopnego (PK) charakteryzowały wyższe wartości pojemności warstwy monomolekularnej (v_m) w stosunku do produktu P 0 ($v_m =6,5701$ g/100 g s.m.) (tab. 98).

Na podstawie oceny pojemności warstwy monomolekularnej w grupie produktów z wzbogacanych w proszek ze świerszczy domowych (*A. Domesticus*) stwierdzono, że produkty PS II z 4% dodatkiem i PS III z 7% dodatkiem charakteryzowały się najwyższą wartością pojemności warstwy monomolekularnej. W związku z tym przypuszczać można, że produkty PS II i PS III cechowały się najwyższą trwałością przechowalniczą. Znaczne rozwinięcie powierzchni warstwy monomolekularnej chroni bowiem produkty żywnościowe przed obniżeniem jakości w wyniku pochłaniania określonej ilości wody⁶¹³. Zdecydowanie niższymi wartościami pojemności warstwy monomolekularnej w grupie produktów wzbogacanych w proszek ze świerszcza (v_m)

⁶¹³ Ocieczek A., Ruszkowska M., (2018), Porównanie właściwości sorpcyjnych ziarna wybranych odmian komosy ryżowej (*Chenopodium quinoa willd*), ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 25, 3(116), s. 71-88, doi:10.15193/ZNTJ/2018/116/247.

charakteryzował się produkt o najniższym udziale dodatku PS I ($v_m=6,4648\text{g}/100\text{ g s.m.}$). Co więcej uzyskane dla tego produktu wartości były niższe w stosunku do produktu bazowego P 0. Tym samym stwierdzono, że wprowadzenie 2% dodatku proszku ze świerszcza do receptury produktu nie wpłynęło na rozwinięcie pojemności warstwy monomolekularnej w produkcie PS I. Porównanie uzyskanych wartości pojemności warstwy monomolekularnej produktów wzbogacanych białkiem konopnym, proszkiem ze świerszcza i produktu bazowego wykazało, że produkty PS II i PS III charakteryzowały się najwyższymi wartościami pojemności warstwy monomolekularnej (v_m) (tab. 98). Na podstawie wyznaczonej wielkości pojemności warstwy monomolekularnej przypuszczać można, że w badanych produktach występowały różnice w obecności grup hydrofilowych zdolnych do przyłączania i związania wody, determinowane prawdopodobnie zawartością białka oraz właściwościami struktury skrobiowo-białkowej produktów utworzonej w procesie ekstruzji.

W trakcie procesu ekstruzji wzbogacanych produktów przekąskowych, białko pełnić może bowiem funkcję źródła makrocząsteczek bogatych w miejsca polarne⁶¹⁴, jednak przypisuje się mu także rolę czynnika zapobiegającego całkowitej degradacji skrobi⁶¹⁵. Pozwala to przypuszczać, że podczas procesu ekstruzji wzbogacanych produktów przekąskowych, zachowaniu uległa część obszarów krystalicznych w strukturze skrobi, które wykazują stosunkowo silną odporność na efekt hydratacji^{616, 617}. W trakcie procesu ekstruzji uzyskano prawdopodobnie produkt o zupełnie innej strukturze i właściwościach w porównaniu do właściwości użytych surowców. Uzasadniać to może brak wzrostu wartości v_m pod wpływem wzrostu zawartości białka konopnego (*C. sativa*) oraz niższe w stosunku do produktu bazowego P 0 rozwinięcie powierzchni produktu z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*).

Porównanie uzyskanych wyników z dostępnymi w literaturze, dotyczącymi produktów ekstrudowanych wykazało, że bliskie do uzyskanych dla produktów P 0, PK i PS wartości pojemności warstwy monomolekularnej cechowały ekstrudaty skrobiowe

⁶¹⁴ Ocieczek A., Ruszkowska M., (2018), Porównanie właściwości sorpcyjnych ..., *op.cit.*, s. 71-88, doi:10.15193/ZNTJ/2018/116/247.

⁶¹⁵ Włodarczyk-Stasiak M., Jamroz J., (2008), Analysis of sorption properties of starch–protein extrudates with the use of water vapour, *Journal of Food Engineering* 85, pp. 580-589.

⁶¹⁶ Shah F.H., Sharif M.K., Butt M.S., Shahid M., (2016), Development of protein, dietary fiber, and micronutrient enriched extruded corn snacks, *Journal of Texture Studies*, 48, pp. 221-230.

⁶¹⁷ Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia, s. 148-155.

z dodatkiem soi oraz białka serwatkowego ($v_m=6,20$ g /100 g s.m.)⁶¹⁸. Wartości wyższe w stosunku do produktów P 0, PK i PS stwierdzono dla ekstrudowanej skrobi uzyskał Yanifei i in. (2020)⁶¹⁹. Znacząco niższe wartości obserwowano wśród ekstrudowanych produktów wzbogacanych w algi i proszek ze świerszcza domowego (*A. domesticus*)^{620,621,622}.

Kolejnym wyznaczonym parametrem równania BET była stała energetyczna c_e , która określa ilość wydzielanego podczas procesów sorpcji ciepła. Analiza stałej energetycznej wykazała, że najwyższą jej wartością w grupie produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) charakteryzował się produkt PK II z 4% dodatkiem ($c_e = 4,6005$). W grupie produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) stwierdzono obniżenie wartości stałej energetycznej c_e wraz ze wzrostem ilości dodatku wzbogacającego. Ocena uzyskanych wartości stałej energetycznej c_e pozwala przypuszczać, że podczas przechowywania ekstrudatów kukurydzianych obserwowany był wyłącznie proces sorpcji fizycznej, a uzyskane dla badanych surowców wartości ($c_e > 2$) potwierdzały sigmoidalny kształt izotermy (tab. 98)^{623,624}.

Zastosowany model BET dobrze opisywał przebieg izotermy większości badanych produktów przekąskowych. Produkty P 0, PK I, PK II, PK III i PS II cechowała wysoka wartość współczynnika determinacji R^2 , która wynosiła powyżej 0,95.

Na podstawie porównania wartości SKO i RMS stwierdzono, że parametry modelu BET oszacowane z zastosowaniem metody analitycznej dobrze opisywały pod względem matematycznym proces sorpcji pary wodnej produktów P 0, PK II, PK III, PS I, PS II i PS III (tab. 45). Wielkość średniego błędu kwadratowego (RMS) dla tych produktów

⁶¹⁸ Włodarczyk-Stasiak M., Jamroz J., (2008), Analysis of sorption properties of starch–protein extrudates with the use of water vapour, *Journal of Food Engineering* 85, pp. 580-589.

⁶¹⁹ Yanifei G., Zhang Y., Zhang B., Boli G., Yimin W., (2020), The moisture migration behavior of wheat starch/gluten blended powders and extrudates, *Drying Technology*, 39(10), pp. 1401-1411, doi:10.1080/07373937.2020.1750028.

⁶²⁰ Tańska M., Konopka I., Ruszkowska M., (2017), Sensory, Physico-Chemical and Water Sorption Properties of Corn Extrudates Enriched with Spirulina, *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

⁶²¹ Ruszkowska M., (2018), Jakość ..., *op.cit.*, s. 155-164.

⁶²² Ruszkowska M., Tańska M., Kowalczewski P.Ł., (2022), Extruded Corn Snacks with Cricket Powder: Impact on Physical Parameters and Consumer Acceptance, *Sustainability*, 14, pp. 1-13, doi:10.3390/su142416578.

⁶²³ Ociecek A., (2001), Badania modeli oceny trwałości przechowalniczej produktów higroskopijnych na przykładzie makaronu, *Rozprawa doktorska*, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia.

⁶²⁴ Ociecek A., Skotnicka M., Baranowska K., (2017), Sorptive properties of modified maize starch as indicators of their quality, *International Agrophysics*, 31, pp. 383-392, doi:10.1515/intag-2016-0061.

nie przekraczała 10% wskazując na dobrą zgodność dopasowania modelu do danych sorpcyjnych w badanym zakresie aktywności wody ($a_w=0,07\div 0,33$) (tab. 98)^{625, 626}.

6.6.3. Charakterystyka strukturalna – powierzchnia właściwa sorpcji

Na podstawie pojemności warstwy monomolekularnej v_m obliczono powierzchnię właściwą sorpcji. Powierzchnia właściwa sorpcji, definiowana jako powierzchnia przypadająca na jednostkę masy (m^2/g), jest jednym z ważniejszych parametrów, charakteryzujących zdolności adsorbentów do adsorpcji gazów, par oraz jonów⁶²⁷.

W tabeli 46 przedstawiono wartości powierzchni właściwej sorpcji wzbogacanych produktów przekąskowych.

Tabela 101. Powierzchnia właściwa sorpcji produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) i proszku ze świerszczy (*A. domesticus*)

Produkt	P 0	PK I	PK II	PK III	PS I	PS II	PS III
PS (m^2/g)	230,83	233,9	227,88	231,4	227,14	247,49	260,29

Oznaczenia:

- P 0 produkt bez dodatku białka
- PK I produkt z 2% dodatkiem białka konopnego
- PK II produkt z 4% dodatkiem białka konopnego
- PK III produkt z 7% dodatkiem białka konopnego
- PS I produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS II produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych
- PS III produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy domowych

Źródło: badania własne.

Na podstawie oceny struktury powierzchni (tab. 99) w grupie produktów ekstrudowanych, wzbogacanych białkiem konopnym stwierdzono, że najwyższą wartością powierzchni właściwej sorpcji cechował się produkt z 2% dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) PK I (PK I=233,9 m^2/g). Zwiększenie udziału białka konopnego w ekstrudatach do 4 lub 7% nie wpłynęło na wzrost powierzchni właściwej sorpcji. Porównanie uzyskanych wartości powierzchni właściwej sorpcji pomiędzy produktami

⁶²⁵ Nowacka M., Janiak G., Kidoń M., Czapski J., Witrowa-Rajchert D., (2012), Zastosowanie modeli matematycznych do opisu izoterm adsorpcji pary wodnej suszonej marchwi purpurowej i pomarańczowej, *ZYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 5, 84, s. 60-72.

⁶²⁶ Ociecek A., Flis A., (2020), Wpływ stopnia rozdrobnienia nasion kolendry (*Coriandrum sativum*) na ich właściwości sorpcyjne w kontekście badania stabilności przechowalniczej oraz podatności na modelowanie badanego zjawiska, *Kształowanie jakości żywności. Food quality development, Uniwersytet Morski w Gdyni, Gdynia*, s. 170-182.

⁶²⁷ Sokołowska Z., Rudko T., Bańka P., Hajnos M., (2006), Sorpcja pary wodnej na tłuszczynach rzepaku, *Acta Agrophysica*, 8(4), s. 995-1004.

P 0 i PK wykazało, że produkty wzbogacane białkiem konopnym charakteryzowały się zbliżonymi wartościami powierzchni właściwej sorpcji w stosunku do produktu bazowego P 0 (PS=230,83 m²/g).

Charakteryzując strukturę powierzchni produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszcza domowego (*Acheta domestica*) stwierdzono, że powierzchnia właściwa sorpcji wzrastała wraz ze zwiększeniem ilości dodatku. Najwyższą wartość powierzchni właściwej sorpcji, przewyższającą wartości uzyskane dla produktu bazowego P 0 oraz produktów wzbogacanych białkiem konopnym, stwierdzono w produktach PS II z 4% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (PS=247,49 m²/g) i PS III z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (PS=260,29 m²/g). Natomiast produkt PS I z 2% dodatkiem uzyskał najniższą wartość powierzchni właściwej sorpcji ze wszystkich wytworzonych wariantów produktów ekstrudowanych (PS=227,14 m²/g) (tab. 99). Na podstawie uzyskanych wartości powierzchni właściwej sorpcji produktów wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszcza domowego (*A. domestica*) stwierdzono, że powierzchnia właściwa sorpcji będąc pochodną pojemności warstwy monomolekularnej uwarunkowana była właściwościami nowej struktury ekstrudatu, powstałej w procesie ekstruzji oraz relacjami pomiędzy cząsteczkami skrobi i białka. Przeprowadzona analiza literatury wykazała, że badane ekstrudaty charakteryzowały wyższe wartości powierzchni właściwej sorpcji w stosunku do innych wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych, chleba, błonników smakowych oraz makaronu^{628,629,630,631,632,633}.

6.6.4. Kinetyka procesu sorpcji

Kolejnym elementem badań była ocena kinetyki sorpcji wyznaczona metodą dynamiczną. Kinetyka sorpcji jest nauką o szybkości procesu sorpcji. Zastosowanie pomiarów dynamicznych sorpcji pary wodnej, w porównaniu do metody statyczno-

⁶²⁸ Pałacha Z., Szcześniak Ł., (2014), Izotermi adsorpcji i desorpcji wody wybranych makaronów, *Postępy i Techniki Przemysłu Spożywczego*, 1, s. 22-28.

⁶²⁹ Ocieczek A., Schur J., (2015), Ocena wpływu wybranych dodatków na właściwości sorpcyjne miększu pieczywa pszennego, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 98, s. 143-154.

⁶³⁰ Tańska M., Konopka I., Ruszkowska M., (2017), *Sensory ...*, *op.cit.*, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.

⁶³¹ Ruszkowska M., (2018), *Jakość ...*, *op.cit.*, s. 155-164.

⁶³² Ruszkowska M., (2018), Ocena właściwości sorpcyjnych wybranych błonników o smaku owocowym, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 3, s. 233-238.

⁶³³ Ruszkowska M., Tańska M., Kowalczewski P.Ł., (2022), Extruded Corn Snacks with Cricket Powder: Impact on Physical Parameters and Consumer Acceptance, *Sustainability*, 14, pp. 1-13, doi:10.3390/su142416578.

eksykatorowej, pozwala na skrócenie czasu oznaczania oraz daje możliwość oceny wpływu wielu czynników na szybkość procesu⁶³⁴.

Czynnikami determinującymi w największym stopniu kinetykę procesu sorpcji pary wodnej są: struktura fizyczna produktu, skład chemiczny, fizykochemiczny stan składników oraz wilgotność i temperatura otoczenia, a także obecność domen o zróżnicowanym powinowactwie do wody (forma amorficzna lub krystaliczna) oraz ich rozkład w przestrzeni produktu⁶³⁵. Interpretację kinetyki sorpcji stanowią krzywe kinetyczne, przedstawiające graficzny zapis zmian ilości zaadsorbowanej wody (g H₂O/100 g s.s.) w czasie oraz krzywe szybkości (g H₂O/100 g s.s./min)⁶³⁶. Wśród produktów ekstrudowanych oraz wyrobów przekąskowych kinetyka procesu sorpcji ma szczególne znaczenie ze względu na szybkość zmian przechowalniczych, a zwłaszcza zmian tekstury tych produktów pod wpływem zwiększonej wilgotności otoczenia. Zmiany zawartości wody ekstrudatu poddanego ekspozycji na wysoką wilgotność względną środowiska przebiegają bowiem najintensywniej przez pierwsze 8-10 godzin procesu, a wilgotność ekstrudatu, niezależnie od warunków, stabilizuje się po 23–25 godzinach^{637,638}. Kinetykę sorpcji wytworzonych wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych przedstawiono na rysunkach 43 i 44. Pomiar kinetyki sorpcji przeprowadzono w dwóch środowiskach o aktywnościach wody $a_w=0,55$ i $a_w=0,85$ w temperaturze 20°C, w ciągu 72 godz.

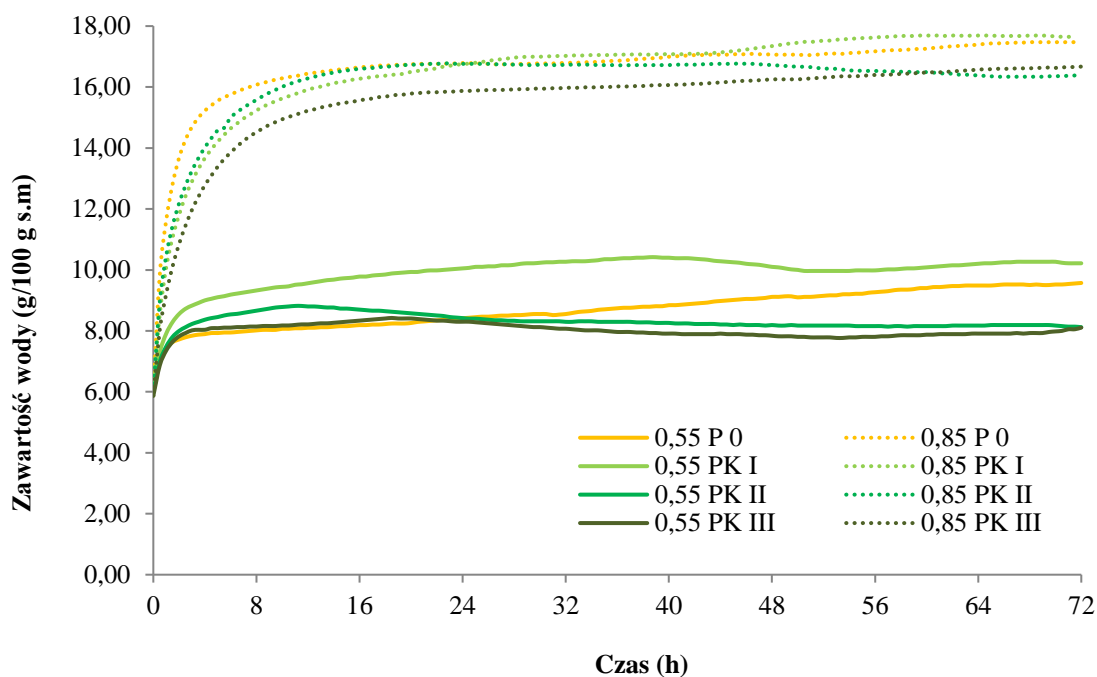
⁶³⁴ Marzec A., Lewicki P., (2004), Właściwości sorpcyjne pieczywa chrupkiego, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(41), s. 44-56.

⁶³⁵ Szajna T., Pałacha Z., (2018), Badanie kinetyki sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych, *Inżynieria Żywności*, 1, s. 19-24.

⁶³⁶ Ruszkowska M., Ociecek A., Palich P., (2006), Właściwości sorpcyjne grzanek zawartych w zupach instantyzowanych, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2 (47), s. 271-279.

⁶³⁷ Ekielski A., Powąłka M., Żelaziński T., (2013), Wpływ rozwinięcia powierzchni ekstrudatu na dynamikę sorpcji wody w różnych warunkach przechowywania, *Inżynieria Rolnicza*, 1(141), s. 31-38.

⁶³⁸ Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, s. 23-38.



Rys. 43. Krzywa kinetyczna wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*)

Źródło: badania własne.

W środowisku o niższej aktywności wody ($a_w=0,55$) największą zdolnością do sorpcji wody, a tym samym największą higroskopijnością charakteryzował się produkt z 2% dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) PK I. Niższa higroskopijność obserwowana była dla produktów PK II z 4% dodatkiem białka konopnego oraz PK III z 7% dodatkiem białka konopnego (rys. 43). Na podstawie przeprowadzonego pomiaru kinetyki procesu sorpcji stwierdzono, że sorpcja w produktach wzbogacanych białkiem konopnym przebiegała najszybciej przez pierwsze 8 h procesu, co potwierdzało wyniki Godek i in. (2013) i Ekielskiego i in. (2013)^{639,640}. Produkty wzbogacane białkiem konopnym w ciągu pierwszych 8 h wchłonęły ponad 80% całkowitej masy wody zaadsorbowanej w procesie sorpcji, wyznaczonym w czasie 72 h pomiaru metodą dynamiczną. Porównanie produktów wzbogacanych białkiem konopnym i produktu bazowego wykazało, że produkty PK I (9,32 g/100 g s.m.), PK II (8,66 g/100 g s.m.) i PK III (8,14 g/100 g s.m.) charakteryzowały się wyższą w stosunku produktu P 0 (8,02) równowagową zawartością wody uzyskaną po 8 h pomiaru kinetyki sorpcji.

⁶³⁹ Ekielski A., Powąłka M., Żelaziński T., (2013), Wpływ rozwinięcia powierzchni ekstrudatu na dynamikę sorpcji wody w różnych warunkach przechowywania, *Inżynieria Rolnicza*, 1(141), s. 31-38.

⁶⁴⁰ Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, s. 23-38.

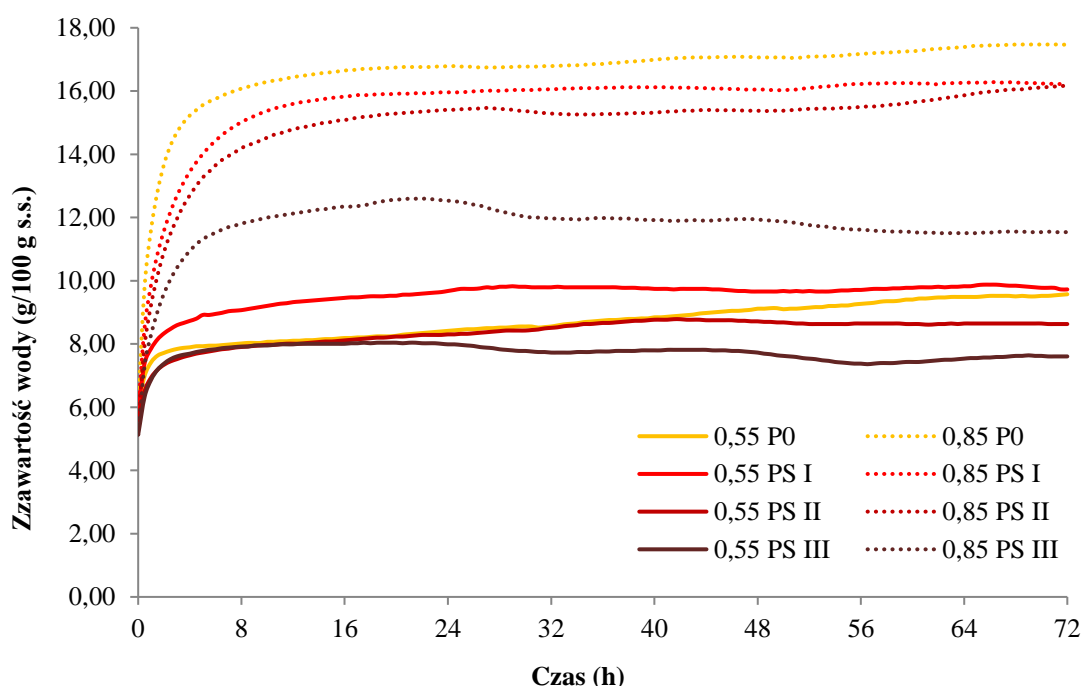
Obserwowana zależność uległa jednak zmianie po 24 h pomiarów kinetyki sorpcji. Natomiast po 72 h godzinach pomiaru kinetyki sorpcji stwierdzono, że najwyższą równowagową zawartością wody charakteryzował się produkt PK I i P 0 (rys. 43).

Podobny przebieg kinetyki sorpcji w środowisku aktywności wody $a_w=0,55$ stwierdzono w produktach z dodatkiem proszku ze świerszcza. Najwyższą higroskopijnością wśród produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszcza charakteryzował się produkt z 2% dodatkiem PS I. Ocena kinetyki sorpcji w grupie produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza wykazała obniżenie higroskopijności ekstrudatów wraz ze wzrostem ilości dodatku wzbogacającego (rys. 44). Na podstawie przeprowadzonego pomiaru kinetyki sorpcji w produktach z dodatkiem proszku ze świerszczy stwierdzono, że kinetyka sorpcji, analogicznie jak w przypadku produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*), charakteryzowała się największą dynamiką w ciągu pierwszych 8-10 h. Ekstrudaty w ciągu pierwszych 8 godzin wchłonęły ponad 70% całkowitej masy wody zaadsorbowanej w procesie sorpcji (72 h). W 8 godzinie pomiarów kinetyki sorpcji stwierdzono, że produkty PS II (7,90 g/100 g s.m.) i PS III (7,92 g/100 g s.m.) charakteryzowały się zbliżoną równowagową zawartością wody w stosunku do produktu bazowego P 0 (8,02 g/100 g s.m.). Wśród produktów wzbogacanych (PK i PS) wyższą zawartością wody w 8 godzinie pomiarów, w środowisku o aktywności wody $a_w=0,55$ cechowały się produkty z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) (PK). Ocena kinetyki sorpcji wyznaczona w środowisku aktywności wody 0,55 wykazała, że po 72 h w temperaturze 20°C wyższą równowagową zawartością wody charakteryzowały się produkty z dodatkiem białka konopnego (PK) (rys. 43).

Pomiar kinetyki procesu sorpcji przeprowadzono także w środowisku o wyższej aktywności wody $a_w=0,85$. Na podstawie wyznaczonej kinetyki procesu sorpcji stwierdzono, że wśród produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) ($a_w=0,85$) w ciągu pierwszych 24 h pomiaru kinetyki sorpcji najwyższą higroskopijnością charakteryzował się PK II - z 4% dodatkiem. Natomiast w 48 i 72 h pomiaru najwyższą higroskopijnością charakteryzował się produkt PK I - z 2% dodatkiem białka konopnego (rys. 43). Podobnie jak w środowisku o niższej aktywności wody ($a_w=0,55$), proces kinetyki sorpcji w produktach wzbogacanych białkiem konopnym, w środowisku o aktywności wody $a_w=0,85$ przebiegał najszybciej przez pierwsze 8 h. Produkty wzbogacane dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) w ciągu 8 h wchłonęły ok. 80-90% całkowitej masy wody zaadsorbowanej w procesie sorpcji (72 h).

Uzyskane wyniki graficznej analizy przebiegu krzywych kinetyki sorpcji wskazują, że higroskopijność produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) w środowisku o aktywności wody $a_w=0,85$ obniżała się wraz ze wzrostem dodatku wzbogacającego (rys. 21 i 22). Analogicznie jak w przypadku produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) największa dynamika procesu sorpcji obserwowana była w ciągu pierwszych 8 h pomiaru kinetyki procesu sorpcji. Produkty z dodatkiem proszku ze świerszcza (*A. domesticus*) w ciągu pierwszych 8 h wchłonęły ponad 81% całkowitej masy wody zaadsorbowanej w procesie sorpcji (72 h) (rys. 44).

Charakteryzując przebieg kinetyki sorpcji w środowisku o aktywności wody $a_w=0,85$, w produktach wzbogaconych proszkiem ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) stwierdzono, że najwyższą równowagową zawartością wody w 48 i 72 h pomiaru charakteryzował się produkt PS I z 2% dodatkiem wzbogacającym. Jednocześnie uzyskana zawartość wody była niższa w stosunku do produktu P 0 (rys. 44).



Rys. 44. Krzywa kinetyczna wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem proszku ze świerszczy (*A. domesticus*)

Źródło: badania własne.

Na podstawie oceny właściwości sorpcyjnych wyznaczonych metodą dynamiczną można przypuszczać, że każdorazowe otwarcie opakowania zawierającego ekstrudaty kukurydziane wzbogacane białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy może

powodować zmianę wilgotności produktu, przyczyniając się do obniżenia akceptacji cech sensorycznych w krótkim czasie.

Wnioski etapowe – właściwości sorpcyjne

1. Wyznaczone izotermy sorpcji charakteryzowały się kształtem sigmoidalnym, charakterystycznym dla produktów wysokobiałkowych, zachowując ciągłość przebiegu.
2. Produktem najbardziej higroskopijnym spośród wszystkich badanych ekstrudatów był produkt PK I. Najwyższą zdolnością chłonięcia wody wśród produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) charakteryzował się ekstrudat z 2% dodatkiem.
3. Wraz ze wzrostem zawartości białka konopnego (*C. sativa*) zaobserwowano wahania wartości pojemności warstwy monomolekularnej v_m .
4. Dodatek proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*) pozytywnie wpłynął na parametry mikrostruktury i trwałość wytworzonych ekstrudatów. Zaobserwowano, że pojemność warstwy monomolekularnej wzrastała wraz ze wzrostem zawartości tego dodatku.
5. Zastosowany model BET dobrze opisywał większość badanych produktów przekąskowych ($R^2 > 0,95$).
6. Sorpcja pary wodnej w produktach wzbogacanych białkiem przebiegała najszybciej przez pierwsze 8 h procesu.

Weryfikacja hipotez:

Hipoteza cząstkowa **H 2.5**. została zweryfikowana pozytywnie.

H 2.5. Właściwości sorpcyjne wzbogacanych produktów przekąskowych mogą być determinowane udziałem procentowym białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.

Pozwoliło to na pozytywną weryfikację hipotezy **H 2**.

H 2. Jakość wzbogacanych produktów przekąskowych zależy od rodzaju wykorzystanego białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł.

Podsumowanie

Kluczowym elementem zarządzania jakością prowadzącym do spełnienia wymagań i oczekiwań konsumenta jest doskonalenie jakości wyrobów i usług, które definiowane być może jako: dążenie do doskonałości i uzyskanie stanu lepszego od wyjściowego⁶⁴¹. Istotą doskonalenia jakości jest jednak nie tyle korygowanie aktualnie występujących niezgodności, ale również uwzględnienie przyszłych potrzeb i oczekiwań konsumentów⁶⁴².

W związku z tym w celu prowadzenia procesów doskonalenia konieczne jest zdobycie wiedzy z zakresu projektowania jakości z punktu widzenia konsumenta (obejmującego również przyszłe potrzeby i oczekiwania klientów). Prowadzone w tym celu badania marketingowe pozwalają na określenie najważniejszych determinant wyboru produktu żywnościowego, okazji jego spożycia, ocenę zainteresowania zakupem i popytu na określone produkty żywnościowe, czy w końcu ustalenie jego ceny.

Proces kształtowania i doskonalenia jakości produktu wymaga jednak szerszego, interdyscyplinarnego spojrzenia, łączącego wybrane elementy wiedzy marketingowej i umiejętności z obszaru nauk ekonomicznych z wiedzą, metodami i technikami z nauk przyrodniczo-technicznych, pozwalającymi na ocenę parametrów określających jakość wyrobu, które skorelowane są z pozytywną odpowiedzią konsumenta.

W związku z powyższym w toku przeprowadzonych badań odniesiono się do dwóch aspektów:

- Oceny postaw i zachowań konsumentów (etap I),
- Oceny jakości i doskonalenia wzbogacanego produktu ekstrudowanego (etap II).

Poruszane w niniejszej pracy zagadnienia osadzone są w subdyscyplinie Nauk o Zarządzaniu i Jakości - Techniki i metody zapewnienia/doskonalenia jakości produktów oraz procesów, która umieszczona jest w nurcie praktycznym Nauk o Zarządzaniu i Jakości, na poziomie operacyjnym^{643,644}.

⁶⁴¹ Ząbek J., (2015), Doskonalenie jakości (wyrobów) konsekwencją nowelizacji prawa konsumenckiego, *Problemy Jakości*, 47, 9, s. 10-17, doi:10.15199/46.2015.9.2.

⁶⁴² PN-EN ISO 9001:2015-10, Systemy zarządzania jakością – Wymagania.

⁶⁴³ Cyfert S., Dyduch W., Latusek-Jurczak D., Niemczyk J., Sopińska A., (2014), *Subdyscypliny w naukach o zarządzaniu – logika wyodrębnienia, identyfikacja modelu koncepcyjnego oraz zawartość tematyczna, Organizacja i Kierowanie*, 1, s. 37-48.

⁶⁴⁴ Salerno-Kochan R., Popek S., Halagarda M., Krzywonos M., (2020), *Nauki o Jakości jako subdyscyplina w Naukach o Zarządzaniu i Jakości. Identyfikacja obszarów badawczych, Przegląd Organizacji*, 8(967), s. 3-12, doi:10.33141/po.2020.08.01.

W ciągu ostatnich lat obserwuje się wzrost zainteresowania białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł, które definiowane są jako białka dotychczas nie stosowane do żywienia ludzi i zwierząt lub stosowane tylko w ograniczonym zakresie i tylko wśród niektórych populacji⁶⁴⁵. Zainteresowanie produkcją białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł, stanowi odpowiedź na przyszłe potrzeby konsumentów i związane jest przede wszystkim z niewielkim wpływem środowiskowym oraz wysoką wartością odżywczą i stanowi jeden ze sposobów przeciwdziałania problemom niedożywienia oraz degradacji środowiska naturalnego.

Jednym z ograniczeń wykorzystania białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł w produkcji żywności są obawy konsumentów względem żywności nieznannej. Konsumenti bowiem utożsamiają wysoką jakość produktu nie tylko z odpowiednimi cechami sensorycznymi i walorami i zdrowotnymi, ale także z jego znajomością. Żywność nieznaną lub mało znaną może być odrzucona ze względu na przypisaną jej negatywne właściwości sensoryczne, szkodliwy wpływ na zdrowie lub pochodzenie powodujące poczucie wstrętu^{646,647}.

Wprowadzenie do diety białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł nie musi wiązać się ze spożyciem ich w formie, w jakiej występują naturalnie. Powołując się na badania Elzerman i in. (2011), Schösler i in. (2012), House (2016), Tan i in. (2015) oraz Bueshke (2017), Hartmann i Siegrist (2017) podanie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł, które wzbudzają opór konsumentów (m.in. owady i białka organizmów jednokomórkowych), w postaci przypominającej produkty znane konsumentom (produkty konwencjonalne) lub wprowadzenie ich w postaci przetworzonej, jako dodatek do tradycyjnych produktów, wpływa pozytywnie na akceptację sensoryczną wśród konsumentów zwyczajowo

⁶⁴⁵ Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

⁶⁴⁶ Jeżewska-Zychowicz M. (red.), (2009), Nieznana żywność a postawy i zachowania konsumentów, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa, s. 11-26.

⁶⁴⁷ Ociecek A., Bartkiewicz J., Żyłka K., (2018), Uwarunkowania postaw i zachowań konsumentów na rynku nowej żywności jako indykatory ewolucyjnych zmian rynku żywności, Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 20(6), doi:10.5604/01.3001.0012.7759, s. 181-188.

ich niespożywających^{648,649,650,651,652,653}. Tym samym kluczowym wyzwaniem dla przemysłu jest określenie kilku wariantów wyboru nośnika (produktu konwencjonalnego) pozwalającego na wprowadzenie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł, który jednocześnie charakteryzowałby się dużym zainteresowaniem konsumentów.

W związku z powyższym celem przeprowadzonych badań była identyfikacja wpływu dodatku białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł na doskonalenie jakości produktów przekąskowych (ekstrudatów kukurydzianych). Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano wnioski oraz spostrzeżenia o charakterze empirycznym i aplikacyjnym.

W I etapie badań odniesiono się do aspektu oceny postaw i zachowań konsumentów, charakteryzując: zachowania konsumentów na rynku produktów przekąskowych i produktów wzbogacanych oraz ich zainteresowanie zakupem produktów ekstrudowanych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł. Wyniki I etapu badań mogą stanowić źródło wiedzy dla potencjalnych producentów oraz mogą zostać wykorzystane do projektowania produktów z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.

Szczególne znaczenie w przeprowadzonej ocenie postaw i zachowań konsumentów okazały się mieć trzy analizowane czynniki różnicujące: poziom neofobii żywieniowej konsumentów, innowacyjność konsumentów oraz ich postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł, które różnicowane były przez cechy socjo-demograficzne respondentów. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w badanej grupie na poziom neofobii żywieniowej konsumentów największy wpływ miały posiadane przez respondentów alergie lub nietolerancje pokarmowe (większa ilość

⁶⁴⁸ Elzerman, J. E., Hoek A. C., van Boekel M. A. J. S., Luning P. A., (2011), Consumer acceptance and appropriateness of meat substitutes in a meal context, *Food Quality and Preference*, 22, pp. 233-240, doi:10.1016/j.foodqual.2010.10.006.

⁶⁴⁹ Schösler H., de Boer J., Boersema J.J., (2012), Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution, *Appetite* 58, 1, pp. 39-47, doi:10.1016/j.appet.2011.09.009.

⁶⁵⁰ Tan H.S.G., Fischer A.R.H., Tinchan P., Stieger M., Steenbekkers L.P.A., van Trijp H.C.M., (2015), Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance, *Food Quality and Preference*, 42, pp. 78-89.

⁶⁵¹ House, J., (2016), Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications, *Appetite*, 107, pp. 47-58.

⁶⁵² Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowe*, 17,3, 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

⁶⁵³ Hartmann, C., Siegrist, M., (2017), Insects as food: perception and acceptance. Findings from Current Research, *Ernahrungs Umschau*, 64(3), pp. 44-50.

neofilów wśród osób deklarujących alergię i nietolerancje pokarmowe). Innowacyjność badanej grupy konsumentów determinowana była przede wszystkim przez wiek (innovacyjność zmniejszająca się wraz z wiekiem). Natomiast ostatni czynnik stanowiły postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł, które warunkowane były przede wszystkim przez wiek respondentów (najwięcej osób o pozytywnej postawie w grupach wiekowych 18-30 lat i więcej niż 70 lat).

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że produktem najbardziej lubianym i najczęściej spożywanym w grupie produktów przekąskowych były suszone owoce, orzechy i ich mieszanki. Natomiast w grupie produktów ekstrudowanych najbardziej preferowanym produktem były ekstrudaty kukurydziane bez dodatków. Za najczęstszą okazję do spożycia największy odsetek respondentów uznawał spotkania towarzyskie i rozrywki, a za najważniejszą cechę produktu przekąskowego był jego smak. Podobne zależności w swoich badaniach uzyskali Forbes (2016) oraz Kosicka-Gębska i Gębski (2012, 2013)^{654,655,656}.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotne zależności pomiędzy neofobią, a stopniem lubienia wybranych, mniej popularnych produktów przekąskowych (chrupki z innych zbóż, przekąski na bazie mięsa, przekąski z nasion strączkowych), których oceny obniżały się wraz ze wzrostem poziomu neofobii.

Czynnik ten różnicował także: częstość spożycia produktów z nasion roślin strączkowych, odsetek osób wskazujących podróż jako okazję do spożycia produktów przekąskowych oraz większość najważniejszych dla respondentów cech produktu przekąskowego.

Mniejszym znaczeniem w ocenie zachowań konsumentów na rynku produktów przekąskowych charakteryzował się drugi czynnik różnicujący – innowacyjność konsumenta, która warunkowała częstość spożycia 5 z 12 analizowanych produktów przekąskowych oraz wpłynęła na ważność dla konsumentów takich cech produktu przekąskowego jak polecenie przez innego konsumenta i reklama. Najmniejsze znaczenie dla zachowań konsumentów na rynku produktów przekąskowych miały postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł, które determinowały wyłącznie

⁶⁵⁴ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie młodych konsumentów, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 733-738.

⁶⁵⁵ Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2013), Czynniki warunkujące wybór słonych przekąsek przez młodych konsumentów, *Handel Wewnętrzny*, 4(345), s. 71-82.

⁶⁵⁶ Forbes S., Kahiya E., Balderstone C., (2016), Analysis of Snack Food Purchasing and Consumption Behavior, *Journal of Food Products and Marketing*, 22, 1, pp. 65-88, doi:10.1080/10454446.2014.949992.

stopień lubienia chipsów ziemniaczanych i ekstrudatów wytrawnych oraz częstość spożycia owoców, orzechów i ich mieszanek.

Kolejnym elementem badań była ocena zachowań konsumentów na rynku produktów wzbogacanych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że około 40,08% badanej grupy respondentów (spożywających produkty przekąskowe) deklarowało spożycie produktów wzbogacanych w białko. W opinii respondentów najczęściej spożywanymi produktami wzbogacanymi były produkty mleczne wzbogacane białkiem, batony białkowe i produkty przekąskowe wzbogacane białkiem. Analizując rozkład wyników w odniesieniu do poziomu neofobii, innowacyjności konsumentów oraz postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł zauważono, że czynniki te warunkowały rodzaj spożywanego produktu wzbogacanego. Warto podkreślić, że w grupie analizowanych czynników różnicujących, spożycie wzbogacanych produktów przekąskowych determinowane było wyłącznie przez poziom neofobii konsumentów - odsetek wskazań spożycia tych produktów był wyższy w segmencie osób z niskim poziomem neofobii.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w grupie osób spożywających produkty wzbogacane białkiem prawie połowa respondentów spożywała produkty z dodatkiem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł. Najniższy odsetek respondentów deklarował spożycie owadów. Jako najczęściej spożywane produkty wzbogacane (ok. 8% całej populacji) respondenci wskazywali produkty wzbogacane preparatem białkowym z nasion roślin strączkowych oraz produkty wzbogacane preparatem białkowym z produktów ubocznych. Spożycie wyżej wymienionych przykładów preparatów białkowych warunkowane było zarówno poziomem neofobii żywieniowej jak i innowacyjnością konsumenta (odsetek wskazań obniżał się wraz ze wzrostem poziomu neofobii i spadkiem innowacyjności). Natomiast wpływ trzeciego czynnika różnicującego (postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł) stwierdzono tylko w stosunku spożycia produktów wzbogacanych preparatem białkowym z nasion roślin strączkowych.

Ogromne znaczenie w zainteresowaniu spożyciem niekonwencjonalnych źródeł białka przypisuje się rodzajowi białka (roślinne, zwierzęce, inne)^{657,658}. W związku z tym w pracy oceniono zainteresowanie konsumentów zakupem produktów z różnymi rodzajami białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł. Respondenci deklarowali największe zainteresowanie zakupem produktów z dodatkiem preparatów na bazie surowców roślinnych, serwatki i alg. Natomiast najmniejszym zainteresowaniem wśród respondentów charakteryzowały się produkty z dodatkiem preparatów białkowych z owadów jadalnych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najbardziej zainteresowane zakupem ekstrudatów wzbogacanych preparatem z konopi oraz ekstrudatów z dodatkiem proszku ze świerszczy były osoby w wieku 18-30 lat.

Zainteresowanie zakupem większości produktów wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł determinowane było przez wszystkie trzy czynniki różnicujące (poziom neofobii, innowacyjność konsumentów i postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł). Wśród osób o wysokim poziomie neofobii obserwowano mniejsze zainteresowanie produktami z dodatkami odzwierzęcymi. Neofile charakteryzowali się natomiast zainteresowaniem produktami z dodatkiem organizmów jednokomórkowych i surowcami pochodzenia roślinnego. Podobnym wpływem na zainteresowanie zakupem wzbogacanych ekstrudatów charakteryzowały się postawy respondentów wobec białek pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł. W grupie osób prezentujących pozytywną postawę wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł obserwowano więcej zainteresowanych białkami roślinnymi oraz pochodzącymi z organizmów jednokomórkowych. Osoby o negatywnej postawie wykazywały mniejsze zainteresowanie produktami z dodatkiem preparatu ze świerszczy. Analiza ostatniego czynnika różnicującego wykazała, że wraz z obniżeniem poziomu innowacyjności zmniejszała się ilość respondentów zainteresowanych zakupem ekstrudatów z dodatkiem preparatu z alg, nasion konopi i świerszcza. Tym samym na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, wpływ rodzaju zastosowanego surowca na zainteresowanie konsumentów wzbogacanymi ekstrudatami kukurydzianymi. Przeprowadzone badania

⁶⁵⁷ Grasso A., Hung Y. et al., (2019), Older Consumers' Readiness to Accept Alternative, More Sustainable Protein Sources in the European Union, *Nutrients* 11, 8, pp. 1-18, doi:10.3390/nu11081904.

⁶⁵⁸ Faber I., Henn K., Brugarolas M., Perez-Cueto F.J.A., (2022), Relevant characteristics of food products based on alternative proteins according to European consumers, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, pp. 5034-5043, doi:10.1002/jsfa.11178.

pozwołyły więc na pozytywną weryfikację hipotezy dotyczącej oceny postawach i zachowaniach konsumentów (etap I): "Postawy konsumentów wobec różnych wyrobów wzbogacanych zależą od rodzaju zastosowanego białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł.

W drugim etapie badań przeprowadzono ocenę wybranych cech określających jakość produktów ekstrudowanych. Pozwoliło to na ocenę możliwości wykorzystania ekstrudatów kukurydzianych jako potencjalnego nośnika umożliwiającego wprowadzenie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł do żywności.

W związku z powyższym w procesie ekstruzji wytworzono ekstrudat kukurydziany bez dodatków wzbogacających, stanowiący przykład produktu bazowego (P 0) oraz ekstrudaty wzbogacane w białko konopne (PK) oraz proszek ze świerszczy (PS) (łącznie 7 produktów). Umożliwiło to ocenę wpływu dodatków białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł na wartość żywieniową ekstrudatów (wartość odżywcza produktów) oraz charakterystykę wybranych cech jakości (zawartość i aktywność wody, WSI, WAI, współczynnik ekspansji, tekstura, ocena sensoryczna i właściwości sorpcyjne).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek białka konopnego (*C. sativa*) oraz proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) do receptury mieszanek korzystnie wpłynął na wartość odżywczą otrzymanych ekstrudatów. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono, że wytworzone ekstrudaty zróżnicowane były pod względem wartości odżywczej, która determinowana była zarówno przez ilość (2, 4, 7%) jak i rodzaj dodatku (białko konopne lub proszek ze świerszczy). Wpływ dodatku białka konopnego (*C. sativa*) obserwowany był w największym stopniu poprzez zwiększenie zawartości popiołu i zmniejszenie zawartości tłuszczu i wartości energetycznej. Zwiększenie wzrastającej ilości dodatku proszku ze świerszcza wpłynęło na zwiększenie wartości energetycznej, zawartości białka i tłuszczu w wytworzonych ekstrudatach. Przeprowadzona analiza skupień pozwoliła na podział produktów na 3 skupienia: A (produkt bazowy - P 0, produkt z 7% dodatkiem białka konopnego - PK III i produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS D), B (produkty z 2% i 4% dodatkiem białka konopnego - PK I i PK II) oraz C (produkty z 4 i 7% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS II i PS III). Produkty o najwyższej (równej) zawartości białka stanowiły produkty ze skupienia C, pozwalając na weryfikację hipotezy cząstkowej 2.1. (Produkty przekąskowe wzbogacane mąką

ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) cechują się wyższą zawartością białka w porównaniu do produktów wzbogacanych białkiem konopnym).

Kolejnym elementem przeprowadzonych badań była ocena barwy wytworzonych ekstrudatów przy zastosowaniu modelu CIE $L^*a^*b^*$. Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji potwierdziła, że zarówno rodzaj (białko konopne lub proszek ze świerszczy) jak i ilość (2, 4, 7%) dodatku wzbogacającego determinowały barwę wytworzonych ekstrudatów. Analiza składowych modelu CIE $L^*a^*b^*$ wykazała, że wartości parametrów L^* , a^* i b^* różniły się w zależności od miejsca pomiaru. Wraz ze wzrostem ilości wprowadzonego do receptury ekstrudatu dodatku wzbogacającego stwierdzono obniżenie jasności barwy jego przekroju, jak i struktury zewnętrznej. Proces wzbogacania warunkował także wartości składowej a^* . Stwierdzono, że wzrastająca ilość obu rodzajów dodatków w większości przypadków obniżała udział barwy zielonej, a podwyższała czerwonej. Składowa b^* na zewnątrz produktu, jak i przy pomiarze rozdrobnionego produktu obniżała się pod wpływem zwiększenia ilości dodatku wzbogacającego.

Oceniając kolejne parametry jakości wytworzonych ekstrudatów wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł stwierdzono, że większość analizowanych parametrów (zawartość i aktywność wody, WSI oraz współczynnik ekspansji) warunkowana była przez zastosowany rodzaj dodatku (białko konopne lub proszek ze świerszczy), jak i ilość dodatku (2, 4, 7%). Wartości parametru WAI warunkowane były natomiast wyłącznie przez rodzaj dodatku.

W miarę wzrostu ilości dodatku białka konopnego i proszku ze świerszczy stwierdzono obniżenie zawartości i aktywności wody w wytworzonych ekstrudatach w porównaniu do produktu bazowego (P 0). W grupie ekstrudatów z dodatkiem białka konopnego stwierdzono proporcjonalny wzrost wartości współczynnika WAI przy wzroście ilości dodatku, co stanowiło zależność odmienną od zależności obserwowanej w grupie produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy. Wartości WSI oraz współczynnika ekspansji zmniejszały się wraz ze wzrostem ilości obu dodatków białkowych.

Największe różnice pod względem zawartości wody, aktywności wody, WSI oraz współczynnika ekspansji stwierdzono pomiędzy produktem bazowym (P 0) (najwyższe wartości), a produktem z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy (PS III) (najniższe wartości). Uzyskane zależności potwierdziła analiza skupień cech jakościowych, która pozwoliła na podział produktów na 4 skupienia: A (produkt bazowy

- P 0 i produkt z 2% dodatkiem białka konopnego - PK I), B (produkty z 4 i 7% dodatkiem białka konopnego - PK II, PK III i produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS I), C (produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS II), D (produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS III). Tym samym na podstawie uzyskanych zależności pozytywnie zweryfikowano hipotezę cząstkową H. 2.2 (Dodatek niekonwencjonalnych źródeł białka może obniżyć cechy jakościowe wytworzonych produktów).

Kolejną cechą determinującą jakość produktów przekąskowych jest tekstura ekstrudatów. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej wyników testu TPA stwierdzono, że parametry charakteryzujące teksturę (w tym twardość mierzona w drugim cyklu) determinowane były zarówno ilością (2, 4, 7%) jak i rodzajem dodatku. Tym samym dodatek białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł pozytywnie wpłynął na teksturę ekstrudatów, obniżając w produktach parametry (żujność i twardość mierzona w drugim cyklu pomiarowym), których wysokie wartości charakterystyczne są dla ekstrudatów niewyekspandowanych^{659,660,661}.

Na podstawie przeprowadzonej analizy skupień obejmującej charakterystykę cech jakościowych oraz parametrów tekstury stwierdzono, że produkty wzbogacane w białko konopne charakteryzowały się bardziej zbliżonymi do produktu bazowego wartościami ocenianych parametrów. Tym samym przeprowadzona analiza statystyczna pozwoliła wyróżnić następujące grupy produktów: A (produkt bazowy - P 0), B (produkty z 2 i 4% dodatkiem białka konopnego - PK I i PK II), C (produkt z 7% dodatkiem białka konopnego - PK III i produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS II), D (produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS I), E (produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS III).

Na podstawie przeprowadzonych badań pozytywnie zweryfikowano hipotezę H 2.3. - Dodatek białka z niekonwencjonalnych źródeł wpływa na stopień ekspandowania oraz twardość wytworzonych produktów przekąskowych.

Ze względu na istotność w ocenie respondentów (etap I) właściwości sensorycznych kolejnym elementem badań była ocena sensoryczna przeprowadzona przez przeszkolony

⁶⁵⁹ Liu Y., Hsieh F., Heymann H., Huff H.E., (2000), Effect of Process Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat – Corn Puff, *JFS. Sensory and Nutritive Qualities of Food*, 65, 7, pp. 1253-1259.

⁶⁶⁰ Anton A.A., Luciano F.B., (2007), Instrumental Texture Evaluation of Extruded Snack Foods. A Review, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5, 4, pp. 254-251.

⁶⁶¹ Jozinović A., Šubarić D., Babić J., Planinić M., Pavoković M., Blažić M., (2012), Effect of screw configuration, moisture content and particle size of corn grits on properties of extrudates, *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 4(2), pp. 95-101.

zespół oceniających. Zwiększenie ilości dodatku wzbogacającego w recepturze ekstrudatów wpłynęło na wzrost ogólnej pożądalności produktów. Pożądalność produktów wzbogacanych była niższa w stosunku do pożądalności produktu bazowego - P 0, osiągając zbliżoną pożądalność przy 7% dodatku proszku ze świerszcza domowego (*A. domesticus*). Na podstawie przeprowadzonej oceny stwierdzono, że udział procentowy dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł był czynnikiem kształującym poziom pożądalności wytworzonych produktów przekąskowych (H. 2.4 - Udział procentowy dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł jest czynnikiem kształującym poziom pożądalności wytworzonych produktów przekąskowych.). Uzyskane wyniki oceny sensorycznej poddano analizie skupień uwzględniając następujące deskryptory: kształt, zapach, smak, barwę, teksturę, twardość. Przeprowadzona analiza skupień wyodrębniła trzy skupienia: skupienie A (produkt bazowy - P 0 i produkt z 7% dodatkiem proszku ze świerszcza - PS III) charakteryzujące się najwyższymi ocenami deskryptorów oceny sensorycznej, skupienie B (produkty z 2% dodatkiem białek z niekonwencjonalnych źródeł - PK I i PS I) cechujące się najniższymi wartościami ocen i skupienie C (produkt z 4% dodatkiem białka konopnego - PK II, produkt z 7% dodatkiem białka konopnego - PK III i produkt z 4% dodatkiem proszku ze świerszczy - PS II). Przeprowadzona przez zespół oceniających charakterystyka preferencji ekstrudatów kukurydzianych, nie potwierdziła założeń przedstawianych przez Baryłko-Pikielną i Matuszewską (2014), według których preferencje produktu stanowią wypadkową smaku, ogólnej pożądalności i wartości ocen deskryptorów: kształtu, zapachu, smaku, barwy i tekstury⁶⁶². Według zespołu oceniającego najbardziej preferowanymi produktami były bowiem ekstrudat bez dodatków (P 0) i produkt z 2% dodatkiem proszku ze świerszcza (PS I).

Ostatnim elementem oceny sensorycznej była charakterystyka wpływu deskryptorów oceny sensorycznej na ogólną pożądalność z wykorzystaniem modeli regresji wielorakiej. Opracowane modele wykazały że najbardziej istotnymi predyktorami we wszystkich ocenianych produktach były przede wszystkim: smak. Na podstawie uzyskanych wartości współczynnika determinacji R^2 stwierdzono, że w grupie produktów wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy najlepsze dopasowanie modelu uzyskano dla produktów z 2% dodatkiem białka konopnego (PK I) i 4% dodatkiem proszku ze świerszczy (PS II).

⁶⁶² Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., (2014), Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków, s. 245-247.

Istotnym elementem przeprowadzonych badań była ocena właściwości sorpcyjnych determinujących m.in. trwałość przechowalniczą ekstrudatów. Wyznaczone izotermie sorpcji charakteryzowały się kształtem sigmoidalnym, typowym dla produktów wysokobiałkowych, zachowując ciągłość przebiegu w całym zakresie aktywności wody $a_w=0,07\div 0,98$. Na podstawie uzyskanych wartości pojemności warstwy monomolekularnej oraz powierzchni właściwej sorpcji stwierdzono, że w grupie produktów wzbogacanych białkiem konopnym wysoką trwałością przechowalniczą charakteryzował się produkt z 2% dodatkiem (PK I), tym samym zwiększenie ilości dodatku nie wpłynęło na zwiększenie trwałości przechowalniczej. Natomiast w przypadku produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy wzrost ilości dodatku wzbogacającego korzystnie wpłynął na trwałość przechowalniczą. Na podstawie przeprowadzonej oceny właściwości sorpcyjnych, którą oparto o charakterystykę przebiegu izoterm sorpcji oraz krzywych kinetycznych ($a_w=0,55$ i $0,85$; 72 h) stwierdzono wśród wszystkich badanych ekstrudatów najbardziej higroskopijnym produktem był ekstrudat z 2% dodatkiem białka konopnego (PK I) (*C. sativa*). Na podstawie pomiaru kinetyki sorpcji stwierdzono, że kinetyka sorpcji w produktach wzbogacanych, bez względu na rodzaj i ilość dodatku, najszybciej przebiegała przez pierwsze 8 h procesu. Uzyskane zależności potwierdzały badania Godek i in. (2013) i Ekielskiego i in. (2013)^{663,664}. Na podstawie przeprowadzonych badań o charakterystyce właściwości sorpcyjnych pozytywnie zweryfikowano hipotezę cząstkową H 2.5 (Właściwości sorpcyjne wzbogacanych produktów przekąskowych mogą być determinowane udziałem procentowym białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł).

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki kompleksowych badań dotyczących doskonalenia jakości produktu przekąskowego z wykorzystaniem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł. Na podstawie przeprowadzonej oceny postaw i zachowań oraz oceny wybranych parametrów jakości ekstrudatów kukurydzianych oraz wniosków etapowych przedstawionych w treści pracy stwierdzono, że wytworzone produkty ekstrudowane stanowiły nośnik pozwalający na wprowadzenie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł. Wzbogacane produkty ekstrudowane

⁶⁶³ Ekielski A., Powąłka M., Żelaziński T., (2013), Wpływ rozwinięcia powierzchni ekstrudatu na dynamikę sorpcji wody w różnych warunkach przechowywania, *Inżynieria Rolnicza*, 1(141), s. 31-38.

⁶⁶⁴ Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, s. 23-38.

charakteryzowały się zainteresowaniem konsumentów, obejmującym około 30% badanej populacji, głównie ludzi młodych. Doskonalenie jakości w grupie produktów z dodatkiem białka konopnego (*C. sativa*) związane było zwłaszcza ze zwiększeniem wartości odżywczej, zmniejszeniem zawartości i aktywności wody i poprawą cech tekstury.

Doskonalenie jakości produktów ekstrudowanych wzbogacanych proszkiem ze świerszczy dotyczyło większego zakresu charakteryzowanych parametrów determinujących jakość wyrobów ekstrudowanych w porównaniu do ekstrudatów wzbogacanych białkiem konopnym. Zastosowanie dodatku proszku ze świerszczy wpłynęło na zwiększenie wartości odżywczej ekstrudatów, zmniejszenie zawartości i aktywności wody, poprawę cech tekstury, wzrost ocen kształtu i wzrost trwałości przechowalniczej w porównaniu z ekstrudatem bazowym i produktami wzbogacanymi białkiem konopnym. Jedynym zastrzeżeniem zastosowania proszku ze świerszczy domowych (*A. domesticus*) zastosowanego jako surowca w produktach ekstrudowanych mogą stanowić obawy konsumentów przed spożyciem produktów z jego dodatkiem.

Ze względu jednak na możliwość zmiany tej tendencji i przekonanie konsumentów do wprowadzenia diety owadów jadalnych, konieczne jest prowadzenie działań edukacyjnych polegających na podnoszeniu świadomości konsumentów, organizowanie sesji degustacyjnych oraz opracowanie potraw lub produktów żywnościowych, które nie tylko w pełni zachowają bogate składniki odżywcze owadów, ale także będą zgodne z lokalną kulturą⁶⁶⁵.

Powyższe badania pozwalają na sformułowanie rekomendacji dotyczących przyszłych badań i potwierdzają zasadność wykorzystania białka konopnego i proszku ze świerszczy do wzbogacania ekstrudatów kukurydzianych. Na podstawie uzyskanych wyników z etapu I stwierdzono, że produkty wzbogacone w białko konopne oraz proszek ze świerszcza charakteryzują się zainteresowaniem znaczącej grupy konsumentów (nawet badanych 27% respondentów). Oznaczone parametry jakości potwierdzają, że wprowadzenie białek ze źródeł niekonwencjonalnych ma pozytywny wpływ na jakość produktów wzbogacanych w stosunku do produktu bazowego P0.

Z tego względu rekomenduje się kontynuację dalszych badań dotyczących możliwości wprowadzenia białka konopnego i proszku ze świerszczy w produkcji innych produktów ekstrudowanych w tym m.in. pieczywa chrupkiego, uwzględniając inne parametry procesu technologicznego i postawy konsumentów wobec tego produktu.

⁶⁶⁵ Grasso S., Bordiga M. (eds.), (2023), *Edible Insects Processing for Food and Feed. From Startup to Mass Production*, CRC Press, Abingdon, doi:10.1201/9781003165729.

Wyniki przeprowadzonych badań empirycznych mogą stanowić cenną wiedzę (know-how) dla producentów przemysłu spożywczego zainteresowanych wprowadzeniem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł do produktów ekstrudowanych.

Literatura

Publikacje (druki zwarte i artykuły)

1. Ačkar D., Jozinović A., Babić J., Miličević B., Balentić J. P., Šubarić D., (2018), Resolving the problem of poor expansion in corn extrudates enriched with food industry by-products, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, pp. 517-524, doi:10.1016/j.ifset.2018.05.004.
2. Adekola K., (2016), Engineering Review Food Extrusion Technology and Its Applications, *Journal of Food Science and Engineering*, 6, pp. 149-168, doi:10.17265/2159-5828/2016.03.005.
3. Alexander P., Brown C., Arneith A., Dias C., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M. D. A., (2017), Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?, *Global Food Security*, 15, pp. 22-32.
4. Altan A., Mccarthy K.L., Maskan M., (2008), Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions, *Journal of Food Engineering*, 89, pp. 24 -32.
5. Anderson R.A., Conway H.F., Pfeifer V.F. and Gryffin Jr., E.L., (1969), Roll and Extrusion Cooking of Grain Sorghum Grits, *Cereal Science Today*, 14, 11, pp. 372-375.
6. Anton A.A., Luciano F.B., (2007), Instrumental Texture Evaluation of Extruded Snack Foods. A Review, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5, 4, pp. 254-251.
7. Baczek-Kwinta R., Waligorski P., Kalandyk A., et al., (2017), Oxidoreductive and hormonal processes in germinating lupine seeds, *Oxidation Communications* 40, 3, pp. 1095–1105.
8. Badowska S., Rogala S., (2016), Konsumentenka innowacyjności a zachowania konsumentów seniorów – wyniki badań, *Problemy Zarządzania*, 14, 2(59), s. 204-223, doi:10.7172/1644-9584.59.13.
9. Baer-Nawrocka A., Sadowski A., (2019), Food security and food self-sufficiency around the world: A typology of countries, *PLOS ONE*, 14(3), pp. 1-15, doi:10.1371/journal.pone.0213448.
10. Bajor D., (2007), *Piekarz. Wytwarzanie specjalnych wyrobów piekarskich*, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom.
11. Banovic M., Barone A. M., Asioli D., Grasso S., (2022), Enabling sustainable plant-forward transition: European consumer attitudes and intention to buy hybrid products, *Food Quality and Preference*, 92, pp. 1-11, doi:10.1016/j.foodqual.2021.104440.
12. Bartkowicz J., (2018), *Postawy wobec owadów jadalnych jako żywności i uwarunkowania ich akceptacji w ujęciu modelowym*, Rozprawa doktorska, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.
13. Bartosiuk E., Markiewicz-Żukowska R., Puścion A., Mystkowska K., (2012), Ocena spożycia żywności typu „fast food” oraz napojów energetyzujących i alkoholu wśród grupy studentek Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 766-770.
14. Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., (2014), *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania*, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków.
15. Bawa M., Songsermpong S., Kaewtapee C., Chanput W., (2020), Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket

- (*Acheta domesticus*) powder, Journal of Food Processing and Preparation, 44, 8, pp. 1-9, doi:10.1111/jfpp.14601.
16. Becker E. W., (2007), Micro-algae as a source of protein, Biotechnology Advances, 25, pp. 207–210, doi:10.1016/j.biotechadv.2006.11.002.
 17. Belluco S., Losasso C., Michela Maggioletti et al., (2013), Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12, 3 , pp. 296-313.
 18. Berk Z., (2013), Food process engineering and technology (2nd edition), Elsevier, London, pp. 379-393.
 19. Berk Z., (2017), Food Extrusion, In: Engineering Foods for bioactivities Stability and Delivery, Ross Y., Livney D. (eds.), Springer Nature, New York.
 20. Białoń L., (2012), Problemy ekoinnowacji, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego. Ekonomia. Zarządzanie. Informatyka. Marketing, 1, s. 127-133.
 21. Bielawa A., (2011), Postrzeganie i rozumienie jakości – przegląd definicji jakości, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, 21, s. 143-152.
 22. Biller E., (2005), Technologia żywności, wybrane zagadnienia, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 125-139.
 23. Bodajko-Grochowska A., Bednarek A., Markut-Miotła E., Derewiecki T., Emeryk A., (2015), Stan wiedzy pielęgniarek na temat aerozoloterapii u dzieci z astmą, Alergia. Astma. Immunologia, 20(3), s. 199-207.
 24. Bodziany M., (2010), Jaka przyszłość czeka cywilizację zachodnią? Wojna o zasoby i „bomba populacyjna” – dwie wizje przyszłego świata, Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Różne oblicza bezpieczeństwa, Wydawnictwo WSOWL, Wrocław.
 25. Bonny S.P.F., Gardner G.E., Pethick D., Hocquette J.F., (2016), What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry?, Journal of Integrative Agriculture, 14(2), pp. 255-263, doi:10.1016/S2095-3119(14)60888-1.
 26. Borek S., Pukacka S., Michalski K. et al., (2009), Lipid and protein accumulation in developing seeds of three lupine species: *Lupinus luteus* L., *Lupinus albus* L., and *Lupinus mutabilis* Sweet, Journal of Experimental Botany, 60, 12, pp. 3453–3466.
 27. Borys T., (2012), Interdyscyplinarność nauk o jakości, Zarządzanie i Finanse, 10(3), 1, s. 7-23.
 28. Breidert C., Hahsler M., Reutterer T., (2006), A Review of Methods for Measuring Willingness-to-Pay, Innovative Marketing, 2, 4, pp. 8-32.
 29. Brookfield (2009), Brookfield Texture PRO CT®. Application software operating instructions. Manual no. M08-373, Brookfield Engineering Laboratories INC, Middleboro.
 30. Brookfield (2019), Analizator tekstury Brookfield CT. Instrukcja obsługi, Labo PLUS, Warszawa.
 31. Brunauer S., Emmmet P.H., Teller E., (1938), Adsorption of gases in multilayer's. Journal of the American Chemical Society, 60, pp. 309-319, doi:10.1021/ja01269a023.
 32. Bueshke M., Kulczyński B., Gramza-Michałowska A., Kubiak T., (2017), Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego, 17, 3, s. 49-59, doi:10.22630/PRS.2017.17.3.52.

33. Buttersack C., (2022), Modeling of type II high-resolution sorption isotherms: Evaluation of different approaches, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 650, pp. 1-7, doi:10.1016/j.colsurfa.2022.129489.
34. Callaway J. C., (2004), Hempseed as a nutritional resource: An overview, *Euphytica*, 140, pp. 65-72.
35. Castro M., Chambers E., (2019), Willingness to eat an insect based product and impact on brand equity: A global perspective, *Journal of Sensory Studies*, pp. 1-10, doi:10.1111/joss.12486.
36. Clark L.F., Bogdan A.M., (2019), The Role of Plant-Based Foods in Canadian Diets: A Survey Examining Food Choices, Motivations and Dietary Identity, *Journal of Food Products Marketing*, 25, 4, pp. 355-377, doi:10.1080/10454446.2019.1566806.
37. Combrzyński M., Mościcki L., Kwaśniewska A., Oniszczyk T., Wójtowicz A., Sołowiej B., Gładyszewska B., Muszyński S., (2017), Moisture sorption characteristic of extrusion-cooked starch protective loose-fill cushioning foams. *International Agrophysics*, 31, pp. 457-463.
38. Crini G., Lichtfouse E., Chanut G., Morin-Crini N., (2020), Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review, *Environmental Chemistry Letters*, 18, pp.1451-1476, doi:10.1007/s10311-020-01029-2.
39. Cyfert S., Dyduch W., Latusek-Jurczak D., Niemczyk J., Sopińska A., (2014), *Subdyscypliny w naukach o zarządzaniu – logika wyodrębnienia, identyfikacja modelu koncepcyjnego oraz zawartość tematyczna*, *Organizacja i Kierowanie*, 1, s. 37-48.
40. Das A.B., Goud V.V., Das C., (2021), Influence of extrusion cooking on phytochemical, physical and sorption isotherm properties of rice extrudate infused with microencapsulated anthocyanin, *Food Science and Biotechnology*, 30, pp. 65-75, doi:10.1007/s10068-020-00841-4.
41. Davidson E.A., Howarth R.W., (2007), Nutrients in synergy, *Nature*, 449, pp. 1000-1001, doi:10.1038/4491000a.
42. Day L., Swanson B. G., (2013), Functionality of Protein-Fortified Extrudates, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, pp. 468-482, doi:10.1111/1541-4337.1202.
43. Dąbrowski G., Skrajda M., (2016), Frakcja lipidowa i białkowa nasion konopi siewnych (*C. Sativa L.*) oraz jej korzystny wpływ na zdrowie człowieka, *Journal of Education, Health and Sport*. 6(9), s. 357-366, doi:10.5281/zenodo.62002.
44. Dec D., (2011), Aktywność wody w otrębach i śrutach zbożowych, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, s. 46-49.
45. Ding Q. B., Ainsworth P., Tucker G., Marson H., (2005), The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snack, *Journal of Food Engineering*, 66, pp. 283-289.
46. Dłużniewski M. (red.), (2008), *Technologia żywności: podręcznik dla technikum: praca zbiorowa, Część 4*, WSIP, Warszawa.
47. Dmowski P., (2019), *Wielowymiarowe modelowanie jakości herbaty czarnej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia.
48. Do Nascimento E.M.G.C., Carvalho C.W.P., Takeiti C.T., Freitas D.G.C., Ascheri J.L.R., (2012), Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum L.*) on corn expanded extrudates, *Food Research International*, 45, pp. 434-443, doi:10.1016/j.foodres.2011.11.009.

- doi: 10.33141/po.2020.08.01.
49. Draaisma R., Wijffels R., Slegers P., (2013), Food commodities from microalgae, *Current Opinion in biotechnology*, 24, pp.169-177.
 50. Dushkova M.A., Simitchiev A. T., Kalaydzhiev H.R., Ivanova P., Menkov N.D., Chalova V.I., (2022), Comparison and modeling of moisture sorption isotherms of deproteinized rapeseed meal and model extrudate, *Journal of Food Processing and Preservation*, pp. 1-9, doi:10.1111/jfpp.16978.
 51. Ekielski A., (2011), Effect of selected parameters of double-screw extruder operation on fractal dimensions of the extrudate, *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW – Agriculture*, 57, s. 41-47.
 52. Ekielski A., Majewski Z., Żelaziński T., (2008), Wpływ składu mieszanki na gęstość i rozpuszczalność ekstrudatu kukurydziano-gryczanego, *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), s. 93-97.
 53. Ekielski A., Powałka M., Żelaziński T., (2013), Wpływ rozwinięcia powierzchni ekstrudatu na dynamikę sorpcji wody w różnych warunkach przechowywania, *Inżynieria Rolnicza*, 1(141), s. 31-38.
 54. Elhassan M., Wendin K., Olsson V., Langton M., (2019), Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts, *Foods*, 8, 95, pp. 1-14, doi:10.3390/foods8030095.
 55. Elzerman, J. E., Hoek A. C., van Boekel M. A. J. S., Luning P. A., (2011), Consumer acceptance and appropriateness of meat substitutes in a meal context, *Food Quality and Preference*, 22, pp. 233-240, doi:10.1016/j.foodqual.2010.10.006.
 56. Emin M., 2016, Extrusion, In: *Reference Module in Food Sciences*, Elsevier, pp. 1-2, doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.03413-2.
 57. Escarnot E., Agneessens R., Wathélet B., Paquot M., (2010), Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions, *Food Chemistry*, 122, 3, pp. 857-863, doi:10.1016/j.foodchem.2010.02.047
 58. Faber I., Henn K., Brugarolas M., Perez-Cueto F.J.A., (2022), Relevant characteristics of food products based on alternative proteins according to European consumers, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, pp. 5034-5043, doi:10.1002/jsfa.11178.
 59. Faccio E., Guiotto Nai Fovino L., (2019), Food Neophobia or Distrust of Novelties? Exploring Consumers' Attitudes toward GMOs, *Insects and Cultured Meat*, *Applied Sciences*, 9, 4440, pp. 1-16.
 60. Ferranti P., Berry E., Anderson J. (eds.), (2018), *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. 1st Edition. Elsevier.
 61. Filippini T., Malavolti M., Whelton P.K., Vinceti M., (2022), Sodium intake and risk of hypertension: a systematic review and dose–response meta-analysis of observational cohort, *Current Hypertension Reports*, 24, pp. 133-144, doi: 10.1007/s11906-022-01182-9.
 62. Fish K.D., Rubio N.R., Stout A.J., Yuen J.S.K., Kaplan D.L., (2020), Prospects and challenges for cell-cultured fat as a novel food ingredient, *Trends in Food Science & Technology*, 98, pp. 53-67, doi:10.1016/j.tifs.2020.02.005.
 63. Fleming R., (2011), An environmental audit tool suitable for use in homelike facilities for people with dementia, *Australasian Journal on Ageing*, 30, 3, pp. 108-112, doi:10.1111/j.1741-6612.2010.00444.x.
 64. Forbes S., Kahiya E., Balderstone C., (2016), Analysis of Snack Food Purchasing and Consumption Behavior, *Journal of Food Products and Marketing*, 22, 1, pp. 65-88, doi:10.1080/10454446.2014.949992.

65. Fornal Ł., Majewska K., (1995), Mieszanki wieloskładnikowe w technologii ekstruzji, *Przegląd Zbożowo Młynarski*, 39(6), s. 25-26.
66. Gadzała K., Wypchły A., Lesiów T., (2018), Wykorzystanie metody projektu w doskonaleniu jakości produktów żywnościowych, *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 4(31), s. 9-30, doi:10.15611/nit.2018.4.01.
67. Gajewski M., Radzanowska J., Jeznach M., Jariene E., Danilcenko H., (2015), Ocena profilowa i konsumencka jakości sensorycznej chrupkek kukurydzianych z dodatkiem dyni, topinamburu i amarantusa, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, s. 15-21.
68. Gałęcki R., Sokół R., (2019), A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and Animals, *Plos One*, 14, 7, pp. 1-19, doi:10.1371/journal.pone.0219303.
69. Garcia-Gimenez G., Jobling S. A., (2022), Gene editing for barley grain quality improvement, *Journal of Cereal Science*, 103, doi:10.1016/j.jcs.2021.103394.
70. Gawęcki J. (red.), (2012), *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
71. Gawęcki J. (red.), (2017), *Białka w żywności i żywieniu*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.
72. Goes E.S.R., de Souza M.L.R., Campelo D.A.V., Yoshida G.M., Xavier T.O., de Moura L.B., Monteiro A.R.G., (2015), Extruded snacks with the addition of different fish meals, *Food Science and Technology*, 35(4), pp. 683-689.
73. Gondek E., Gauze J., Jakubczyk E., Janczar-Smuga M., Nowak D., Stasiak M., Kamińska-Dwórznińska A., Samborska K., (2017), Wysokobłonnikowe przekąski zbożowo-warzywne – analiza wybranych właściwości fizycznych i funkcjonalnych, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 590, s. 15-27, doi:10.22630/ZPPNR.2017.590.30.
74. Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Physical properties of gluten-free crispbread, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, s. 29-38.
75. Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., (2013), Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, s. 23-38.
76. Gorban A.N., Pokidysheva L. I., Smirnova E.V., Tyukina T.A., (2010), Law of the Minimum Paradoxes, *Bulletin of Mathematical Biology*, 73, pp. 2013-2044, doi:10.1007/s11538-010-9597-1.
77. Górńska-Warsewicz H., Świątkowska M., Krajewski K., (2013), *Marketing żywności*, Wolters Kluwer, Warszawa.
78. Grasso A., Hung Y. et al., (2019), Older Consumers' Readiness to Accept Alternative, More Sustainable Protein Sources in the European Union, *Nutrients* 11, 8, pp. 1-18, doi:10.3390/nu11081904.
79. Grasso S., Bordiga M. (eds.), (2023), *Edible Insects Processing for Food and Feed. From Startup to Mass Production*, CRC Press, Abingdon, doi:10.1201/9781003165729.
80. Grębowiec M., (2010), Rola produktów tradycyjnych i regionalnych w podejmowaniu decyzji nabywczych przez konsumentów na rynku dóbr żywnościowych w Polsce, *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 10(25), 2, s. 22-31.
81. Guan Z., Zhang Z., Ren X., Bian S., Xu E., Jin Z., Jiao A., (2022), Study on the relationship between the degradation degrees of glutinous rice starch extruded with different α -amylases and the qualities of Chinese rice wine, *International*

- Journal of Food Science & Technology, 57, 8, pp. 4792-4803, doi:10.1111/ijfs.15660.
82. Gutkowska K., Kowalczyk I., Sajdowska M., Żakowska-Biemans S., Kozłowska A., Olewnik-Mikołajewska A., (2014), Postawy konsumentów wobec innowacji na rynku żywności, *Handel Wewnętrzny*, 4(351), s. 80-93.
 83. Halicka E., (2016), Postawy i zachowania nabywcze kobiet wobec znakowania żywności symbolami dobrowolnych certyfikatów jakości, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 115, s. 141-149, doi:10.22630/EIOGZ.2016.115.38.
 84. Harper J.M., (1981), *Extrusion of Foods*. CRC Press, BocaRaton, USA.
 85. Hartmann, C., Siegrist, M., (2017), Insects as food: perception and acceptance. Findings from Current Research, *Ernahrungs Umschau*, 64(3), pp. 44–50.
 86. He Y., Zhang C., Zheng Y., Xiong H., Ai C., Cao H., Xiao J., El-Seedi H., Chen L., Teng H., (2023), Effects of blackberry polysaccharide on the quality improvement of boiled chicken breast, *Food Chemistry: X.*, 18, pp. 1-9, doi:10.1016/j.fochx.2023.100623.
 87. Heidenreich S., Jaros D., Rohm H., Ziems A., (2005), Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps, *Journal of Texture Studies*, 35, pp. 621-633, doi:10.1111/j.1745-4603.2004.35513.x.
 88. Henchion M., Hayes M., Mullen A. et al., (2017), Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium, *Foods*, 6, 53, pp. 1-21.
 89. Hébrard A., Oulahna D., Galet L., Cuq B., Abecassis J., Fages J., (2003), Hydration properties of durum wheat semolina: Influence of particle size and temperature, *Powder Technology*, t. 130, no. 1-3, pp. 211-218, doi:10.1016/S0032-5910(02)00268-1.
 90. Hocquette J. F., (2016), Is *in vitro* meat the solution for the future?, *Meat Science*, 120, pp. 167-176, doi:10.1016/j.meatsci.2016.04.036.
 91. Horbaczewski D., (2006), Filozoficzne źródła współczesnego pojmowania jakości, *Filozofia. Nauka. Jakość za Granicą*, 38, 10, s. 9-12.
 92. House J., (2016), Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications, *Appetite*, 107, pp. 47-58.
 93. HTA Consulting, (2020), *Analiza Kliniczna, Preparat PKU GMPRO®, środek spożywczy specjalnego przeznaczenia żywieniowego w fenylketonurii dla osób od 12. roku życia*, Warszawa.
 94. Hu L., Chen X., Lin R., Xu T., Xiong D., Li L., Zhao Z., (2023), Quality Improvement in Apple Ciders during Simultaneous Co-fermentation through Triple Mixed-Cultures of *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kudriavzevii* and *Lactiplantibacillus plantarum*, *Foods*, 12(3), 655, pp. 1-16, doi:10.3390/foods12030655.
 95. Hudson B. (ed.), (1994), *New and Developing Sources of Food Proteins*, Chapman & Hall, London.
 96. Igual M., Chiş M.S., Păucean A., Vodnar D.C., Ranga F., Mihăiescu T., Török A.I., Fărcas A., Martínez-Monzó J., Segovia P.G., (2021), Effect on Nutritional and Functional Characteristics by Encapsulating *Rose canina* Powder in Enriched Corn Extrudates, *Foods*, 10, 10, pp. 1-23, doi:10.3390/foods10102401.
 97. Igual M., Chiş M.S., Socaci S.A., Vodnar D.C., Ranga F., Martínez-Monzó J., García-Segovia P., (2021), Effect of *Medicago sativa* Addition on Physicochemical, Nutritional and Functional Characteristics of Corn Extrudates, *Foods*, 10(5), pp. 1-21, doi:10.3390/foods10050928.

98. Igual M., García-Segovia P., Martínez-Monzó J., (2020), Effect of *Acheta domestica* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products, *Journal of Food Engineering*, 282, pp. 1-7, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110032.
99. Jafaar S., Lalp P.E., Naba M.M., (2012), Consumers perceptions, attitudes and purchase intention towards private label food products in Malaysia, *Asian Journal of Business and Management Sciences*, 2, pp. 73-90.
100. Jalili M., Gerdol M., Greco S., Pallavicini A., Buonocore F., Scapigliati G., Picchiatti S., Angeles Esteban M., Rye M., Bones A., (2020), Differential Effects of Dietary Supplementation of Krill Meal, Soybean Meal, Butyrate, and Bactocell® on the Gene Expression of Atlantic Salmon Head Kidney, *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 886, pp. 1-19, doi:10.3390/ijms21030886.
101. Jałowiec T., (2019), Logistyka wojskowa jako obszar poznania nauk o zarządzaniu i jakości, *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 71, 5, s. 217-228, doi:10.33226/1231-2037.2019.5.19.
102. Jamroz J., Sokołowska Z., Hajnos M., (1999), Moisture sorption hysteresis in potato starch extrudates, *International Agrophysics*, 13, pp. 451-455.
103. Jamróz A., (2018), Praktyczne zastosowanie metody QFD do doskonalenia jakości produktu, *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie*, 3, s. 297-313.
104. Jasiulewicz A., (2016), Motywy i bariery konsumpcji innowacyjnych produktów żywnościowych, *Studia i Prace WNEiZ US*, 43(3), s. 133-140, doi:10.18276/sip.2016.43/3-12.
105. Javra E., (2021), The consumption and attitudes of protein supplements among young adults in Finland, *Praca licencjacka*, Satakunta University of Applied Sciences, Tampere.
106. Jeżewska-Zychowicz M. (red.), (2009), Nieznana żywność a postawy i zachowania konsumentów, *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*, Warszawa.
107. Jeżewska-Zychowicz M., (2008), Ocena innowacyjności konsumentów na rynku żywności z uwzględnieniem opakowań produktów żywnościowych, *Prace Naukowe. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. Wydział Nauk Ekonomicznych. Katedra Polityki Agrarnej i Marketingu*, 45, 1, s. 273-280.
108. Jeżewska-Zychowicz M., (2014), Uwarunkowania akceptacji konsumenckiej innowacyjnych produktów żywnościowych, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6(97), s. 5-17.
109. Jeżewska-Zychowicz M., Królak M., (2015), Konsumentencka percepcja nowych technologii stosowanych w produkcji żywności, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 111, s. 71-80.
110. Jiang S., Cai W., Xu B., (2013), Food Quality Improvement of Soy Milk Made from Short-Time Germinated Soybeans, *Foods*, 2(2), pp. 198-2012, doi:10.3390/foods2020198.
111. Jozinović A., Ačkar Đ., Jokić S., Babić J., Panak Balentić J., Banožić M., Šubarić D., (2017), Optimisation of Extrusion Variables for the Production of Corn Snack Products Enriched with Defatted Hemp Cake, *Czech Journal of Food Sciences*, 35(6), pp. 507-516, doi:10.17221/83/2017-CJFS.
112. Jozinović A., Šubarić D., Babić J., Planinić M., Pavoković M., Blažić M., (2012), Effect of screw configuration, moisture content and particle size of corn grits

- on properties of extrudates, *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 4(2), pp. 95-101.
113. Kamal M., Sarker O.F., Pramanik S.A.K., (2016), Investigation of Market Factors That Affect Customers' Buying Attitude towards Apartment Buying: an Opportunity Analysis from Bangladesh Perspective, *International Journal of Business Administration*, 7, 3, pp. 153-165, doi:10.5430/ijba.v7n3p153.
 114. Kim Y., Kee J., Lee S., Yoo S.H., (2014), Quality improvement of rice noodle restructured with rice protein isolate and transglutaminase, *Food Chemistry*, 145, pp. 409-416, doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.078.
 115. Kita A., (2006), Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych, *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Nr 537. Rozprawy CCXL*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.
 116. Kita A., Górnicka E., Wojdyło A., Drożdż W., (2012), Wpływ dodatku wytlóków rzepaku na właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych, *Rośliny Oleiste*, 33, s. 285-294.
 117. Kita A., Popiela-Kukuś K., (2010), Wpływ dodatku wytlóków lnianych na wybrane właściwości smażonych chrupek ziemniaczanych, *Acta Agrophysica*, 16(1), s. 69-77.
 118. Koç A., Erbaş M., (2022), Investigation of sorption isotherms of wheat germ for its effect on lipid oxidation, *Food Chemistry*, pp. 2072-2082, doi:10.1111/1750-3841.16133.
 119. Kosicka - Gębska M., Gębski J., (2012), Słone przekąski w diecie młodych konsumentów, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 45, 3, s. 733-738.
 120. Kowalczyk I., Fusiek M., Nowocień M., (2018), Postawy studentów wobec nowych produktów i technologii w produkcji żywności, *Handel Wewnętrzny*, 1(372), s. 75-86.
 121. Kowalczyk I., Jeżewska-Zychowicz M., (2016), Innowacyjność konsumentów na rynku żywności, *Studia i Prace WNEiZ*, 43, 3, s. 177-186, doi:10.18276/sip.2016.43/3-16.
 122. Kowalczyk S., (2014), Bezpieczeństwo i jakość polskiej żywności, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów, Rolnictwa i Agrobiznesu*, 16, 4, s. 147-152.
 123. Kowalska M., Paździor M., (2015), Zastosowanie diagramu Ishikawy jako narzędzia doskonalenia jakości produktów spożywczych, *Postępy i Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, s. 136-139.
 124. Köhler A., Sarkkinen E., Tapola N., Niskanen T., Bruheim I., (2015), Bioavailability of fatty acids from krill oil, krillmeal and fish oil in healthy subjects—a randomized, single-dose, cross-over trial, *Lipids in Health and Disease*, 14, 19, pp. 1-10, doi:10.1186/s12944-015-0015-4.
 125. Kraszewska M., (2011), Wykorzystanie wybranych narzędzi badawczych do badania innowacyjności konsumentów – aspekty metodologiczne w: *Konsumenci a innowacje na rynku owoców*, Adamowicz M. (red.), Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
 126. Krelowska-Kułas M., (1993), *Badania jakości produktów spożywczych*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
 127. Kriz A.L., (2018), Enhancement of Amino Acid Availability in Corn Grain, In: *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*, Kriz A.L., Larkins B.A. (eds.), Springer, Berlin.

128. Król J., Brodziak A., Litwińczuk A., (2011), Podstawowy skład chemiczny i zawartość wybranych białek serwatkowych w mleku krów różnych ras i w serwatce podpuszczkowej, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(77), s. 74-83.
129. Krzyżaniak W., Jankowski T., Grajek W., (2005), Optymalizacja parametrów hydrolizy enzymatycznej skrobi ziemniaczanej połączonej z procesem ekstruzji, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(42), s. 48-62.
130. Kuhad R.C., Singh A., Tripathi K.K., Saxena R.K., Eriksson K.E.L., (1997), Microorganisms as an Alternative Source of Protein, *Nutrition Reviews*, 55, 3, pp. 65-75, doi:10.1111/j.1753-4887.1997.tb01599.x.
131. Kurp L., Danowska-Oziewicz M., Karpińska-Tymoszczuk M., Draszanowska A., Biedrzycka M., (2016), Preferencje studentów Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego odnośnie produktów przekąskowych, 49, 3, s. 556-559.
132. Lazou A., Krokida M., (2010), Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks, *Journal of Food Engineering*, 100(3), pp. 392-408.
133. Lee J.S., Yusoff N., Ho A.L., Siew C.K., Akanda J.H., Tan W.X., (2023), Quality Improvement of Green Saba Banana Flour Steamed Cake, *Applied Sciences*, 13(4), 2421, pp. 1-15, doi:10.3390/app13042421.
134. Lewicki P.P., (1998), A three parameter equation for food moisture sorption isotherms, *Journal of Food Process Engineering*, 21, pp. 127-144.
135. Li S., Zhang H.Q., Jin T., Hsieh F., (2005), Textural modification of soya bean/corn extrudates as affected by moisture content, screw speed and soya bean concentration, *International Journal of Food Science and Technology*, 40, pp. 731-740, doi:10.1111/j.1365-2621.2005.00993.x.
136. Limousin G., Gaudet J-P., Charlet L., Szenknect S., Barthès V., Krimissa M., (2007), Sorption isotherms: A review on physical bases, modeling and measurement. *Applied Geochemistry*, 22, 2, pp. 249-275, doi:10.1016/j.apgeochem.2006.09.010.
137. Liu L., Li S., Zhong Y., Li Y., Qu J., Feng J., Xu S., Zhang R., Xue J., Guo J., (2017), Nutritional, physical and sensory properties of extruded products from high-amylose corn grits, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(11), pp. 846-855. doi:10.9755/ejfa.2017.v29.i11.1494.
138. Liu Y., Hsieh F., Heymann H., Huff H.E., (2000), Effect of Process Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat – Corn Puff, *JFS. Sensory and Nutritive Qualities of Food*, 65, 7, pp. 1253-1259.
139. Lotko M., (2021), Towaroznawstwo w naukach o zarządzaniu i jakości, *Problemy Jakości*, 53, 4, s. 9-14, doi:10.15199/46.2021.4.2.
140. Lü Y., Chen J., Li X., Ren L., He Y., Qu L. B., (2014), Study on processing and quality improvement of frozen noodles, *LWT – Food Science and Technology*, 59, 1, pp. 403-410, doi:10.1016/j.lwt.2014.05.046.
141. Łukasiński W., Sikora T., (2009), Ciągłe doskonalenie - praktyczna realizacja zasady ISO 9001, *Problemy Jakości*, 10, s. 34-38.
142. Mahan K.M., Le, R.K., Wells T., Anderson S., Yuan J.S., Stoklosa R.J., Bhalla A., Hodge D.B., Ragauskas, A.J., (2018), Production of single cell protein from agro-waste using *Rhodococcus opacus*, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 45, pp. 795-801, doi:10.1007/s10295-018-2043-3.
143. Makowska A., (2013), Wpływ dodatku wyłoków lnianych na wybrane cechy jakościowe wyrobów przekąskowych wytworzonych metodą ekstruzji, *Aparatura Badawcza i Dydaktyka*, 4, s. 309-316.

144. Makowska A., Bauman Ł., Obuchowski W., Gutsche M., (2010), Wpływ warunków ekstruzji na wybrane cechy ekstrudatów pszenżytnich, *Aparatura badawcza i dydaktyczna*, 3, s. 93-98.
145. Makowska A., Kowalczewski P., Galiński G., Chudy S., Michniewicz J., (2016), Wartość żywieniowa ekstrudatów pszenżytnich na podstawie badań in vivo, *Nowoczesne technologie produkcji żywności*, s. 70-79.
146. Makowska A., Kowalczewski P., Paschke H., (2017), Wpływ wilgotności mieszanek na właściwości i teksturę ekstrudatów kukurydzianych wzbogaconych w wytloki lniane, *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego*, 72, 4, s. 14-24.
147. Malczyk E., Całyniuk B., Synowiec J., (2016), Nawyki żywieniowe studentów w zakresie częstości spożycia wybranych produktów spożywczych, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 49, 3, s. 560-564.
148. Malczyk E., Wróbel P., (2016), Ocena nawyków żywieniowych uczniów szkół powiatu kłobuckiego w zakresie spożycia słonych przekąsek, *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 97(3), s. 255-260.
149. Mancini S., Sogari G., Menozzi D., Nuvoloni R., Torraca B., Moruzzo R., Paci G., (2019), Factors Predicting the Intention of Eating an Insect-Based Product, *Foods*, 8(7), 270, pp. 1-13, doi:10.3390/foods8070270.
150. Marzec A., Lewicki P., (2004), Właściwości sorpcyjne pieczywa chrupkiego, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(41), s. 44-56.
151. Maślanka S., Siołek M., Hamryszak Ł., Łopot D., (2014), Zastosowanie odpadów z przemysłu mleczarskiego do produkcji polimerów biodegradowalnych, *Chemik*, 68, 8, s. 703-709.
152. Michota-Katulka E., Zegan M., Stoll A., (2015), Analiza porównawcza postaw polskich i fińskich studentów wobec GMO w: *Nauki społeczne i humanistyczne wobec wyzwań współczesności*, Kropiwick K. (red.), Szala M. (red.), Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju Tygiel, Lublin.
153. Mirowski, A., (2019), Algi morskie jako alternatywne źródło składników odżywczych w żywieniu krów, *Życie Weterynaryjne*, 94 (9), s. 619-62.
154. Mitrus M., Wójtowicz A., (2011), Wybrane cechy jakościowe przekąsek ekstrudowanych z dodatkiem skrobi modyfikowanych, *Acta Agrophysica*, 18(2), s. 335-345.
155. Mitrus M., Wójtowicz A., Mościcki L., (2010), Modyfikacja skrobi ziemniaczanej metodą ekstruzji, *Acta Agrophysica*, 16(1), s. 101-109.
156. Montowska M., Kowalczewski P., Rybicka I., Fornal E., (2019), Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders, *Food Chemistry*, 289, pp. 130-138, doi:10.1016/j.foodchem.2019.03.062.
157. Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A., (2007), Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym, PWRiL, Warszawa.
158. Mroczko F., (2012), Zarządzanie jakością, *Prace Naukowe Wałbrzyskiej Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości Seria: Zarządzanie*, Wałbrzych.
159. Nagul A., Bhatia R., (2013), Microorganisms: a marvelous source of single cell proteins, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3(1), pp. 15-18.
160. Nasser A., Rasoul-Amini S., Morowvat M., Ghasemi Y., (2011), Single Cell Protein; Production and Process, *American Journal of Food Technology*, 6, 2, pp. 103-116.

161. Norajit K., Gu B., Ryu G., (2011), Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice, *Food Chemistry*, 129, pp. 1919-1925, doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.002.
162. Nowacka M., Janiak G., Kidoń M., Czapski J., Witrowa-Rajchert D., (2012), Zastosowanie modeli matematycznych do opisu izoterm adsorpcji pary wodnej suszonej marchwi purpurowej i pomarańczowej, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 5, 84, s. 60-72.
163. Nowak M. M., (2014), Wykorzystanie odpadów z przemysłu mleczarskiego jako element ekologii, *Logistyka - nauka*, 6.
164. Obradović V., Babić J., Šubarić D., Jozinović A., Ačkar D., Klarić I., (2015), Influence of dried hokkaido pumpkin and ascorbic acid addition on chemical properties and colour of corn extrudates, 183, pp. 136-143, doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.045.
165. Obuchowski W., Chalcarz A., (2006), Wpływ surowca na zawartość substancji rozpuszczalnych oraz kierunek i wielkość przemian sacharydów w procesie ekstruzji, *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 4, s. 16-19.
166. Obuchowski W., Michniewicz J., (1993), Ekstruzja klasyfikacja urządzeń, charakterystyka procesu, *Przegląd Zbożowo-młynarski*, 10, s. 5-7.
167. Ocieczek A., (2001), Badania modeli oceny trwałości przechowalniczej produktów higroskopijnych na przykładzie makaronu, *Rozprawa doktorska*, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia.
168. Ocieczek A., Bartkowicz J., Żyłka K., (2018), Uwarunkowania postaw i zachowań konsumentów na rynku nowej żywności jako indykatory ewolucyjnych zmian rynku żywności, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 20(6), doi:10.5604/01.3001.0012.7759, s. 181-188.
169. Ocieczek A., Flis A., (2020), Wpływ stopnia rozdrobnienia nasion kolendry (*Coriandrum sativum*) na ich właściwości sorpcyjne w kontekście badania stabilności przechowalniczej oraz podatności na modelowanie badanego zjawiska, *Kształtowanie jakości żywności. Food quality development*, Uniwersytet Morski w Gdyni, Gdynia, s. 170-182.
170. Ocieczek A., Kostek R., Ruszkowska M., (2015), Kinetic model of water vapour adsorption by gluten-free starch, *Internal Agrophysics*, 29, pp. 115-119, doi:10.1515/intag-2015-0006.
171. Ocieczek A., Ruszkowska M., (2018), Porównanie właściwości sorpcyjnych ziarna wybranych odmian komosy ryżowej (*Chenopodium quinoa willd*), *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 25, 3(116), s. 71-88, doi:10.15193/ZNTJ/2018/116/247.
172. Ocieczek A., Schur J., (2015), Ocena wpływu wybranych dodatków na właściwości sorpcyjne miękiszu pieczywa pszennego, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość.*, 98, s. 143-154.
173. Ocieczek A., Skotnicka M., Baranowska K., (2017), Sorptive properties of modified maize starch as indicators of their quality, *International Agrophysics*, 31, pp. 383-392, doi:10.1515/intag-2016-0061.
174. OECD i Eurostat, (2018), Oslo Manual 2018 Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, the Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, doi:10.1787/24132764.

175. Oikonomou N.A., Krokida M.K., (2011), Literature Data Compilation of WAI and WSI of Extrudate Food Products, *International Journal of Food Properties*, 14, pp. 199-240.
176. Olarotimi O., Adu O., (2017), Potentials of non-conventional protein sources in poultry nutrition, *Archivos de Zootecnia*, 66, 255, pp. 451-457.
177. Oonincx D., Boer I., (2012), Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment, *PLOS ONE*, 7, 12, 1-5, doi:10.1371/journal.pone.0051145.
178. Oonincx D., van Itterbeeck J., Heetkamp M., (2010), An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption, *PLOS ONE* 5(12), pp. 1-7, doi:10.1371/journal.pone.0014445.t001.
179. Osimani A., Milanović V., Cardinali F., Roncolini A., Garofalo C., Clementi F., Pasquini M., Mozzon M., Foligni R., Raffaelli N., Zamporlini F., Aquilanti L., (2018), Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 48, pp. 150-163, doi:10.1016/j.ifset.2018.06.007.
180. Ościk J., (1983), *Adsorpcja*, PWN, Warszawa.
181. Paderewski M., (1999), *Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej*, WNT, Warszawa.
182. Pałacha Z., (2008), Aktywność wody ważny parametr trwałości żywności, *Przemysł Spożywczy*, 4, s. 22-26.
183. Pałacha Z., Makarewicz M., (2011), Aktywność wody wybranych grup produktów spożywczych, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego. Inżynieria Żywności*, 2, s. 24-29.
184. Pałacha Z., Szcześniak Ł., (2014), Izotermy adsorpcji i desorpcji wody wybranych makaronów, *Postępy i Techniki Przemysłu Spożywczego*, 1, s. 22-28.
185. Pasternak M., (2019), Czysta etykieta a dodatki do żywności, *Przemysł Spożywczy*, 73, s. 48-51.
186. Perez-Santaescolastica C., De Winne A., Devaere J., Fraeye I., (2022), The flavour of edible insects: A comprehensive review on volatile compounds and their analytical assessment, *Trends in Food Science & Technology*, 127, pp. 352-367, doi:10.1016/j.tifs.2022.07.011.
187. Pęksa A., Kita A., Tajner-Czopek A., Rytel E., Miedzianka J., (2015), Jakość chrupek kukurydzianych wzbogacanych dodatkiem mąki z amarantusa i topinamburu i mięszu z dyni, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLVIII, 3, s. 490-495.
188. Pęksa A., Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Danilcenko H., Jarenie E., Figiel A., Lech K., Miedzianka J., Drożdż W., (2015), Wpływ surowca i parametrów procesu na cechy sensoryczne i fizyczne ekstrudowanych przekąsek, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(100), s. 176-189, doi:10.15193/zntj/2015/100/049.
189. Pijanowski E., Dłużniewski M., Dłużniewska A., Jarczyk A., (2004), *Ogólna technologia żywności* (wyd. 8), Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, s. 194-196.
190. Potente H., Heim H.P., Ernst W., Föhrer T., (2006), Characterisation and Modelling of Specific Enthalpy and Heat Conductivity of Corn Grits under Consideration of Water Sorption Behaviour, *Starch*, 58, pp. 82-91, doi:10.1002/star.200500446.

191. Przybyłowski P., Grudowski P., (2018), Nauki o jakości, ich miejsce i znaczenie w klasyfikacji dziedzin i dyscyplin naukowych oraz praktyce gospodarczej, *Problemy Jakości*, 7, s. 30-33. doi:10.15199/48.2018.7.4.
192. Rabiej M., (2012), *Statystyka z programem Statistica*, Helion, Polska.
193. Racolta E., Mureşan C., Mureşan V., Ticrea L., (2011), Sunflower Halva with Addition of Hemp Protein Powder I. Determination of Protein Content, *Bulletin UASVM Agriculture*, 68(2), pp. 400-403.
194. Radočaj O., Dimić E., Tsao R., (2014), Effects of Hemp (*Cannabis sativa L.*) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers, *Journal of Food Science*, 79(3), 318-325, doi:10.1111/1750-3841.12370.
195. Radzymińska M., Jakubowska D., Siemianowska E., (2018), Postawy młodych konsumentów wobec ekologicznych produktów piekarniczych i cukierniczych - studium przypadku, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 18, 2, s. 238-248.
196. Rafiq S.M., Rafiq S.I., (2020), Milk by-products utilization, In: *Current Issues and Challenges in Dairy Industry*, Zimmerman T., Gywali R., Intech Open, United Kingdom, doi:10.5772/intechopen.78123.
197. Raikos V., Duthie G., Ranawana V., (2015), Denaturation and Oxidative Stability of Hemp Seed (*Cannabis sativa L.*) Protein Isolate as Affected by Heat Treatment, *Plant Foods Human Nutrition*, 70, pp. 304-309, doi:10.1007/s11130-015-0494-5.
198. Rao Q., Kamdar A.K., Labuza T.P., (2016), Storage Stability of Food Protein Hydrolysates—A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(7), pp. 1169-1192, doi:10.1080/10408398.2012.758085.
199. Rizzo N.S., Jaceldo-Siegl K., Sabate J., Fraser G.E., (2013), Nutrient profiles of vegetarian and nonvegetarian dietary patterns, *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113, pp. 1610–1619.
200. Rolf K., Januszko O., Bylinowska J., Sicińska E., Pietruszka B., Kałuża J., (2012), Wpływ wybranych czynników na spożycie przez dzieci produktów wzbogacanych, *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 63, 3, s. 339-346.
201. Ruszkowska M., (2012), Właściwości sorpcyjne mąk przeznaczonych do wypieku chleba w warunkach domowych, *Acta Agrophysica*, 19(1), s. 111-121.
202. Ruszkowska M., (2014), Właściwości sorpcyjne produktów ekspandowanych na przykładzie produktów z kaszy jaglanej i amarantusa, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 53, 6, s. 416-417.
203. Ruszkowska M., (2018), Jakość ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych spiruliną i chlorellą, *Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego, Gdynia*.
204. Ruszkowska M., (2018), Ocena właściwości sorpcyjnych wybranych błonników o smaku owocowym, *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 3, s. 233-238.
205. Ruszkowska M., Dmowski P., (2017), The evaluation quality of black tea - based on the characteristics of hygroscopic properties designated by the static method, *Towaroznawcze Problemy Jakości. Polish Journal of Commodity Science*, 4, 53, pp. 61-70.
206. Ruszkowska M., Ociczek A., Palich P., (2006), Właściwości sorpcyjne grzanek zawartych w zupach instantyzowanych, *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2 (47), s. 271-279.
207. Ruszkowska M., Palich P., (2016), Characteristics of Sorption Properties of Selected Powdered Food Products, *Polish Journal of Natural Sciences*, 31(2), pp. 263-273.

208. Ruszkowska M., Tańska M., Kowalczewski P.Ł., (2022), Extruded Corn Snacks with Cricket Powder: Impact on Physical Parameters and Consumer Acceptance, Sustainability, 14, pp. 1-13, doi:10.3390/su142416578.
209. Ruszkowska M., Wiśniewska A., (2017), Ocena wybranych napojów roślinnych w proszku – charakterystyka właściwości fizykochemicznych, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 99, s. 103-113.
210. Rybowska A., (2016), Powszechne przekonania dotyczące wybranych zachowań żywieniowych w opinii konsumentów 65+, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, 114, s. 45–55.
211. Rzedzicki Z., Kasprzak M., (2005), Wpływ temperatury obróbki termoplastycznej na wybrane właściwości fizyczne ekstrudatów z udziałem razówki lędźwianowej (*Lathyrus sativus*), ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 3(44), s. 70-82.
212. Sahoo D., Elangbam G., Devi S., (2012), Using algae for carbon dioxide capture and bio-fuel production to combat climate change, Phykos, 42, 1, pp. 32-38.
213. Sakowski P., Janiszewska E., (2013), Zmiana barwy soku marchwiowego w czasie obróbki ultradźwiękami, Acta Agrophysica, 20(1), s. 161-171.
214. Salerno-Kochan R., Poppek S., Halagarda M., Krzywonos M., (2020), Nauki o Jakości jako subdyscyplina w Naukach o Zarządzaniu i Jakości. Identyfikacja obszarów badawczych, Przegląd Organizacji, 8(967), s. 3-12.
215. Schardong I.S., Freiberg J.A., Santana N.A., dos Santos Richards N.S.P., (2019), Brazilian consumers' perception of edible insects, Ciência Rural, Santa Maria, 49, 10, pp. 1-12, doi:10.1590/0103-8478cr20180960.
216. Schösler H., de Boer J., Boersema J.J., (2012), Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution, Appetite 58, 1, pp. 39-47, doi:10.1016/j.appet.2011.09.009.
217. Sexton, A.E., Garnett, T., Lorimer, J., (2019), Framing the future of food: The contested promises of alternative proteins, Environment and Planning E: Nature and Space, 2(1), pp. 47–72, doi:10.1177/2514848619827009.
218. Shah F.H., Sharif M.K., Butt M.S., Shahid M., (2016), Development of protein, dietary fiber, and micronutrient enriched extruded corn snacks, Journal of Texture Studies, 48, pp. 221-230.
219. Singh S, Shirani G., Wakeling L., (2007), Nutritional aspects of food extrusion: a review, International Journal of Food Science and Technology, 42, pp. 916-929, doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x.
220. Singh Y., Cullere M., Kovitadhi A., Chundang P., Dalle Zotte A., (2020), Effect of different killing methods on physicochemical traits, nutritional characteristics, *in vitro* human digestibility and oxidative stability during storage of the house cricket (*Acheta domesticus* L.), Innovative Food Science and Emerging Technologies, 65, pp. 1-12, doi:10.1016/j.ifset.2020.102444.
221. Sinurat M., Heikal M., Simanjuntak A., Siahaan R., Iham R. N., (2021), Product Quality on Consumer Purchase Interest with Customer Satisfaction as a Variable Intervening in Black Online Store High Click Market, Morfai Journal, 1(1), pp. 13-21.
222. Siwiec D., Pacana A., (2020), Połączona metoda doskonalenia jakości produktów, Motivation. Trust. Environment, Ružomberok, pp. 112-120.
223. Skrzypek A., (2019), Doskonalenie jako szansa na sukces rynkowy organizacji, Problemy Jakości, 12, s. 3-10, doi:10.15199/46.2019.12.1.
224. Smarzyński K., Sarbak P., Kowalczewski P.Ł., Różańska M.B., Rybicka I., Polanowska K., Monika Fedko M., Kmiecik D., Masewicz Ł., Nowicki M.,

- Lewandowicz J., Jeżowski P., Kačániová M., Ślachciński M., Piechota T., Baranowska H.M., (2021), Low-Field NMR Study of shortcake biscuits with cricket powder and their nutritional and physical characteristics. *Molecules*, 26, 5417, doi:10.3390/molecules26175417.
225. Sobczak A., Błyszczek E., (2009), Kierunki zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu mięsnego, *Chemia. Czasopismo Techniczne*, 106, 4, s. 141-151.
 226. Sobowale S.S., Adebo O.A., Mulaba-Bafubiandi A.F., (2019), Production of extrudate pasta from optimal sorghum–peanut flour blend and influence of composite flours on some quality characteristics and sorption isotherms, *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 74, 3, pp. 268-275, doi:10.1080/0035919X.2019.1639563.
 227. Socha D., Tabor A., Żwirska J., Schlegel-Zawadzka M., (2009), Neofobia żywieniowa wśród nauczycielek jako czynnik wpływający na postawy prozdrowotne ich wychowanków, *Sztuka Leczenia*, 18, s. 93-100.
 228. Sokołowska Z., Rudko T., Bańka P., Hajnos M., (2006), Sorpcja pary wodnej na łuszczynach rzepaku, *Acta Agrophysica*, 8(4), s. 995-1004.
 229. Stanisław A., (2006), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. I . Statystyki podstawowe, Wyd. Statsoft, Kraków.
 230. Stanisław A., (2007), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. II. Modele liniowe i nieliniowe, Wyd. Statsoft, Kraków.
 231. Stanisław A., (2007), Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. III. Analizy wielowymiarowe, Wyd. Statsoft, Kraków.
 232. Starzycka-Korbas E., (2018), Charakterystyka wybranych populacji *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary i ocena odporności różnych typów odmian rzepaku ozimego (*Brassic napus L.*) na tego patogena, Rozprawa doktorska, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. Państwowy Instytut Badawczy, Poznań.
 233. Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I., Ellis M., Glencross A., Sexton A., (2018), Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in Cellular Agriculture, *Trends In Food Science & Technology*, 78, pp. 155-166, doi:10.1016/j.tifs.2018.04.010.
 234. Stępień A., Witczak M., Witczak T., (2022), The Thermal Characteristics, Sorption Isotherms and State Diagrams of the Freeze-Dried Pumpkin-Inulin Powders, *Molecules*, 27, 2225, 1-14, doi:10.3390/molecules27072225.
 235. Stini W.A., (1982), The Interaction between Environment and Nutrition, *Mountaing Reaserch and Development*, 2, 3, pp. 281-288, doi:10.2307/3673092.
 236. Stobiecka J., (2002), Zastosowanie analizy regresji do oceny jakości produktów rynkowych na przykładzie herbaty ekspresowej, *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, 586, s. 45-59.
 237. Strzelczyk M., Kaniewski R., (2021), Konopie siewne *Cannabi ssativa L.* – jeden z najstarszych gatunków roślin użytkowych, *Postępy Fitoterapii*, 1, s. 53-60, doi:10.25121/PF.2021.22.1.53.
 238. Su X., Wu F., Zhang Y., Yang Na., Chen F., Jin Z., Xu X., (2019), Effect of organic acids on bread quality improvement, *Food Chemistry*, 278, pp. 267-275, doi:10.1016/j.foodchem.2018.11.011.

239. Suman G., Nupur M., Anuradha S., Pradeep B., (2015), Single Cell protein production: A review, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4, 9, pp. 251-262.
240. Sun Ye, Muthukumarappan K., (2002), Changes in functionality of soy-based extrudates during single-screw extrusion processing, *International Journal of Food Processing*, 5(2), pp. 379-389, doi:10.1081/JFP-120005793.
241. Szajna T., Pałacha Z., (2018), Badanie kinetyki sorpcji pary wodnej chipsów ziemniaczanych, *Inżynieria Żywności*, 1, s. 19-24.
242. Szpendowski J., Siemanowski K., (2013), Właściwości odżywcze i funkcjonalne oraz zastosowanie kazeinianów w przetwórstwie spożywczym, *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 3(10), s. 122-138.
243. Szpendowski J., Śmietana Z., Chojnowski W., (1990), Ekstruzja wysokobiałkowych preparatów z mleka i kukurydzy, *Przemysł Spożywczy*, 44(4/5), s. 94-97.
244. Szpendowski J., Śmietana Z., Świgoń J., (1996), Badania wybranych właściwości fizykochemicznych koekstrudowanych preparatów białkowo-skrobiowych, *Przemysł Spożywczy*, 50(5), s. 31-32.
245. Szpendowski J., Świgoń J., Śmietana Z., Cierach M., (2000), Wyróżniki chemiczne wartości odżywczej kazeinianów otrzymanych metodą ekstruzji, *Żywność*, 4(25), s. 82-89.
246. Szpendowski J., Szymański E., Staniewski B., Bohdziewicz K., (2010), Właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne kazeinianów otrzymywanych metodą zbiornikową oraz ekstruzji, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(69), s. 62-75.
247. Szul E., (2015), Obrazowanie współczesnego konsumenta – ujęcie socjologiczne, *Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy*, 42, s. 174-186.
248. Szul E., (2016), Konsumenci wobec innowacyjnych produktów, *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 46(2), s. 226-236.
249. Śmiechowska M., Dmowski P., Sagan E., (2014), Wpływ czasu parzenia i stopnia rozdrobnienia herbaty czarnej na barwę naparu i jego właściwości przeciwutleniające, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość.*, 5(96), s. 206-216.
250. Śmiechowska M., Kłobukowski F., (2016), Ocena barwy odtłuszczonych i nieodtłuszczonych proszków kakaowych – badania wstępne, *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 93, s. 134-140 .
251. Tan H.S.G., Fischer A.R.H., Tinchan P., Stieger M., Steenbekkers L.P.A., van Trijp H.C.M., (2015), Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance, *Food Quality and Preference*, 42, pp. 78–89.
252. Tańska M., Konopka I., Ruszkowska M., (2017), Sensory, Physico-Chemical and Water Sorption Properties of Corn Extrudates Enriched with Spirulina, *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, pp. 250-257, doi:10.1007/s11130-017-0628-z.
253. Tao J., Li Y. O., (2018), Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issue, *Food Quality and Safety*, 2, pp. 17-26, doi:10.1093/fqsafe/fyy001.
254. Tomaszewska-Ciosk E., Zdybel E., (2021), Properties of extruded corn snacks with common flax (*Linum usitatissimum L.*) and golden flax (*Linum flavum L.*) pomace, *International Journal of Food Science & Technology*, 56, 4, pp. 2009-2018, doi:10.1111/ijfs.14832.

255. Trela A., Mościcki Z., (2007), Wpływ procesu ekstruzji na wybrane cechy jakościowe pelletów zbożowych, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość.*, 5(54), s. 32-54.
256. Tul-Krzyszczuk A., Kosicka-Gębska M., Jeznach M., Gębski J., (2017), Preferencje konsumentów wobec innowacyjnych chrupek ekstrudowanych, *Handel Wewnętrzny*, 1(366), s. 377-386.
257. Tumpanuvat T., Jittanit W., (2022), Quality improvement of refrigerated ready-to-eat cooked brown rice by adding gellan gum and trehalose with ohmic heating compared to conventional cooking method, *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, 4, pp. 1-17, doi:10.1111/jfpp.16443.
258. Tunnarut D., Nopwinyuwong A, Tanakamolpradit T., (2022), Quality improvement of plant-based patty using methylcellulose, κ -carrageenan and xanthan gum, *Journal of Current Science and Technology*, 12, 2, pp. 327-335.
259. Tuomisto H., Joost Teixeira de Mattos M., (2010), Life cycle assessment of cultured meat production, 7th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Bari.
260. Urbaniak M., (2007), Rola aspektów środowiskowych w doskonaleniu jakości produktów, *Problemy Jakości*, 8, s. 29-35.
261. Van der Spiegel M., Noordam M., Fels-Klerx H., (2013), Safety of Novel Protein Sources [Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed] and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Vol.12*, pp. 662-678.
262. Van der Weele C., Feindt P., van der Goot A.J., van Mierlo B., van Boekel M., (2019), Meat alternatives: an integrative comparison, *Trends in Food Science and Technology*, 88, pp. 505-512. doi:10.1016/j.tifs.2019.04.018.
263. Verma S., Gupta A., Verma R., (2018), Food extrusion: Effects on micronutrients, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), pp. 602-603.
264. Vermeir I., Verbeke W., (2006), Sustainable Food Consumption: Exploring the Consumer "Attitude – Behavioral Intention" Gap, *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19, pp. 169-194.
265. Vlahowa-Vangelowa D.B., Balev D.K.; Kolev N.D., Gradinarska D.N., Dragoev G., (2021), Cricket Powder (*Acheta domestica*) as Food Additive for Processing of Dry-fermented Poultry Bars, 22(4), pp. 453-461.
266. Walawska B., (2012), Właściwości sorpcyjne wodorowęglanu sodu, *Chemik*, 11, 16, s.1169-1176.
267. Weiner A., Paprocka I., Kwiatek K., (2018), Wybrane gatunki owadów jako źródło składników odżywczych w paszach, *Życie Weterynaryjne*, 93(7), s. 499-504.
268. Wiedemair V., Gruber K., Knöpfle N., Bach K. E., (2022), Technological Changes in Wheat-Based Breads Enriched with Hemp Seed Press Cakes and Hemp Seed Grit, *molecules*, 27(6), 1840, pp. 1-16, doi:10.3390/molecules27061840.
269. Wilks M, Phillips C, (2017), Attitudes to *in vitro* meat: A survey of potential consumers in the United States, *PLoS ONE* 12(2), pp. 1-14, doi:10.1371/journal.pone.0171904.
270. Witczak T., Stępień A., Pycia K., Witczak M., Bednarz A., Grzesik M., (2017), Wpływ modyfikacji chemicznej skrobi i stopnia hydrolizy na izotermie sorpcji pary wodnej hydrolizatów, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 24, 1(110), s. 78-88.

271. Włodarczyk A., Domańska K., (2008), Innowacje w działalności MSP agrobiznesu, *Prace Naukowe. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego. Wydział Nauk Ekonomicznych. Katedra Polityki Agrarnej i Marketingu*, 45, 1, s. 161-172.
272. Włodarczyk-Stasiak M., Jamroz J., (2008), Analysis of sorption properties of starch–protein extrudates with the use of water vapour, *Journal of Food Engineering* 85, pp. 580-589.
273. Wojniłko E., (2017), Powiązania wewnętrznego systemu zapewnienia jakości kształcenia i systemu zarządzania jakością według normy ISO 9001, *General and Professional Education*, 2, s. 19-26, doi:10.26325/genpr.2017.2.3.
274. Wójtowicz A., (2018), Ekstruzja – wybrane aspekty techniczne i technologiczne, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 595, s. 131–144, doi:10.22630/ZPPNR.2018.595.42.
275. Wójtowicz A., Baltyn P., (2006), Ocena wybranych cech jakościowych popularnych przekąsek ziemniaczanych, *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(47), s. 112,-123.
276. Wójtowicz A., Kolasa A., Mościcki L., (2013), Influence of Buckwheat Addition on Physical Properties, Texture and Sensory Characteristics of Extruded Corn Snacks, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63, 1, pp. 239-244, doi:10.2478/v10222-012-0076-2.
277. Wójtowicz A., Pasternak E., Juško S., Hodara K., Kozłowicz K., (2012), Wybrane cechy jakościowe chrupek kukurydzianych z dodatkiem odtłuszczonych nasion lnu, *Acta Scientiarum Polonorum*, 11(3-4), s. 25-33.
278. Woźniak L., Kud K., (2017), Jakość biologiczna i zdrowotna żywności jako podstawowa wartość dla konsumenta, *Zarządzanie i Finanse*, 15, 2, s. 329-341.
279. Wu N. N., Ma Z. Q., Li H. H., Tian X. H., Fand Y., Tan B., (2020), Nutritional and cooking quality improvement of brown rice noodles prepared with extruded rice bran, *Cereal Chemistry*, 98, 2, pp. 346-354, doi:10.1002/cche.10374.
280. Yanifei G., Zhang Y., Zhang B., Boli G., Yimin W., (2020), The moisture migration behavior of wheat starch/gluten blended powders and extrudates, *Drying Technology*, 39(10), pp. 1401-1411, doi:10.1080/07373937.2020.1750028.
281. Yueyue Y., Aiquan J., Qing L., Enbo X., Yuan Ch., Zhengyu J., (2020), Functional and physical properties of naked barley-based unexpanded extrudates: effects of low temperature, *International Journal of Food Properties*, 23, 1, pp. 1886-1898, doi:10.1080/10942912.2020.1826511.
282. Ząbek J., (2015), Doskonalenie jakości (wyrobów) konsekwencją nowelizacji prawa konsumenckiego, *Problemy Jakości*, 47, 9, s. 10-17, doi:10.15199/46.2015.9.2.
283. Zabielski R., Zarzyńska J., (2020), Wyzwania związane z produkcją „sztucznego mięsa”, *Życie weterynaryjne*, 95 (2), s. 74-80.
284. Zeymer J.S., Corrêa P.C., de Oliveira G.H.H., de Araujo M.E.V., Guzzo F., Baptestini F.M., (2022), Moisture sorption isotherms and hysteresis of soybean grains, *Acta Scientiarum, Agricultural Engineering*, 45, pp. 1-11, doi:10.4025/actasciagron.v45i1.56615.
285. Zielińska, E., (2016), Perspektywy spożycia owadów przez Europejczyków, *Nauki Przyrodnicze*, 2(12), s. 12-19.
286. Żelaziński T., (2013), Wpływ dodatku gryki na zmiany barwy ekstrudatów kukurydzianych, *Postępy techniki przetwórstwa spożywczego*, 1, s. 50-54.

Akty prawne i normy

287. PN-EN ISO 9001:2015-10, Systemy zarządzania jakością – Wymagania.
288. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2022/169 z dnia 8 lutego 2022 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek mrożonej, suszonej i sproszkowanej postaci mącznika młynarka (larw *Tenebrio molitor*) jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470, Dz. Urz. UE L 28/10.
289. Rozporządzenie wykonawcze komisji (UE) 2021/1975 z dnia 12 listopada 2021 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek mrożonej, suszonej i sproszkowanej postaci szarańczy wędrownej (*Locusta migratoria*) jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470, Dz. Urz. UE L 402/10.
290. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2022/188 z dnia 10 lutego 2022 r. zezwalające na wprowadzenie na rynek mrożonych, suszonych i sproszkowanych postaci *Acheta domestica* jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470 (UE), Dz. Urz. UE L 30/1082015/2283.
291. Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2023/5 z dnia 3 stycznia 2023 r. zezwalające na wprowadzanie na rynek częściowo odtłuszczonego proszku z *Acheta domestica* (świerszcza domowego) jako nowej żywności oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze (UE) 2017/2470, Dz. Urz. UE L 2/9.

Dokumenty elektroniczne i źródła internetowe:

292. Bashi Z., McCullough R., Ong L., Ramirez M., (2019), Alternative proteins: The race for market share is on, McKinsey Insights. Agriculture Practice, <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on>, (dostęp: 10.07.2021).
293. FAO, (2017), The future of food and agriculture. Trends and challenges, Rome, <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>, (dostęp: 18.11.2022).
294. FAO, (2019), The state of food security and nutrition in the world 2019, <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>, (dostęp: 18.11.22).
295. Knoiz PAN, (2020), Subdyscypliny w naukach o zarządzaniu i jakości, http://www.knoiz.pan.pl/images/stories/pliki/pdf/Subdyscypliny_nauk_o_zarzdaniu_i_jakoci.pdf, (dostęp: 29.04.2022).
296. Sokołowska O., (2019), Odpady: Zagospodarowanie odpadów z przemysłu mleczarskiego, Forum mleczarskie biznes, 2 <https://www.forummleczarskie.pl/RAPORTY/808/zagospodarowanie-odpadow>, (dostęp: 11.02.2023).

ANEKS

➤ **Załącznik 1.**

Kwestionariusz ankiety

➤ **Załącznik 2.**

Zestawienie wyników analizy statystycznej etapu I badań – Ocena postaw i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł (Tabele 2.1.-2.21.)

➤ **Załącznik 3.**

Wzór karty oceny sensorycznej

Kwestionariusz ankiety (etap I badań)

Szanowni Państwo,

Nazywam się Maciej Świtalski i jestem doktorantem Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Morskiego w Gdyni. W ramach mojej pracy doktorskiej realizuję badania poświęcone produktom przekąskowym. Zwracam się z uprzejmą prośbą o udział w badaniu, które dotyczy preferencji konsumentów wobec produktów przekąskowych oraz o wypełnienie niniejszej ankiety. Wyniki badania stanowiąc będą podstawę do realizacji pracy doktorskiej. Ankieta jest anonimowa.

Z góry serdecznie dziękuję za poświęcony czas i pomoc w realizacji badania.

Dla ankiety przyjęto definicje:

***wzbogacanie** - dodawanie jednego lub kilku składników odżywczych do wybranych produktów.

***białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł** - białka, których dotychczas nie stosowano do żywienia ludzi i zwierząt lub stosowano je tylko w ograniczonym zakresie i tylko wśród niektórych populacji.

1. Czy spożywa Pan/Pani produkty przekąskowe (jeśli nie proszę o przejście do pytania 6).

Tak Nie

2. W jakim stopniu lubi Pan/ Pani niżej wymienione produkty przekąskowe. Proszę o ustosunkowanie się do każdego produktu zaznaczając wybraną odpowiedź.

	Bardzo lubię	Lubię	Ani lubię, ani nie lubię	Nie lubię	Bardzo nie lubię	Nie próbowałem
Chipsy ziemniaczane						
Chrupki kukurydziane bez dodatków						
Chrupki kukurydziane słodkie						
Chrupki kukurydziane wytrawne (słone)						
Chrupki z innych zbóż (orkiszowe, gryczane)						
Krakersy						
Orzeszki ziemne (słone i słodkie)						
Paluszki						
Popcorn						
Produkty przekąskowe na bazie mięsa (suszona wołowina)						
Produkty przekąskowe z nasion roślin strączkowych (chipsy z bobu, ciecierzycy, nasiona prażone)						
Suszone owoce, orzechy i ich mieszanki						

3. Jak często spożywa Pan/Pani niniejsze produkty przekąskowe?

	Kilka razy dziennie	Raz dziennie	Kilka razy w tygodniu	Kilka razy w miesiącu	Raz w miesiącu lub rzadziej	Nie próbowałem
Chipsy ziemniaczane						
Chrupki kukurydziane bez dodatków						
Chrupki kukurydziane słodkie						
Chrupki kukurydziane wytrawne (słone)						
Chrupki z innych zbóż (orkiszowe, gryczane)						
Krakersy						
Orzeszki ziemne (słone i słodkie)						
Paluszki						
Popcorn						
Produkty przekąskowe na bazie mięsa (suszona wołowina)						
Produkty przekąskowe z nasion roślin strączkowych (chipsy z bobu, ciecierzycy, nasiona prażone)						
Suszone owoce, orzechy i ich mieszanki						

4. Jak często sięga Pan/Pani po produkty przekąskowe przy wymienionych sytuacjach. Proszę ustosunkować się do każdej sytuacji wpisując X przy wybranej kategorii.

Okazja	Zawsze	Bardzo często	Sporo razy	Okazyjnie	Nigdy
Podczas podróży					
Podczas rozrywek (kino, telewizja, wydarzenia sportowe itp.)					
Podczas spotkań towarzyskich					
Pod wpływem emocji (stres, radość, nuda itp.)					
Po wysiłku					
Przy innej okazji (jakiej?).....					

5. W jakim stopniu ważne są dla Pan/Pani pod uwagę niżej wymienione cechy przy wyborze produktów przekąskowych? Proszę ustosunkować się do każdej cechy wpisując X przy wybranej kategorii.

Cecha/Stopień ważności	Bardzo ważne	Ważne	Mało ważne	Nieważne
Smak				
Tekstura				
Wygląd zewnętrzny				
Zapach				
Wartość odżywcza				
Skład				
Trwałość produktu				
Wpływ na środowisko				
Dostępność				
Marka				
Cena produktu				
Opakowanie				
Polecenie produktu przez innego konsumenta				
Reklama				
Inna cecha/wymaganie (jaka/jakie?)				

- 6. Czy spożywa Pan/Pani produkty wzbogacane białkiem (jeśli nie proszę o przejście do pytania 11)?**
- tak nie
- 7. Częściej Pan/Pani korzysta z:**
- Gotowych produktów wzbogacanych białkiem
- Suplementów/ preparatów białkowych (proszki białkowe)
- 8. Które z wymienionych produktów wzbogacanych białkiem Pan/Pani spożywa?**
- Batony białkowe
- Ciastka wzbogacane białkiem
- Produkty mleczne wzbogacane białkiem
- Preparaty białkowe w proszku
- Suplementy i tabletki (np. z alg)
- Produkty przekąskowe (wzbogacane białkiem: chrupki, chipsy, krakersy, paluszki)
- Inne jakie.....
- 9. Czy spożywał Pan/ spożywała Pani produkty z dodatkiem białka z niekonwencjonalnych źródeł [przykłady w pyt. 10] (jeśli nie proszę o przejście do pytania 11)?**
- tak nie
- 10. Z jakim rodzajem białka z niekonwencjonalnych źródeł spożywał Pan/ spożywała Pani produkty?**
- Z preparatem (proszkiem) białkowym z organizmów jednokomórkowych (np. białko drożdży, alg, bakterii, pleśni)
- Z preparatem (proszkiem) białkowym z nasion roślin oleistych (np. białko konopne, z rzepaku)
- Z preparatem (proszkiem) białkowym z nasion roślin strączkowych (np. preparat z grochu, łubinu)
- Z preparatem (proszkiem) białkowym z produktów ubocznych (np. białko serwatkowe)
- Z preparatem (proszkiem) białkowym pochodzącym z owadów
- Z innym dodatkiem białkowym (jakim?).....

11. Czy byłby Pan zainteresowany/ byłaby Pani zainteresowana zakupem chrupek (ekstrudatów) kukurydzianych z dodatkiem:

	Chrupki z dodatkiem	Zdecydowanie tak	Raczej Tak	Nie mam zdania	Raczej Nie	Zdecydowanie nie
1	Preparatu (proszku białkowego) z alg					
2	Preparatu (proszku białkowego) z drożdży					
3	Preparatu (proszku białkowego) z nasion roślin oleistych (innych niż konopie)					
4	Preparatu (proszku białkowego) z produktów ubocznych przemysłu mięsnego					
5	Preparatu (proszku białkowego) z nasion roślin strączkowych					
6	Preparatu (proszku białkowego) z larw mącznika					
7	Preparatu (proszku białkowego) z nasion konopi					
8	Preparatu (proszku białkowego) z serwatki					
9	Preparatu (proszku białkowego) ze świerszczy					

12. Czy podałby Pan/podałaby Pani dziecku w wieku 1-6 lat, którychś z zaproponowanych w pytaniu 11 produktów (w przypadku nie posiadania dzieci w wieku 1-6 lat proszę przejść do pytania 13).

- tak (które z wymienionych?).....
- nie

13. Jaką kwotę byłby Pan/ byłaby Pani w stanie wydać na 100-gramową paczkę chrupek z 1-4% dodatkiem białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł?

- Mniej niż 1,50 zł
- 1,50-2,50 zł
- 2,50-3,50 zł
- 3,50-5 zł
- Więcej niż 5 zł

14. Proszę o ustosunkowanie się do zawartych w tabeli stwierdzeń wpisując X przy wybranej kategorii.

	Zgadzam się całkowicie	Raczej się zgadzam	Nie mam zdania	Raczej się nie zgadzam	Całkowicie się nie zgadzam
Białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł charakteryzuje podobna do mięsa wartość odżywcza					
Białka ze pochodzące źródeł niekonwencjonalnych stanowią produkt niedostatecznie zbadany					
Produkcja białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł jest droższa niż produkcja mięsa					
Produkcja białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł ma mniejszy negatywny wpływ na środowisko niż produkcja mięsna					
Spożywanie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł jest często niebezpieczne dla zdrowia					
Obawiam się wystąpienia reakcji alergicznych po spożyciu białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł					
Większość białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł ma negatywne cechy sensoryczne (smak, zapach, tekstura)					
Odczuwam obawy/lęk wobec niektórych białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (jakich?).....					

15. Proszę o ustosunkowanie się do niniejszego stwierdzenia: nowy produkt żywnościowy (1 odpowiedź):

- Lubię mieć jako pierwszy/a
- Kupuję stosunkowo szybko, choć po pewnym namyśle
- Kupuję, gdy niektórzy znajomi już go wypróbowali
- Kupuję, gdy większość znajomych już go nabyła i pozytywnie ocenia
- Niechętnie kupuję
- Trudno powiedzieć

16. Proszę o ustosunkowanie się do zawartych w tabeli twierdzeń wpisując X przy wybranej kategorii.

	Zgadzam się całkowicie	Raczej się zgadzam	Nie mam zdania	Raczej się nie zgadzam	Całkowicie się nie zgadzam
Próbuję stale nowe i różne rodzaje pożywienia					
Nie ufam nowej żywności					
Jeżeli nie wiem, co to za żywność, nie spróbuję jej					
Lubię pożywienie z różnych krajów					
Pożywienie etniczne (egzotyczne) ma zbyt dziwaczny wygląd abym je jadł/ jadła					
Na przyjęciach próbuję nowych rodzajów pożywienia					
Obawiam się spożywać coś, czego do tej pory nie jadłem/jadłam					
Jestem szczególnie wybredny/wybredna w stosunku do żywności, którą będę jadł/jadła					
Jem prawie wszystko					
Chciałbym/chciałabym spożywać posiłki w nowych etnicznych restauracjach					

18. Metryczka

A. Wiek	<input type="checkbox"/> <18 lat	<input type="checkbox"/> 18-30 lat	<input type="checkbox"/> 31-50 lat	<input type="checkbox"/> 51-70 lat	<input type="checkbox"/>
	70+ lat				
B. Płeć					
	<input type="checkbox"/> Kobieta	<input type="checkbox"/> Mężczyzna			
C. Wykształcenie					
	<input type="checkbox"/> Podstawowe/gimnazjalne	<input type="checkbox"/> Zasadnicze zawodowe	<input type="checkbox"/> Średnie	<input type="checkbox"/> Wyższe	
D. Czy zdiagnozowano u Pani/Pana alergię lub nietolerancję pokarmową					
	<input type="checkbox"/> Tak, zostało to stwierdzone przez lekarza				
	<input type="checkbox"/> Nie, ale podejrzewam iż cierpię na nietolerancję/ jestem alergikiem				
	<input type="checkbox"/> Nie				

Zestawienie wyników analizy statystycznej (etap I badań)

Ocena postaw i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł.

Tabela 2.1. Zależność stopnia „lubienia” przekąsek od poziomu neofobii żywieniowej (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Neofobia	Stopień „lubienia” [%]				p
		Nie lubię	Ani lubię ani nie lubię	Lubię	Bardzo lubię	
Chipsy ziemniaczane	niska	6,85	12,33	31,51	49,32	0,163
	średnia	6,19	14,09	45,36	34,36	
	wysoka	8,93	7,14	50,00	33,93	
Chrupki kukurydziane bez dodatków	niska	14,71	17,65	45,59	22,06	0,686
	średnia	11,32	26,42	46,04	16,23	
	wysoka	15,69	21,57	45,10	17,65	
Chrupki kukurydziane słodkie	niska	37,70	19,67	32,79	9,84	0,480
	średnia	30,00	25,00	36,67	8,33	
	wysoka	24,39	19,51	39,02	17,07	
Chrupki kukurydziane wytrawne	niska	12,70	25,40	38,10	23,81	0,189
	średnia	17,72	26,16	44,73	11,39	
	wysoka	23,81	26,19	33,33	16,67	
Chrupki z innych zbóż	niska	9,62	28,85	48,08	13,46	0,042
	średnia	17,09	36,68	39,20	7,04	
	wysoka	35,48	25,81	35,48	3,23	
Krakersy	niska	11,11	18,06	45,83	25,00	0,219
	średnia	7,72	23,51	52,28	16,49	
	wysoka	16,36	16,36	49,09	18,18	
Orzeszki ziemne	niska	3,95	17,11	40,79	38,16	0,105
	średnia	6,38	14,54	54,96	24,11	
	wysoka	10,53	8,77	52,63	28,07	
Paluszki	niska	4,00	16,00	48,00	32,00	0,143
	średnia	6,90	12,76	58,97	21,38	
	wysoka	10,34	5,17	56,90	27,59	
Popcorn	niska	14,08	15,49	40,85	29,58	0,148
	średnia	8,00	20,73	49,09	22,18	
	wysoka	18,87	16,98	41,51	22,64	
Przekąski na bazie mięsa	niska	19,05	21,43	35,71	23,81	0,030
	średnia	19,87	34,44	31,13	14,57	
	wysoka	45,83	33,33	12,50	8,33	
Przekąski z nasion strączkowych	niska	12,00	28,00	42,00	18,00	0,004
	średnia	14,88	30,91	40,00	13,94	
	wysoka	50,00	27,27	18,18	4,55	
Suszone owoce, orzechy	niska	6,94	9,72	41,67	41,67	0,378
	średnia	7,64	13,82	44,00	34,55	
	wysoka	9,09	23,64	36,36	30,91	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.2. Zależność stopnia „lubienia” przekąsek od stopnia innowacyjności (wynik testu *chi-kwadrat*)

Produkt	Innowacyjność	Częstość [%]				P
		Nie lubię	Ani lubię ani nie lubię	Lubię	Bardzo lubię	
Chipsy ziemniaczane	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	7,77	8,74	28,16	55,34	0,002
	Wczesna większość naśladowców	1,12	12,36	50,56	35,96	
	Późna większość naśladowców	11,70	13,83	42,55	31,91	
	Maruderzy	4,00	8,00	52,00	36,00	
Chrupki kukurydziane bez dodatków	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	13,54	23,96	41,67	20,83	0,097
	Wczesna większość naśladowców	5,00	30,00	50,00	15,00	
	Późna większość naśladowców	19,23	11,54	51,28	17,95	
	Maruderzy	13,64	25,00	45,45	15,91	
Chrupki kukurydziane słodkie	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	34,48	21,84	32,18	11,49	0,722
	Wczesna większość naśladowców	22,54	21,13	49,30	7,04	
	Późna większość naśladowców	30,14	21,92	39,73	8,22	
	Maruderzy	29,41	23,53	35,29	11,76	
Chrupki kukurydziane wytrawne	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	16,67	17,78	44,44	21,11	0,901
	Wczesna większość naśladowców	17,81	24,66	42,47	15,07	
	Późna większość naśladowców	19,18	26,03	42,47	12,33	
	Maruderzy	20,51	23,08	43,59	12,82	
Chrupki z innych zbóż	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	15,00	28,75	45,00	11,25	0,339
	Wczesna większość naśladowców	20,34	37,29	40,68	1,69	
	Późna większość naśladowców	27,87	34,43	32,79	4,92	
	Maruderzy	17,39	34,78	39,13	8,70	
Krakersy	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	9,80	19,61	49,02	21,57	0,640
	Wczesna większość naśladowców	10,23	26,14	45,45	18,18	
	Późna większość naśladowców	10,23	20,45	59,09	10,23	
	Maruderzy	7,84	19,61	52,94	19,61	
Orzeszki ziemne	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	8,65	12,50	50,96	27,88	0,846
	Wczesna większość naśladowców	5,62	8,99	52,81	32,58	
	Późna większość naśladowców	6,32	14,74	55,79	23,16	
	Maruderzy	4,00	16,00	50,00	30,00	
Paluszki	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	7,69	15,38	49,04	27,88	0,280
	Wczesna większość naśladowców	2,30	5,75	63,22	28,74	
	Późna większość naśladowców	9,89	12,09	56,04	21,98	
	Maruderzy	6,00	14,00	56,00	24,00	
Popcorn	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	9,80	9,80	47,06	33,33	0,315
	Wczesna większość naśladowców	9,09	18,18	49,35	23,38	
	Późna większość naśladowców	10,84	18,07	46,99	24,10	
	Maruderzy	12,00	24,00	50,00	14,00	
Przekąski na bazie mięsa	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	21,54	20,00	33,85	24,62	0,218
	Wczesna większość naśladowców	19,15	38,30	27,66	14,89	
	Późna większość naśladowców	22,50	32,50	32,50	12,50	
	Maruderzy	39,13	30,43	26,09	4,35	
Przekąski z nasion strączkowych	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	17,81	20,55	45,21	16,44	0,135
	Wczesna większość naśladowców	14,29	34,69	42,86	8,16	
	Późna większość naśladowców	16,67	35,71	40,48	7,14	
	Maruderzy	27,78	50,00	11,11	11,11	
Suszone owoce, orzechy	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	10,10	10,10	43,43	36,36	0,607
	Wczesna większość naśladowców	4,71	12,94	45,88	36,47	
	Późna większość naśladowców	7,95	21,59	38,64	31,82	
	Maruderzy	8,33	16,67	43,75	31,25	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.3. Zależność stopnia „lubienia” przekąsek od postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Postawa	Stopień „lubienia” [%]				p
		Nie lubię	Ani lubię ani nie lubię	Lubię	Bardzo lubię	
Chipsy ziemniaczane	pozytywna	6,56	8,20	32,79	52,46	0,045
	ambiwalentna	5,4	13,22	44,41	36,95	
	negatywna	11,36	9,09	54,55	25,00	
Chrupki kukurydziane bez dodatków	pozytywna	22,41	22,41	36,21	18,97	0,146
	ambiwalentna	10,41	25,28	46,47	17,84	
	negatywna	18,42	15,79	52,63	13,16	
Chrupki kukurydziane słodkie	pozytywna	39,58	20,83	29,17	10,42	0,190
	ambiwalentna	30,99	25,21	35,12	8,68	
	negatywna	28,57	8,57	45,71	17,14	
Chrupki kukurydziane wytrawne	pozytywna	19,75	23,64	37,74	18,87	0,036
	ambiwalentna	14,77	28,69	41,77	14,77	
	negatywna	36,84	13,16	39,47	10,53	
Chrupki z innych zbóż	pozytywna	15,56	31,11	44,44	8,89	0,805
	ambiwalentna	19,19	35,35	37,37	8,08	
	negatywna	23,33	26,67	46,67	3,33	
Krakersy	pozytywna	12,90	22,58	46,77	17,74	0,387
	ambiwalentna	8,39	21,33	49,30	20,98	
	negatywna	16,28	18,60	55,81	9,30	
Orzeszki ziemne	pozytywna	11,11	9,52	53,97	25,40	0,132
	ambiwalentna	5,56	17,01	50,35	27,08	
	negatywna	11,36	4,55	50,00	34,09	
Paluszki	pozytywna	9,38	12,50	59,38	18,75	0,837
	ambiwalentna	6,08	11,82	55,41	26,69	
	negatywna	9,09	11,36	56,82	22,73	
Popcorn	pozytywna	12,90	16,13	43,55	27,42	0,881
	ambiwalentna	10,87	17,39	47,83	23,91	
	negatywna	7,32	24,39	46,34	21,95	
Przekąski na bazie mięsa	pozytywna	18,18	27,27	27,27	27,27	0,140
	ambiwalentna	21,68	34,27	32,17	11,89	
	negatywna	37,93	24,14	20,69	17,24	
Przekąski z nasion strączkowych	pozytywna	9,76	24,39	41,46	24,39	0,432
	ambiwalentna	18,99	31,01	37,34	12,66	
	negatywna	17,24	34,48	37,93	10,34	
Suszone owoce, orzechy	pozytywna	4,69	7,81	39,06	48,44	0,203
	ambiwalentna	9,19	16,18	40,44	34,19	
	negatywna	7,50	22,50	40,00	30,00	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.4. Zależność pomiędzy częstością spożycia produktów przekąskowych a poziomem neofobii żywieniowej

Produkt	Neofobia	Częstość [%]						P
		Nie próbowałem	Raz w m-cu lub rzadziej	Kilka razy w m-cu	Kilka razy w tyg.	Raz dziennie	Kilka razy dziennie	
Chipsy ziemniaczane	niska	4,11	39,73	43,84	9,59	2,74	0,00	0,202
	średnia	1,71	43,69	32,08	15,70	4,44	2,39	
	wysoka	3,51	50,88	28,07	17,54	0,00	0,00	
Chrupki kukurydziane bez dodatków	niska	9,59	68,49	13,70	6,85	0,00	1,37	0,670
	średnia	9,44	55,59	17,83	12,59	3,50	1,05	
	wysoka	9,09	61,82	16,36	10,91	1,82	0,00	
Chrupki kukurydziane słodkie	niska	16,90	73,24	8,45	1,41	0,00	0,00	0,324
	średnia	18,37	60,42	10,60	7,42	1,77	1,41	
	wysoka	24,07	53,70	12,96	9,26	0,00	0,0	
Chrupki kukurydziane wytrawne	niska	18,06	55,56	22,22	4,17	0,00	0,00	0,485
	średnia	19,50	50,35	18,79	8,16	1,42	1,77	
	wysoka	24,07	40,74	20,37	11,11	3,70	0,00	
Chrupki z innych zbóż	niska	30,00	51,43	15,71	1,43	1,43%	0,00	0,358
	średnia	31,45	45,94	12,72	5,30	3,18	1,41	
	wysoka	43,40	47,17	5,66	3,77	0,00	0,00	
Krakersy	niska	4,23	53,52	32,39	9,86	0,00	0,00	0,607
	średnia	2,75	60,82	22,68	8,59	3,44	1,72	
	wysoka	1,79	58,93	23,21	12,50	1,79	1,79	
Orzeszki ziemne	niska	0,00	48,00	33,33	13,33	4,00	1,33	0,866
	średnia	3,81	46,71	31,14	13,49	2,42	2,42	
	wysoka	3,39	49,15	32,20	11,86	3,39	0,00	
Paluszki	niska	1,33	48,00	30,67	13,33	5,33	1,33	0,798
	średnia	2,41	44,67	32,30	15,46	2,41	2,75	
	wysoka	0,00	44,83	32,76	18,97	3,45	0,00	
Popcorn	niska	5,71	52,86	32,86	7,14	1,43	0,00	0,793
	średnia	7,50	53,21	25,00	10,71	2,50	1,07	
	wysoka	10,71	55,36	25,00	5,36	3,57	0,00	
Przekąski na bazie mięsa	niska	45,21	42,47	9,59	2,74	0,00	0,00	0,151
	średnia	50,88	28,42	10,53	8,07	1,05	1,05	
	wysoka	57,89	33,33	7,02	0,00	1,75	0,00	
Przekąski z nasion strączkowych	niska	34,72	43,06	19,44	1,39	0,00	1,39	0,008
	średnia	46,34	28,22	13,59	8,01	2,79	1,05	
	wysoka	61,82	30,91	5,45	1,82	0,00	0,00	
Suszone owoce, orzechy	niska	5,19	36,36	25,97	20,78	6,49	5,19	0,839
	średnia	6,42	36,15	23,65	22,64	8,11	2,36	
	wysoka	6,78	44,07	20,34	20,34	8,47	0,00	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.5. Zależność pomiędzy częstością spożycia produktów przekąskowych a innowacyjnością

Produkt	Innowacyjność	Częstość [%]						P
		0	1	2	3	4	5	
Chipsy ziemniaczane	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	0,97	33,98	39,81	13,59	9,71	1,94	0,049
	Wczesna większość naśladowców	2,20	36,26	37,36	19,78	3,30	1,10	
	Późna większość naśladowców	1,09	50,00	33,70	14,13	1,09	0,00	
	Maruderzy	5,77	48,08	28,85	9,62	5,77	1,92	
Chrupki kukurydziane bez dodatków	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	8,83	52,34	16,50	16,50	1,94	3,88	0,031
	Wczesna większość naśladowców	5,81	51,33	26,74	14,79	2,33	0,00	
	Późna większość naśladowców	13,64	61,36	12,50	9,09	3,41	0,00	
	Maruderzy	13,73	60,78	13,73	5,88	5,88	0,00	
Chrupki kukurydziane słodkie	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	15,69	60,78	11,76	7,84	1,96	1,96	0,550
	Wczesna większość naśladowców	14,63	62,20	10,98	10,98	1,22	0,00	
	Późna większość naśladowców	18,60	66,28	10,47	3,49	1,16	0,00	
	Maruderzy	30,61	51,02	8,16	6,12	2,0	2,04	
Chrupki kukurydziane wytrawne	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	12,12	51,52	21,21	11,11	2,02	2,02	0,395
	Wczesna większość naśladowców	13,58	48,15	27,16	8,64	2,47	0,00	
	Późna większość naśladowców	18,39	51,72	22,99	4,60	1,1	1,15	
	Maruderzy	26,53	48,98	8,16	10,20	4,08	2,04	
Chrupki z innych zbóż	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	23,76	51,49	16,83	4,95	1,98	0,99	0,040
	Wczesna większość naśladowców	26,83	50,00	10,98	9,76	2,44%	0,00	
	Późna większość naśladowców	32,53	50,60	12,05	1,20	2,4	1,20	
	Maruderzy	53,06	36,73	2,04	4,08	4,08%	0,00	
Krakersy	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	1,96	56,86	21,57	13,73	2,9	2,94	0,487
	Wczesna większość naśladowców	1,16	58,14	26,74	10,47	3,49	0,00	
	Późna większość naśladowców	2,15	58,06	32,26	5,38	1,08	1,08	
	Maruderzy	4,00	60,00	16,00	12,00	6,00	2,00	
Orzeszki ziemne	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	0,96	44,23	31,73	14,42	5,77	2,88	0,294
	Wczesna większość naśladowców	3,30	36,26	41,76	15,38	2,20	1,10	
	Późna większość naśladowców	1,05	55,79	27,37	10,53	2,11	3,16	
	Maruderzy	1,96	50,98	23,53	19,61	3,92	0,00	
Paluszki	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	0,96	40,38	29,81	18,27	4,81	5,77	0,339
	Wczesna większość naśladowców	2,30	35,63	36,78	19,54	5,75	0,00	
	Późna większość naśladowców	2,17	50,00	29,35	14,13	2,17	2,17	
	Maruderzy	0,00	50,00	26,00	18,00	6,00	0,00	
Popcorn	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	6,02	40,44	33,33	15,15	3,03	2,02	0,046
	Wczesna większość naśladowców	11,11	43,21	29,63	12,35	3,70	0,00	
	Późna większość naśladowców	12,36	50,56	25,84	8,99	2,25	0,00	
	Maruderzy	8,00	62,00	16,00	6,00	8,00	0,00	
Przekąski na bazie mięsa	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	40,20	34,31	11,76	10,78	0,98	1,96	0,542
	Wczesna większość naśladowców	50,59	25,88	14,12	7,06	2,35	0,00	
	Późna większość naśladowców	57,78	26,67	10,00	3,33	1,1	1,11	
	Maruderzy	55,10	30,61	8,16	6,12	0,00	0,00	
Przekąski z nasion strączkowych	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	32,35	33,33	18,63	10,78	3,92	0,98	0,044
	Wczesna większość naśladowców	47,06	25,88	17,65	7,06	1,18	1,18	
	Późna większość naśladowców	52,81	30,34	12,36	3,37	1,12	0,00	
	Maruderzy	66,00	22,00	6,00	2,00	4,00	0,00	
Suszone owoce, orzechy	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	5,71	34,29	20,95	25,71	10,48	2,86	0,625
	Wczesna większość	6,45	32,26	25,81	25,81	4,30	4,30	
	Późna większość naśladowców	7,45	44,68	20,21	19,15	5,32	2,13	
	Maruderzy	7,55	35,85	28,30	13,21	11,32	3,77	

Źródło: badania własne.

gdzie:

- 0 - nie próbowałem,
- 1 - raz w miesiącu lub rzadziej,
- 2 - Kilka razy w miesiącu,
- 3 - Kilka razy w tygodniu,
- 4 - Raz dziennie,
- 5 - Kilka razy dziennie.

Tabela 2.6. Zależność częstości spożywania przekąsek od postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Postawa wobec NŻB	Częstość						p
		Nie próbowałem	Raz w m-cu lub rzadziej	Kilka razy w m-cu	Kilka razy w tyg.	Raz dziennie	Kilka razy dziennie	
Chipsy ziemniaczane	Pozytywna	4,92	40,98	32,79	14,75	6,56	0,00	0,511
	Ambiwalentna	2,01	40,13	36,79	15,72	3,34	2,01	
	Negatywna	0,0	50,00	27,27	15,91	6,82	0,00	
Chrupki kukurydziane bez dodatków	Pozytywna	6,56	68,85	9,84	9,84	1,64	3,28	0,384
	Negatywna	9,66	57,59	18,62	11,38	2,07	0,69	
	Ambiwalentna	11,63	53,49	13,95	16,28	4,65	0,00	
Chrupki kukurydziane słodkie	Pozytywna	23,73	62,71	6,78	5,08	0,00	1,69	0,332
	Negatywna	18,06	62,50	11,46	6,60	0,69	0,69	
	Ambiwalentna	18,60	55,81	9,30	11,63	4,65	0,00	
Chrupki kukurydziane wytrawne	Pozytywna	15,79	57,89	19,30	1,75	3,51	1,75	0,502
	Negatywna	19,79	49,65	19,44	7,99	2,08	1,04	
	Ambiwalentna	11,63	53,49	20,93	13,95	0,00	0,00	
Chrupki z innych zbóż	Pozytywna	28,81	52,54	6,78	6,78	3,39	1,69	0,522
	Negatywna	32,75	49,30	11,62	3,52	2,11	0,70	
	Ambiwalentna	32,56	37,21	20,93	6,98	2,33	0,00	
Krakersy	Pozytywna	3,23	61,29	20,97	8,06	4,84	1,61	0,905
	Negatywna	3,08	59,59	23,29	9,25	3,08	1,71	
	Ambiwalentna	0,00	63,64	27,27	9,09	0,00	0,00	
Orzeszki ziemne	Pozytywna	1,61	45,16	35,48	11,29	1,61	4,84	0,452
	Negatywna	3,72	48,65	28,38	13,51	3,72	2,03	
	Ambiwalentna	0,00	45,45	38,64	15,91	0,00	0,00	
Paluszki	Pozytywna	0,00	58,33	21,67	10,00	6,67	3,33	0,297
	Negatywna	1,34	43,96	32,55	17,79	2,68	1,68	
	Ambiwalentna	0,00	38,64	38,64	15,91	4,55	2,27	
Popcorn	Pozytywna	1,75	54,39	28,07	10,53	3,51	1,75	0,792
	Negatywna	8,33	52,78	26,74	8,68	3,13	0,35	
	Ambiwalentna	6,82	50,00	27,27	13,64	2,27	0,00	
Przekąski na bazie mięsa	Pozytywna	50,00	29,31	8,62	6,90	1,72	3,45	0,118
	Negatywna	53,74	30,61	8,84	5,4	1,02	0,34	
	Ambiwalentna	32,56	41,86	16,28	9,30	0,00	0,00	
Przekąski z nasion strączkowych	Pozytywna	37,29	30,51	22,03	5,08	1,69	3,39	0,176
	Negatywna	47,95	31,85	11,64	6,16	1,71	0,68	
	Ambiwalentna	32,56	34,88	18,60	9,30	4,65	0,00	
Suszone owoce, orzechy	Pozytywna	0,00	29,23	21,54	30,77	12,31	6,15	0,046
	Negatywna	8,33	39,67	23,67	20,33	6,00	2,00	
	Ambiwalentna	6,98	44,19	18,60	20,93	9,30	0,00	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.7. Zależność częstości spożywania przekąsek przy różnych okazjach od poziomu neofobii żywieniowej (wynik testu *chi*-kwadrat)

Typ okazji	Neofobia	Częstość [%]				P
		Bardzo często	Sporo razy	Okazyjnie	Nigdy	
W podróży	niska	41,10	19,18	32,88	6,85	0,026
	średnia	26,19	23,81	42,18	7,82	
	wysoka	18,52	16,67	48,15	16,67	
Rozrywki	niska	48,65	21,62	22,97	6,76	0,605
	średnia	38,10	29,25	27,55	5,10	
	wysoka	38,60	26,32	31,58	3,51	
Spotkania towarzyskie	niska	45,33	28,00	20,00	2,67	0,135
	średnia	36,18	30,72	27,99	2,73	
	wysoka	38,60	26,32	21,05	10,53	
Emocje	niska	33,78	21,62	28,38	16,22	0,086
	średnia	21,88	26,39	38,54	13,19	
	wysoka	23,21	17,86	33,93	25,00	
Po wysiłku	niska	5,48	10,96	47,95	35,62	0,201
	średnia	5,61	16,14	38,95	39,30	
	wysoka	12,96	9,26	33,33	44,44	
Inne	niska	18,75	6,25	14,58	60,42	0,300
	średnia	9,80	13,73	24,02	52,45	
	wysoka	10,00	15,00	17,50	57,50	

Zródło: badania własne.

Tabela 2.8. Zależność częstości spożywania przekąsek przy różnych okazjach od stopnia innowacyjności (wynik testu *chi*-kwadrat)

Typ okazji	Innowacyjność	Częstość [%]				P
		Bardzo często	Sporo razy	Okazyjnie	Nigdy	
W podróży	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	34,00	33,00	24,00	9,00	0,066
	Wczesna większość naśladowców	34,62	24,36	25,64	15,38	
	Późna większość naśladowców	27,13	27,91	26,36	18,60	
	Maruderzy	22,22	7,41	48,15	22,22	
Rozrywki	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	35,66	25,87	22,38	16,08	0,430
	Wczesna większość naśladowców	29,47	30,53	28,42	11,58	
	Późna większość naśladowców	25,00	26,25	32,50	16,25	
	Maruderzy	17,65	17,65	41,18	23,53	
Spotkania towarzyskie	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	34,23	26,1	27,52	12,08	0,612
	Wczesna większość naśladowców	30,00	27,78	26,67	15,56	
	Późna większość naśladowców	23,38	25,97	33,77	16,88	
	Maruderzy	11,11	44,44	11,11	33,33	
Emocje	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	36,90	32,14	19,05	11,90	0,703
	Wczesna większość naśladowców	32,53	24,10	30,12	13,25	
	Późna większość naśladowców	27,68	28,57	28,57	15,18	
	Maruderzy	26,67	24,44	31,11	17,78	
Po wysiłku	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	29,17	29,17	20,83	20,83	0,784
	Wczesna większość naśladowców	37,25	27,45	23,53	11,76	
	Późna większość naśladowców	35,94	22,66	25,78	15,63	
	Maruderzy	26,05	27,73	31,09	15,13	
Inne	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	40,00	30,00	23,33	6,67	0,485
	Wczesna większość naśladowców	31,25	21,88	34,38	12,50	
	Późna większość naśladowców	46,51	18,60	18,60	16,28	
	Maruderzy	28,69	24,59	30,33	16,39	

Zródło: badania własne.

Tabela 2.9. Zależność częstości spożywania przekąsek przy różnych okazjach od postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)

Typ okazji	Postawa wobec NŻB	Częstość [%]				P
		Bardzo często	Sporo razy	Okazyjnie	Nigdy	
W podróży	Pozytywna	38,33	18,33	31,67	11,67	0,125
	Negatywna	26,33	23,33	43,33	7,00	
	Ambiwalentna	23,91	23,26	36,56	16,28	
Rozrywki	Pozytywna	47,46	16,95	28,81	6,78	0,502
	Negatywna	41,75	28,96	24,24	5,05	
	Ambiwalentna	32,56	32,56	27,91	6,98	
Spotkania towarzyskie	Pozytywna	48,33	21,67	23,33	3,33	0,169
	Negatywna	39,53	30,74	23,99	3,04	
	Ambiwalentna	27,27	29,55	27,27	11,36	
Emocje	Pozytywna	29,82	14,04	40,35	15,79	0,377
	Negatywna	24,32	26,35	36,49	12,84	
	Ambiwalentna	19,05	33,33	30,95	16,67	
Po wysiłku	Pozytywna	6,90	8,62	41,38	43,10	0,408
	Negatywna	6,85	15,41	40,75	36,99	
	Ambiwalentna	11,90	21,43	38,10	28,57	
Inne	Pozytywna	17,14	14,29	14,29	54,29	0,701
	Negatywna	11,63	13,02	19,53	55,81	
	Ambiwalentna	6,67	13,33	30,00	50,00	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.10. Zależność ważności cech produktu od stopnia neofobii żywieniowej (wynik testu *chi*-kwadrat)

Parametr	Neofobia	Ważność [%]				P
		Bardzo ważne	Ważne	Mało ważne	Nieważne	
Smak	niska	82,67	16,00	1,33	0,00	0,115
	średnia	72,32	24,91	1,73	1,04	
	wysoka	89,29	10,71	0,00	0,00	
Tekstura	niska	27,40	45,21	23,29	4,11	0,837
	średnia	21,71	50,89	22,78	4,63	
	wysoka	27,78	40,74	25,93	5,56	
Wygląd	niska	16,22	39,19	36,49	8,11	0,026
	średnia	25,09	46,22	26,56	3,14	
	wysoka	28,57	46,64	21,21	3,57	
Zapach	niska	40,54	40,54	16,22	2,70	0,337
	średnia	45,24	44,90	8,84	1,02	
	wysoka	43,86	49,12	7,02	0,00	
Wartość odżywcza	niska	28,95	28,26	31,58	11,21	0,041
	średnia	29,35	39,25	23,89	7,51	
	wysoka	25,45	30,27	24,27	20,00	
Skład	niska	34,67	33,33	21,33	10,67	0,142
	średnia	33,11	39,93	21,50	5,46	
	wysoka	33,33	25,93	25,93	14,81	
Trwałość	niska	16,00	28,00	41,33	14,67	0,004
	średnia	24,57	45,33	23,53	6,57	
	wysoka	23,64	41,18	22,45	12,73	
Wpływ na środowisko	niska	13,16	33,16	38,16	15,53	0,042
	średnia	18,88	44,29	31,83	13,00	
	wysoka	7,41	35,19	33,33	24,07	
Dostępność	niska	41,33	26,67	21,33	10,67	0,222
	średnia	52,25	17,99	24,91	4,84	
	wysoka	46,43	25,00	21,43	7,14	
Marka	niska	6,76	22,97	45,95	24,32	0,001
	średnia	17,42	36,93	35,89	9,76	
	wysoka	23,64	29,09	32,73	14,55	
Cena	niska	38,16	42,11	13,16	6,58	0,253
	średnia	35,03	47,28	15,65	2,04	
	wysoka	40,00	47,27	7,27	5,45	
Opakowanie	niska	9,33	29,33	37,33	24,00	0,006
	średnia	10,14	37,06	40,91	11,89	
	wysoka	3,64	18,18	56,36	21,82	
Polecenie	niska	12,00	34,67	38,67	14,67	0,162
	średnia	10,73	41,18	34,26	13,84	
	wysoka	9,09	23,64	41,82	25,45	
Reklama	niska	0,00	10,81	52,70	36,49	0,003
	średnia	3,85	20,28	46,85	29,02	
	wysoka	5,45	5,45	38,18	50,91	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.11. Zależność ważności cech produktu od stopnia innowacyjności (wynik testu *chi*-kwadrat)

Parametr	Innowacyjność	Ważność [%]				P
		Bardzo ważne	Ważne	Mało ważne	Nieważne	
Smak	Innowatorzy i wcześnie	80,00	19,00	0,00	1,00	0,451
	Wczesna większość naśladowców	74,73	23,08	2,20	0,00	
	Późna większość naśladowców	77,66	21,28	0,00	1,06	
	Maruderzy	71,15	28,85	0,00	0,00	
Tekstura	Innowatorzy i wcześnie	24,51	55,88	17,65	1,96	0,130
	Wczesna większość naśladowców	20,00	53,75	21,25	5,00	
	Późna większość naśladowców	27,59	40,23	27,59	4,60	
	Maruderzy	33,33	31,25	27,08	8,33	
Wygląd	Innowatorzy i wcześnie	20,59	44,12	30,39	4,90	0,766
	Wczesna większość naśladowców	27,38	46,43	22,62	3,57	
	Późna większość naśladowców	27,78	51,11	18,89	2,22	
	Maruderzy	28,00	46,00	22,00	4,00	
Zapach	Innowatorzy i wcześnie	49,04	42,31	8,65	0,00	0,930
	Wczesna większość naśladowców	41,57	49,44	7,87	1,12	
	Późna większość naśladowców	44,09	47,31	7,53	1,08	
	Maruderzy	44,23	42,31	11,54	1,92	
Wartość odżywcza	Innowatorzy i wcześnie	27,18	40,78	23,30	8,74	0,240
	Wczesna większość naśladowców	34,09	32,95	29,55	3,41	
	Późna większość naśladowców	25,00	34,78	28,26	11,96	
	Maruderzy	28,00	32,00	22,00	18,00	
Skład	Innowatorzy i wcześnie	36,27	41,18	14,71	7,84	0,122
	Wczesna większość naśladowców	37,50	37,50	25,00	0,00	
	Późna większość naśladowców	30,11	35,48	26,88	7,53	
	Maruderzy	33,33	35,29	19,61	11,76	
Trwałość	Innowatorzy i wcześnie	21,36	35,92	29,13	13,59	0,349
	Wczesna większość naśladowców	25,84	46,07	25,84	2,25	
	Późna większość naśladowców	22,73	43,18	26,14	7,95	
	Maruderzy	28,00	38,00	26,00	8,00	
Wpływ na środowisko	Innowatorzy i wcześnie	17,65	43,14	30,39	8,82	0,435
	Wczesna większość naśladowców	15,73	40,45	39,33	4,49	
	Późna większość naśladowców	14,61	38,20	34,83	12,36	
	Maruderzy	14,29	38,78	28,57	18,37	
Dostępność	Innowatorzy i wcześnie	52,43	27,18	13,59	6,80	0,089
	Wczesna większość naśladowców	53,41	19,32	25,00	2,27	
	Późna większość naśladowców	50,55	13,19	30,77	5,49	
	Maruderzy	43,75	27,08	18,75	10,42	
Marka	Innowatorzy i wcześnie	15,53	35,92	38,83	9,71	0,402
	Wczesna większość naśladowców	17,44	41,86	34,88	5,81	
	Późna większość naśladowców	14,29	32,97	37,36	15,38	
	Maruderzy	23,40	31,91	27,66	17,02	
Cena	Innowatorzy i wcześnie	37,50	48,08	11,54	2,88	0,806
	Wczesna większość naśladowców	43,96	41,76	13,19	1,10	
	Późna większość naśladowców	33,70	46,74	15,22	4,35	
	Maruderzy	40,00	50,00	8,00	2,00	
Opakowanie	Innowatorzy i wcześnie	11,11	34,34	39,39	15,15	0,287
	Wczesna większość naśladowców	9,20	39,08	47,13	4,60	
	Późna większość naśladowców	9,89	28,57	43,96	17,58	
	Maruderzy	10,42	31,25	37,50	20,83	
Polecenie	Innowatorzy	12,62	51,75	31,07	4,56	0,036
	Nabywcy wcześnie	7,14	51,19	35,71	5,95	
	Wczesna większość	14,13	31,52	40,22	14,13	
	Maruderzy	10,42	27,08	37,50	25,00	
Reklama	Innowatorzy	4,00	20,00	42,00	34,00	0,008
	Nabywcy wcześnie	3,45	20,29	56,32	19,94	
	Wczesna większość	4,44	15,5	46,67	33,33	
	Maruderzy	2,13	8,51	38,30	51,06	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.12. Zależność ważności cech produktu od postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)

Parametr	Postawa wobec NŻB	Ważność				
		Bardzo	Ważne	Mało ważne	Nieważne	
Smak	Pozytywna	83,08	15,38	1,54	0,00	0,481
	Ambiwalentna	76,45	21,16	1,71	0,68	
	Negatywna	69,05	28,57	0,00	2,38	
Tekstura	Pozytywna	25,42	49,15	23,73	1,69	0,850
	Ambiwalentna	23,16	48,07	23,16	5,61	
	Negatywna	27,50	40,00	27,50	5,00	
Wygląd	Pozytywna	21,67	35,00	40,00	3,33	0,105
	Ambiwalentna	22,53	50,51	22,18	4,78	
	Negatywna	32,56	41,86	20,93	4,65	
Zapach	Pozytywna	43,55	40,32	14,52	1,61	0,538
	Ambiwalentna	42,62	47,65	8,72	1,01	
	Negatywna	48,84	34,88	13,95	2,33	
Wartość odżywcza	Pozytywna	33,87	30,65	24,19	11,29	0,610
	Ambiwalentna	27,27	37,04	27,27	8,42	
	Negatywna	25,58	41,86	18,60	13,95	
Skład	Pozytywna	38,71	37,10	16,13	8,06	0,816
	Ambiwalentna	32,44	36,45	24,41	6,69	
	Negatywna	33,33	38,10	19,05	9,52	
Trwałość	Pozytywna	21,67	35,00	26,67	16,67	0,236
	Ambiwalentna	23,05	43,05	27,12	6,78	
	Negatywna	23,26	46,51	18,60	11,63	
Wpływ na środowisko	Pozytywna	18,03	37,70	36,07	8,20	0,294
	Ambiwalentna	11,82	43,58	34,46	10,14	
	Negatywna	19,05	33,33	28,57	19,05	
Dostępność	Pozytywna	27,87	36,07	31,15	4,92	0,204
	Ambiwalentna	20,47	53,02	20,47	6,04	
	Negatywna	15,91	50,00	27,27	6,82	
Marka	Pozytywna	13,79	25,86	44,83	15,52	0,803
	Ambiwalentna	16,95	34,92	35,59	12,54	
	Negatywna	18,18	31,82	36,36	13,64	
Cena	Pozytywna	38,71	41,94	16,13	3,23	0,554
	Ambiwalentna	37,33	47,00	13,33	2,33	
	Negatywna	27,91	53,49	11,63	6,98	
Opakowanie	Pozytywna	14,04	29,82	38,60	17,54	0,523
	Ambiwalentna	7,74	32,66	45,45	14,14	
	Negatywna	11,90	35,71	33,33	19,05	
Polecenie	Pozytywna	13,56	32,20	33,90	20,34	0,738
	Ambiwalentna	9,76	39,73	36,03	14,48	
	Negatywna	14,29	35,71	38,10	11,90	
Reklama	Pozytywna	1,69	10,17	47,46	40,68	0,301
	Ambiwalentna	3,40	17,69	46,94	31,97	
	Negatywna	4,76	26,19	47,62	21,43	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.13. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych białkiem od poziomu neofobii (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Razem	Poziom neofobii			p
		Niski	Średni	Wysoki	
Batony białkowe	15,9	26,0	14,0	13,6	0,044
Ciastka wzbogacane białkiem	6,7	10,4	6,5	3,4	0,261
Produkty mleczne wzbogacane białkiem	20,7	28,6	18,3	20,3	0,135
Preparaty białkowe w proszku	8,8	13,0	8,8	8,5	0,516
Suplementy i tabletki	5,3	7,8	4,9	0,0	0,104
Produkty przekąskowe wzbogacane białkiem	15,1	20,8	11,8	10,2	0,046

Źródło: badania własne.

Tabela 2.14. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych białkiem od innowacyjności konsumentów (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Stopień innowacyjności				p
	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	Wczesna większość naśladowców	Późna większość naśladowców	Maruderzy	
Batony białkowe	28,6	14,7	13,3	12,1	0,003
Ciastka wzbogacane białkiem	10,5	9,4	4,1	7,1	0,354
Produkty mleczne wzbogacane białkiem	25,7	26,0	16,3	14,3	0,134
Preparaty białkowe w proszku	15,2	6,2	5,1	5,4	0,030
Suplementy i tabletki	7,6	3,1	4,1	1,8	0,285
Produkty przekąskowe wzbogacane białkiem	14,3	15,6	19,4	12,5	0,661

Źródło: badania własne.

Tabela 2.15. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych białkiem postawy konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Postawa wobec NŻB			p
	Pozytywna	Ambiwalentna	Negatywna	
Batony białkowe	27,3	16,3	20,4	0,109
Ciastka wzbogacane białkiem	9,1	7,5	4,6	0,671
Produkty mleczne wzbogacane białkiem	28,8	17,3	29,6	0,032
Preparaty białkowe w proszku	15,2	8,5	13,6	0,189
Suplementy i tabletki	12,1	3,3	4,8	0,010
Produkty przekąskowe wzbogacane białkiem	10,6	14,0	15,9	0,688

Źródło: badania własne.

Tabela 2.16. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych w preparaty białkowe pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł od poziomu neofobii (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Poziom neofobii			p
	Niski	Średni	Wysoki	
Preparat białkowy z organizmów jednokomórkowych	10,4	6,5	3,4	0,261
Preparat białkowy z nasion roślin oleistych	14,3	7,5	6,8	0,144
Preparat białkowy z nasion roślin strączkowych	18,2	5,6	1,7	<0,001
Preparat białkowy z produktów ubocznych	14,3	6,9	5,1	0,047

Źródło: badania własne.

Tabela 2.17. Zależność rodzaju spożywanego produktu wzbogacanego w preparaty białkowe pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł od innowacyjności konsumentów (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Stopień innowacyjności				P
	Innowatorzy i wcześni naśladowcy	Wczesna większość naśladowców	Późna większość naśladowców	Maruderzy	
Preparat białkowy z organizmów jednokomórkowych	7,6	10,4	5,1	3,6	0,345
Preparat białkowy z nasion roślin oleistych	8,6	13,5	4,1	7,1	0,124
Preparat białkowy z nasion roślin strączkowych	14,3	8,3	2,0	1,1	<0,001
Preparat białkowy z produktów ubocznych	12,4	5,2	6,1	1,1	0,021

Źródło: badania własne.

Tabela 2.18. Zależność rodzaju spożywanego produktu wzbogacanego w preparaty białkowe pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł od postaw konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)

Produkt	Postawa wobec NŻB			p
	Pozytywna	Ambiwalentna	Negatywna	
Preparat białkowy z organizmów jednokomórkowych	9,1	6,2	2,3	0,350
Preparat białkowy z nasion roślin oleistych	12,1	6,9	14,9	0,075
Preparat białkowy z nasion roślin strączkowych	16,7	6,2	2,3	0,005
Preparat białkowy z produktów ubocznych	12,1	7,8	4,6	0,335

Źródło: badania własne.

Tabela 2.19. Zależność zainteresowania zakupem ekstraktów kukurydzianych z dodatkiem wybranych preparatów białkowych od poziomu neofobii (wynik testu *chi*-kwadrat)

Preparat	Poziom neofobii	Stopień zainteresowania zakupem [%]					p
		Zdecydowanie nie	Raczej nie	Nie mam zdania	Raczej tak	Zdecydowanie tak	
Z alg	niska	17,11	13,16	21,05	40,79	7,89	<0,001
	średnia	16,27	25,42	31,53	20,68	6,10	
	wysoka	29,31	31,03	25,86	12,07	1,72	
Z drożdży	niska	18,42	18,42	34,21	25,00	3,95	0,047
	średnia	16,27	26,78	34,24	17,97	4,75	
	wysoka	25,86	37,93	27,59	6,90	1,72	
Z nasion roślin oleistych	niska	15,79	10,53	28,95	35,53	9,21	0,043
	średnia	14,29	23,81	28,23	27,89	5,78	
	wysoka	22,81	31,58	26,32	15,79	3,51	
Z produktów ubocznych przem. mięsnego	niska	47,37	22,37	18,42	9,21	2,63	0,007
	średnia	40,61	29,93	17,21	11,22	1,02	
	wysoka	46,55	37,93	12,07	1,72	1,72	
Z nasion roślin strączkowych	niska	14,47	10,53	22,37	36,84	15,79	<0,001
	średnia	14,68	21,50	30,38	28,67	4,78	
	wysoka	26,32	33,33	19,30	14,04	7,02	
Z larw mącznika	niska	43,42	25,00	21,05	9,21	1,32	0,028
	średnia	34,46	28,72	27,70	7,43	1,69	
	wysoka	58,62	25,86	15,52	0,00	0,00	
Z nasion konopi	niska	17,11	17,11	21,05	32,89	11,84	0,050
	średnia	20,68	23,39	29,49	21,36	5,08	
	wysoka	24,14	31,03	25,86	13,79	5,17	
Z serwatki	niska	22,37	18,42	23,68	27,63	7,89	0,102
	średnia	20,00	21,36	30,85	22,37	5,42	
	wysoka	31,03	32,76	18,97	13,79	3,45	
Ze świerzczy	niska	46,75	16,88	23,38	7,79	5,19	0,024
	średnia	37,50	27,03	25,34	8,11	2,03	
	wysoka	53,45	31,03	15,52	0,00	0,00	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.20. Zależność zainteresowania zakupem ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem wybranych preparatów białkowych innowacyjności konsumentów (wynik testu *chi*-kwadrat)

Preparat	Innowacyjność	Stopień zainteresowania zakupem					p
		Zdecydowanie nie	Raczej nie	Nie mam zdania	Raczej tak	Zdecydowanie tak	
Z alg	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	16,35	13,46	23,08	37,50	9,62	<0,001
	Wczesna większość naśladowców	8,89	30,00	33,33	24,44	3,33	
	Późna większość naśladowców	13,83	26,60	36,17	19,15	4,26	
	Maruderzy	29,09	34,55	25,45	9,09	1,82	
Z drożdży	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	16,50	19,42	34,95	26,21	2,91	0,186
	Wczesna większość naśladowców	11,24	29,21	34,83	20,22	4,49	
	Późna większość naśladowców	15,96	28,72	30,85	18,09	6,38	
	Maruderzy	27,78	33,33	24,07	12,96	1,85	
Z nasion roślin oleistych	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	15,53	15,53	25,24	33,01	10,68	0,046
	Wczesna większość naśladowców	8,99	22,47	29,21	34,83	4,49	
	Późna większość naśladowców	11,96	20,65	29,35	34,78	3,26	
	Maruderzy	21,82	34,55	21,82	16,36	5,45	
Z produktów ubocznych przem. mięsnego	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	33,98	24,27	22,33	15,53	3,88	0,156
	Wczesna większość naśladowców	29,21	32,58	26,97	11,24	0,00	
	Późna większość naśladowców	35,48	36,56	20,43	6,45	1,08	
	Maruderzy	43,64	30,91	20,00	3,64	1,82	
Z nasion roślin strączkowych	Innowatorzy	14,42	15,38	19,23	36,54	14,42	<0,001
	Wczesna większość naśladowców	8,99	14,61	37,08	32,58	6,74	
	Późna większość naśladowców	11,96	27,17	25,00	30,43	5,43	
	Maruderzy	28,30	28,30	22,64	16,98	3,77	
Z larw mącznika	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	40,78	20,39	23,30	11,65	3,88	0,092
	Wczesna większość naśladowców	28,57	32,97	31,87	5,49	1,10	
	Późna większość naśladowców	41,94	30,11	19,35	7,53	1,08	
	Maruderzy	46,43	32,14	16,07	5,36	0,00	
Z nasion konopi	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	16,50	15,53	25,24	31,07	11,65	<0,001
	Wczesna większość naśladowców	12,50	21,59	36,36	22,73	6,82	
	Późna większość naśladowców	21,51	27,96	26,43	20,81	3,30	
	Maruderzy	33,33	37,04	20,37	3,70	5,56	
Z serwatki	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	20,39	13,59	27,18	29,13	9,71	0,003
	Wczesna większość naśladowców	12,36	22,47	38,20	21,35	5,62	
	Późna większość naśladowców	19,35	29,03	23,66	25,81	2,15	
	Maruderzy	33,93	28,57	19,64	10,71	7,14	
Ze świerszczy	Innowatorzy i wcześnie naśladowcy	46,15	10,46	24,04	11,65	7,69	0,001
	Wczesna większość naśladowców	28,57	31,87	28,57	10,99	0,00	
	Późna większość naśladowców	41,49	31,91	18,09	6,38	2,13	
	Maruderzy	46,43	32,14	16,07	5,36	0,00	

Źródło: badania własne.

Tabela 2.21. Zależność zainteresowania zakupem ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem wybranych preparatów białkowych od postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)

Preparat	Postawa wobec NŻB	Stopień zainteresowania zakupem [%]					p
		Zdecydowanie nie	Raczej nie	Nie mam zdania	Raczej tak	Zdecydowanie tak	
Z alg	Pozytywna	20,63	14,29	15,87	38,10	11,11	<0,001
	Ambiwalentna	16,00	27,00	33,00	20,00	4,00	
	Negatywna	31,82	18,18	22,73	22,73	4,55	
Z drożdży	Pozytywna	19,35	20,19	19,35	33,87	7,23	0,020
	Ambiwalentna	16,84	28,28	37,37	14,81	2,69	
	Negatywna	25,00	25,00	27,27	18,18	4,55	
Z nasion roślin oleistych	Pozytywna	14,52	14,52	17,74	43,55	9,68	0,030
	Ambiwalentna	15,38	24,75	31,10	24,75	4,01	
	Negatywna	20,45	20,45	29,55	27,27	2,27	
Z produktów ubocznych przem. mięsnego	Pozytywna	51,61	24,19	14,52	8,06	1,61	0,086
	Ambiwalentna	30,43	31,10	27,76	9,36	1,34	
	Negatywna	40,91	22,73	20,45	13,64	2,27	
Z nasion roślin strączkowych	Pozytywna	15,87	14,29	15,87	39,68	14,29	0,006
	Ambiwalentna	14,86	23,99	31,08	23,99	6,08	
	Negatywna	27,27	15,91	22,73	29,55	4,55	
Z larw mącznika	Pozytywna	44,44	20,63	23,81	6,35	4,76	0,068
	Ambiwalentna	36,33	29,33	27,33	6,67	0,33	
	Negatywna	40,91	25,00	18,18	11,36	4,55	
Z nasion konopi	Pozytywna	19,67	14,75	14,75	32,79	18,03	<0,001
	Ambiwalentna	18,73	24,75	32,44	20,40	3,68	
	Negatywna	22,73	25,00	22,73	22,73	6,82	
Z serwatki	Pozytywna	24,19	17,74	20,97	30,65	6,45	0,200
	Ambiwalentna	19,67	22,67	32,67	19,67	5,33	
	Negatywna	27,2	25,00	15,91	27,27	4,55	
Ze świerszczy	Pozytywna	47,62	14,29	20,63	9,52	7,94	0,021
	Ambiwalentna	38,54	28,90	25,58	5,65	1,33	
	Negatywna	40,91%	25,00	20,45	11,36	2,27	

Źródło: badania własne.

Wzór karty oceny sensorycznej

1. Metryczka

A. Wiek	<input type="checkbox"/> <18 lat	<input type="checkbox"/> 18-30 lat	<input type="checkbox"/> 31-50 lat	<input type="checkbox"/> 51-70 lat	<input type="checkbox"/> 70+ lat
B. Płeć	<input type="checkbox"/> Kobieta		<input type="checkbox"/> Mężczyzna		
C. Wykształcenie	<input type="checkbox"/> Podstawowe				
D. Czy zdiagnozowano u Pani/Pana alergię lub nietolerancję pokarmową	<input type="checkbox"/> Tak, zostało to stwierdzone przez lekarza				
	<input type="checkbox"/> Nie, ale podejrzewam iż cierpię na nietolerancję/ jestem alergikiem				
	<input type="checkbox"/> Nie				

2. Proszę o ustosunkowanie się do zawartych w tabeli twierdzeń wpisując X przy wybranej kategorii

	Zgadzam się całkowicie	Raczej się zgadzam	Nie mam zdania	Raczej się nie zgadzam	Całkowicie się nie zgadzam
Próbuję stale nowe i różne rodzaje pożywienia.					
Nie ufam nowej żywności.					
Jeżeli nie wiem, co to za żywność, nie spróbuję jej.					
Lubię pożywienie z różnych krajów.					
Pożywienie etniczne (egzotyczne) ma zbyt dziwny wygląd abym je jadł/ jadła.					
Na przyjęciach próbuję nowych rodzajów pożywienia.					
Obawiam się spożywać coś, czego do tej pory nie jadłem/jadłam.					
Jestem szczególnie wybredny/wybredna w stosunku do żywności, którą będę jadł/jadła.					
Jem prawie wszystko.					
Chciałbym/chciałabym spożywać posiłki w nowych etnicznych restauracjach.					

3. Proszę zaznaczyć na skali jak wielkie odczuwa Pan/Pani obawy przed przystąpieniem do konsumpcji produktów, bez dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł (A), z dodatkiem proszku ze świerszczy (B), mąki z konopi siewnej (C)?

Zupełnie nie	Ogromne

KOD ...

1. W jakim stopniu odpowiada Panu/Pani kształt produktu?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Bardzo mi nie odpowiada	Dość mi nie odpowiada	Ani mi odpowiada, ani mi nie odpowiada	Dość mi odpowiada	Bardzo mi odpowiada

2. W jakim stopniu odpowiada Panu/Pani zapach produktu?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Bardzo mi nie odpowiada	Dość mi nie odpowiada	Ani mi odpowiada, ani mi nie odpowiada	Dość mi odpowiada	Bardzo mi odpowiada

3. Proszę o określenie, czy wyczuwa Pan/Pani zapach

charakterystyczny dla produktu	<input type="checkbox"/>
obcy	<input type="checkbox"/>
orzechowy	<input type="checkbox"/>
rybi	<input type="checkbox"/>
trawiasty	<input type="checkbox"/>

4. W jakim stopniu odpowiada Panu/Pani smak?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Bardzo mi nie odpowiada	Dość mi nie odpowiada	Ani mi odpowiada, ani mi nie odpowiada	Dość mi odpowiada	Bardzo mi odpowiada

5. Proszę o określenie, czy wyczuwa Pan/Pani smak

charakterystyczny dla produktu	<input type="checkbox"/>
słony	<input type="checkbox"/>
słodki	<input type="checkbox"/>
gorzki	<input type="checkbox"/>
umami	<input type="checkbox"/>
obcy	<input type="checkbox"/>
orzechowy	<input type="checkbox"/>
rybi	<input type="checkbox"/>
trawiasty	<input type="checkbox"/>

6. W jakim stopniu odpowiada Panu/Pani barwa produktu?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Bardzo mi nie odpowiada	Dość mi nie odpowiada	Ani mi odpowiada, ani mi nie odpowiada	Dość mi odpowiada	Bardzo mi odpowiada

7. W jakim stopniu odpowiada Panu/Pani tekstura produktu?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Bardzo mi nie odpowiada	Dość mi nie odpowiada	Ani mi odpowiada, ani mi nie odpowiada	Dość mi odpowiada	Bardzo mi odpowiada

8. Jak ocenia Pan(i) twardość produktu ?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Bardzo miękka	Miękka	Ani twarda ani miękka	Twarda	Bardzo twarda

9. Jak ocenia Pan(i) ogólną pożądalność produktu?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Bardzo mi nie odpowiada	Dość mi nie odpowiada	Ani mi odpowiada, ani mi nie odpowiada	Dość mi odpowiada	Bardzo mi odpowiada

10. Proszę o uszeregowanie ekstrudatów od najbardziej do najmniej preferowanego

Skala, gdzie:							
1 – najbardziej preferowany	1	2	3	4	5	6	7
7 – najmniej preferowany							
Kod produktu							

Spis tabel

Tabela 1. Definicje jakości.....	9
Tabela 2. Teoria Garvina.....	11
Tabela 3. Subdyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości.....	13
Tabela 4. Definicje procesu ekstruzji.....	19
Tabela 5. Mocne i słabe strony białek roślinnych pozyskanych z niekonwencjonalnych źródeł	35
Tabela 6. Zawartość składników odżywczych oraz wilgotność nasion konopi siewnej (<i>C. sativa</i>)	37
Tabela 7. Skład aminokwasowy wybranych źródeł białka (mg/g białka).....	38
Tabela 8. Zawartość witamin i składników odżywczych w nasionach konopi siewnej (<i>C. sativa</i>)	39
Tabela 9. Mocne i słabe strony wykorzystania owadów jako źródła białka	40
Tabela 10. Mocne i słabe strony wykorzystania SCP (białko organizmów jednokomórkowych)	46
Tabela 11. Mocne i słabe strony produkcji mięsa <i>in vitro</i>	49
Tabela 12. Motywy wyboru i odrzucenia innowacyjnego produktu żywnościowego	60
Tabela 13. Stwierdzenia zastosowane w skali FNS	70
Tabela 14. Stwierdzenia zastosowane w skali Rogersa (innowacyjność).....	71
Tabela 15. Stwierdzenia zastosowane w skali do oceny postaw wobec niekonwencjonalnych źródeł białka.....	72
Tabela 16. Skład mieszanek.....	73
Tabela 17. Poziom neofobii żywieniowej.....	88
Tabela 18. Stopień innowacyjności respondentów	90
Tabela 19. Postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.....	92
Tabela 20. Preferowane przez konsumentów wyroby przekąskowe.....	93
Tabela 21. Wyniki testu <i>chi</i> -kwadrat dla oceny hedonicznej.....	95
Tabela 22. Częstość spożycia produktów przekąskowych przez konsumentów.....	96
Tabela 23. Wyniki testu <i>chi</i> -kwadrat dla częstości spożycia	98
Tabela 24. Wyniki testu <i>chi</i> -kwadrat - okazja do spożycia.....	100
Tabela 25. Ważność determinant wyboru produktów przekąskowych.....	101
Tabela 26. Determinanty wyboru produktów przekąskowych - wyniki testu <i>chi</i> -kwadrat.....	102
Tabela 27. Rodzaje produktów wzbogacone białkiem spożywane przez respondentów - wyniki testu <i>chi</i> -kwadrat.....	104
Tabela 28. Produkty spożywane przez respondentów zawierające białka z przykładowych źródeł niekonwencjonalnych - wyniki testu <i>chi</i> -kwadrat.....	106
Tabela 29. Intencja zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł - wyniki testu <i>chi</i> -kwadrat.....	111
Tabela 30. Współzależności pomiędzy stopniem intencji do zakupu chrupiek kukurydzianych z określonym dodatkiem a stopniem „lubienia” oraz częstością spożywania określonego rodzaju chrupiek kukurydzianych (wartości współczynnika korelacji Spearmana)	113
Tabela 31. Wartość odżywcza surowce wykorzystanych do procesu ekstruzji.....	117
Tabela 32. Barwa surowców wykorzystanych do procesu ekstruzji.....	119
Tabela 33. Zawartość wody w surowcu.....	121
Tabela 34. Aktywność wody surowców	123
Tabela 35. Równowagowa aktywność wody surowców po 90 dniach przechowywania w zakresie aktywności wody środowiska $a_w=0,07\div 0,98$	126
Tabela 36. Parametry równania BET	127
Tabela 37. Powierzchnia właściwa sorpcji surowców	129

Tabela 38. Zawartość wody w mieszankach z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>).....	132
Tabela 39. Zawartość wody w mieszankach z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (<i>A. domesticus</i>).....	133
Tabela 40. Aktywność wody mieszanek z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>).....	134
Tabela 41. Aktywność wody mieszanek z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (<i>A. domesticus</i>).....	134
Tabela 42. Porównanie początkowej zawartości i aktywności wody wytworzonych mieszankach ze względu na rodzaj dodatku.....	135
Tabela 43. Zróżnicowanie zawartości wody i aktywności wody mieszanek w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji).....	136
Tabela 44. Wartość odżywcza produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>).....	138
Tabela 45. Wartość odżywcza produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza (<i>A. domesticus</i>).....	140
Tabela 46. Porównanie wartości odżywczej produktów ze względu na rodzaj dodatku.....	142
Tabela 47. Zróżnicowanie wartości odżywczej produktów w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji).....	142
Tabela 47a. Profile aminokwasowe w produktach z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	146
Tabela 47b. Profil związków mineralnych ekstraktów.....	149
Tabela 49. Wartość odżywcza - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	151
Tabela 50. Barwa produktów wzbogacanych białkiem konopnym (<i>C. sativa</i>).....	153
Tabela 51. Barwa produktów wzbogacanych proszkiem ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	154
Tabela 52. Porównanie wyznaczonych parametrów barwy produktu ze względu na rodzaj dodatku i metody pomiaru.....	155
Tabela 53. Zróżnicowanie parametrów barwy w zależności od rodzaju i mieszanki oraz wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji).....	156
Tabela 54. Zawartość wody w produktach z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>).....	160
Tabela 55. Zawartość wody w produktach z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	161
Tabela 56. Aktywność wody produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>).....	162
Tabela 57. Aktywność wody produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	163
Tabela 58. Porównanie zawartości i aktywności wody produktów ze względu na rodzaj dodatku.....	164
Tabela 59. Zróżnicowanie zawartości i aktywności wody w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji).....	164
Tabela 60. Współczynnik wodochłonności (WAI) produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>).....	167
Tabela 61. Współczynnik wodochłonności (WAI) produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	168
Tabela 62. Współczynnik rozpuszczalności (WSI) produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>).....	169
Tabela 63. Współczynnik rozpuszczalności (WSI) produktów z dodatkiem proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	170
Tabela 64. Porównanie WAI i WSI produktów ze względu na rodzaj dodatku.....	171
Tabela 65. Zróżnicowanie WAI i WSI w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji).....	171
Tabela 66. Współczynnik ekspansji produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>)....	174

Tabela 67. Współczynnik ekspansji produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (<i>A. domesticus</i>).....	174
Tabela 68. Porównanie współczynnika ekspansji ze względu na rodzaj dodatku	176
Tabela 69. Tabela 58. Zróznicowanie współczynnika ekspansji w zależności od rodzaju i mieszanki i wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji).....	176
Tabela 70. Wyróżniki jakości - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	179
Tabela 71. Wybrane parametry tekstury produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>)	181
Tabela 72. Wybrane parametry tekstury produktów z dodatkiem proszku ze świerszcza domowego (<i>A. domesticus</i>).....	183
Tabela 73. Porównanie wartości wybranych parametrów tekstury produktów ze względu na rodzaj dodatku	184
Tabela 74. Zróznicowanie wybranych parametrów tekstury w zależności od rodzaju i mieszanki oraz wielkości dodatku (wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji)	185
Tabela 75. Parametry tekstury i wyróżniki jakości - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	189
Tabela 76. Współzależności między wyróżnikami jakości a wybranymi parametrami tekstury	190
Tabela 77. Wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji	191
Tabela 78. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y=twardość)	192
Tabela 79. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y=sprężystość)	193
Tabela 80. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y=gumowatość).....	194
Tabela 81. Wyniki analizy regresji wielorakiej (Y=żujność)	195
Tabela 82. Poziom obaw przed przystąpieniem do konsumpcji wzbogacanych produktów przekąskowych z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	200
Tabela 83. Poziom obaw przed przystąpieniem do konsumpcji wzbogacanych produktów przekąskowych z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy (<i>A. domesticus</i>) z uwzględnieniem płci, alergenności postawy neofobicznej.....	200
Tabela 84. Wyczuwalność zapachu	204
Tabela 85. Wyczuwalność smaków	206
Tabela 86. Deskryptory oceny sensorycznej - analiza skupień produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy domowych (<i>A. domesticus</i>).....	213
Tabela 87. Średnie wartości preferencji.....	214
Tabela 88. Preferencja ocenianych ekstrudatów (korelacja porządku rang Spermana).....	215
Tabela 89. Wartości współczynnika determinacji wielowymiarowej i standardowego błędu estymacji – analiza regresji dla pożądalności ogólnej wyrobów przekąskowych.....	216
Tabela 90. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność produktów).....	216
Tabela 91. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność P 0).....	217
Tabela 92. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PK I).....	218
Tabela 93. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PK II)	219
Tabela 94. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PK III)	220
Tabela 95. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PS I)	220
Tabela 96. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PS II).....	221
Tabela 97. Wyniki analizy regresji wielorakiej (pożądalność PS III).....	222
Tabela 98. Równowagowa aktywność wody wzbogacanych produktów przekąskowych po 90 dniach przechowywania	227
Tabela 99. Parametry równania BET oraz powierzchnia właściwa sorpcji produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy (<i>A. domesticus</i>).....	228

Tabela 100. Powierzchnia właściwa sorpcji produktów z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>) i proszku ze świerszczy (<i>A. domesticus</i>)	231
--	-----

Spis tabel - załączniki

Tabela 2.1. Zależność stopnia „lubienia” przekąsek od poziomu neofobii żywieniowej (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat).....	277
Tabela 2.2. Zależność stopnia „lubienia” przekąsek od stopnia innowacyjności (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	278
Tabela 2.3. Zależność stopnia „lubienia” przekąsek od postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat).....	279
Tabela 2.4. Zależność pomiędzy częstością spożycia produktów przekąskowych a poziomem neofobii żywieniowej.....	280
Tabela 2.5. Zależność pomiędzy częstością spożycia produktów przekąskowych a innowacyjnością.....	281
Tabela 2.6. Zależność częstości spożywania przekąsek od postaw wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	282
Tabela 2.7. Zależność częstości spożywania przekąsek przy różnych okazjach od poziomu neofobii żywieniowej (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat).....	283
Tabela 2.8. Zależność częstości spożywania przekąsek przy różnych okazjach od stopnia innowacyjności (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	283
Tabela 2.9. Zależność częstości spożywania przekąsek przy różnych okazjach od postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat) ...	284
Tabela 2.10. Zależność ważności cech produktu od stopnia neofobii żywieniowej (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	285
Tabela 2.11. Zależność ważności cech produktu od stopnia innowacyjności (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	286
Tabela 2.12. Zależność ważności cech produktu od postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	287
Tabela 2.13. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych białkiem od poziomu neofobii (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	288
Tabela 2.14. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych białkiem od innowacyjności konsumentów (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	288
Tabela 2.15. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych białkiem postawy konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat).....	288
Tabela 2.16. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych w preparaty białkowe pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł od poziomu neofobii (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	288
Tabela 2.17. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych w preparaty białkowe pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł od innowacyjności konsumentów (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat).....	289
Tabela 2.18. Zależność rodzaju spożywanych produktów wzbogacanych w preparaty białkowe pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł od postaw konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat).....	289
Tabela 2.19. Zależność zainteresowania zakupem ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem wybranych preparatów białkowych od poziomu neofobii (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	289
Tabela 2.20. Zależność zainteresowania zakupem ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem wybranych preparatów białkowych innowacyjności konsumentów (wynik testu <i>chi</i> -kwadrat)	290

Tabela 2.21. Zależność zainteresowania zakupem ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem wybranych preparatów białkowych od postawy wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł (wynik testu *chi*-kwadrat)..... 291

Spis rysunków

Rys. 1. Jakość produktu z uwzględnieniem cyklu życia	14
Rys. 2. Podstawy sukcesu rynkowego	15
Rys. 3. Budowa ekstrudera jednoślizakowego	20
Rys. 4. Etapy procesu wytwarzania produktów ekstrudowanych	22
Rys. 5. Prognozowane warianty przeludnienia	30
Rys. 6. Przeludnienie (populacja) z uwzględnieniem regionów geograficznych.....	31
Rys. 7. Schemat podziału alternatywnych źródeł białka.....	34
Rys. 8. Podział białek organizmów jednokomórkowych - SCP	45
Rys. 9. Schemat prowadzonych badań.....	64
Rys. 10. Profil socjo-demograficzny respondentów (a - wiek, b - płeć, c - wykształcenie, d - alergia)	86
Rys. 11. Poziom neofobii respondentów.....	87
Rys. 12. Stosunek konsumentów do innowacji produktowych.....	89
Rys. 13. Postawy wobec białek z niekonwencjonalnych źródeł	91
Rys. 14. Okoliczności do spożycia produktów przekąskowych	98
Rys. 15. Rodzaje spożywanych przez respondentów produktów wzbogacanych białkiem.....	103
Rys. 16. Rodzaje spożywanych przez respondentów produktów wzbogacanych w białka z źródeł niekonwencjonalnych.....	106
Rys. 17. Intencja zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w białka pochodzące z niekonwencjonalnych źródeł (preparaty)	108
Rys. 18. Intencja zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w preparat białkowy z nasion konopi	109
Rys. 19. Intencja do zakupu ekstrudatów kukurydzianych wzbogacanych w proszku ze świerszczy domowych	110
Rys. 20. Deklarowana cena zakupu wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych.....	115
Rys. 21. Izoterma sorpcji badanych produktów	124
Rys. 22. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości i aktywności wody w mieszankach z dodatkami w zależności od rodzaju i wielkości dodatku	136
Rys. 23. Zróżnicowanie średniego poziomu wartości energetycznej i zawartości tłuszczu w produktach z dodatkami w zależności od rodzaju i wielkości dodatku.....	143
Rys. 24. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości węglowodanów i białka w produktach z dodatkami w zależności od rodzaju i wielkości dodatku	144
Rys. 25. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości popiołu w produktach z dodatkami w zależności	144
Rys. 26. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie cech wartości odżywczej	150
Rys. 27. Zróżnicowanie średniego poziomu barwy w produktach z dodatkami w zależności od rodzaju, wielkości dodatku i miejsca pomiaru	157
Rys. 28. Zróżnicowanie średniego poziomu zawartości i aktywności wody w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku	165
Rys.29. Zróżnicowanie średniego poziomu WAI i WSI w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku	172
Rys. 30. Zróżnicowanie średniego poziomu współczynnika ekspansji w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku	177
Rys. 31. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie wyróżników jakościowych	178

Rys. 32. Zróźnicowanie średniego poziomu twardości w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku.....	186
Rys. 33. Zróźnicowanie średniego poziomu kohezynności i sprężystości w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku/	186
Rys. 34. Zróźnicowanie średniego poziomu gumowatości i żynności w produktach wzbogacanych w zależności od rodzaju i wielkości dodatku	187
Rys. 35. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie parametrów tekstury i wyróżników jakości	188
Rys. 36. Profil socio-demograficzny zespołu oceniającego (a - płeć, b - alergia lub nietolerancja pokarmowa).....	197
Rys. 37. Poziom neofobii żywnieniowej (a -ogółem, b - ze względu na płeć, c - ze względu na alergię lub nietolerancję pokarmową)	199
Rys. 38. Ocena kształtu, zapachu, smaku, barwy i tekstury produktów przekąskowych z dodatkiem białek z niekonwencjonalnych źródeł.....	202
Rys. 39. Twardość produktów przekąskowych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.....	209
Rys. 40. Ogólna poźadalność produktów przekąskowych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.....	210
Rys. 41. Wykres przebiegu aglomeracji ocenianych produktów oraz dendrogram skupień na podstawie wyników oceny sensorycznej.....	212
Rys. 42. Izoterma sorpcji badanych produktów	224
Rys. 43. Krzywa kinetyczna wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem białka konopnego (<i>C. sativa</i>)	234
Rys. 44. Krzywa kinetyczna wzbogacanych ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem proszku ze świerszczy (<i>A. domesticus</i>).....	236

Spis fotografii

Fot. 1. Produkty wzbogacanych białkiem konopnym	73
Fot. 2. Produkty wzbogacane proszkiem ze świerszcza domowego (<i>A. domesticus</i>)	74

Streszczenie

Określenie nowych trendów jakościowego rozwoju produktu i jego doskonalenia możliwe jest dzięki łączeniu elementów: rynku i postaw konsumentów z naturą wyrobów i surowców. Wśród sposobów doskonalenia jakości wyróżnić można nie tylko działania mające na celu poszukiwanie niezgodności z wykorzystaniem instrumentów zarządzania jakością, ale także zastosowanie nowych technologii produkcji oraz dodatków. Jednym z przykładów technologii, która może mieć zastosowanie w doskonaleniu jakości produktów żywnościowych jest proces ekstruzji, który pozwala na wytworzenie produktów charakteryzujących się znaczącym zainteresowaniem konsumentów – ekstrudowanych wyrobów przekąskowych.

Według FAO populacja ludności na świecie do 2100 roku może wynieść nawet 11 miliardów. W związku z powyższym współcześnie, w celu zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego rosnącej populacji, poszukuje się dodatkowych źródeł białka, również wśród surowców niekonwencjonalnych. Prowadzone w tym zakresie badania naukowe pozwalają na określenie ich wartości odżywczej, wpływu na środowisko i bezpieczeństwa. Przykładem białek pozyskanych z niekonwencjonalnych źródeł jest białko konopne i proszek ze świerszczy, które charakteryzują się wysoką wartością odżywczą i licznymi korzyściami środowiskowymi. Jedną z głównych barier wykorzystania białek z niekonwencjonalnych źródeł są negatywne postawy konsumentów wobec żywności nieznanej. W związku z tym kluczowe jest znalezienie nośnika, który pozwoli na wprowadzenie białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł do produktów żywnościowych akceptowanych przez konsumenta. Przykładem takiego produktu są wyroby ekstrudowane.

Celem niniejszej pracy była identyfikacja wpływu dodatku białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł na doskonalenie jakości produktu przekąskowego.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W etapie I, podjęto próbę oceny postaw i zachowań konsumentów wobec produktów przekąskowych wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł. W badaniach uwzględniono zachowania konsumentów na rynku produktów przekąskowych i produktów wzbogacanych, a także intencję zakupu produktów wzbogacanych białkiem pochodzącym z niekonwencjonalnych źródeł. Badania przeprowadzono metodą pomiaru sondażowego bezpośredniego (PAPI) i pośredniego on-line (CAWI) w grupie 684 respondentów, z których 489 spełniło założone kryterium doboru. Uzyskane wyniki przeanalizowano

pod względem trzech czynników różnicujących: poziomu neofobii żywieniowej i innowacyjności respondentów oraz postaw konsumentów wobec białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł.

Etap II badań obejmował ocenę jakości wytworzonych w procesie ekstruzji produktów wzbogacanych białkiem konopnym i proszkiem ze świerszczy domowych.

Aby zrealizować wyznaczony cel pracy przyjęto dwie hipotezy badawcze, które zweryfikowano pozytywnie.

- H 1.** Postawy konsumentów wobec różnych wyrobów wzbogacanych zależą od rodzaju zastosowanego białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł.
- H2.** Jakość wzbogacanych produktów przekąskowych zależy od rodzaju wykorzystanego białka pochodzącego z niekonwencjonalnych źródeł.

Badania przeprowadzone w etapie pierwszym pozwoliły na określenie wpływu poziomu neofobii, innowacyjności konsumentów i postaw wobec białek pochodzących ze źródeł niekonwencjonalnych na stopień lubienia i częstość spożycia produktów przekąskowych, okoliczności spożycia produktów przekąskowych, najważniejsze determinanty ich wyboru, rodzaj spożywanych produktów wzbogacanych oraz intencję zakupu ekstrudatów z dodatkiem białek pochodzących ze źródeł niekonwencjonalnych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wybrane trzy czynniki różnicujące wpływały na większość badanych w etapie I zagadnień. Analizując zachowania konsumentów na rynku produktów przekąskowych stwierdzono, że większość respondentów spożywała produkty przekąskowe od jednego do kilku razy w miesiącu, a najważniejszą determinantą ich wyboru był smak. Ocena intencji zakupu produktów wzbogacanych wykazała, że wśród produktów przekąskowych - ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł najwyższy odsetek respondentów zainteresowany był zakupem produktów z dodatkiem białek roślinnych.

Na podstawie badań przeprowadzonych w II etapie pracy, określono zależności pomiędzy rodzajem i ilością dodatku białka z niekonwencjonalnych źródeł a wartościami wyróżników jakości charakteryzujących wyroby ekstrudowane. Istotnym elementem pracy było stworzenie dwóch modeli, które charakteryzowały zależność wybranych parametrów tekstury i wyróżników jakości oraz wpływ ocen cech sensorycznych na ogólną pożądalność wytworzonych produktów przekąskowych. Tym samym przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zastosowania białek pochodzących z niekonwencjonalnych źródeł do doskonalenia produktów przekąskowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że produkty z dodatkiem białka konopnego w porównaniu z produktem bazowym charakteryzowały się wyższą wartością odżywczą, niższą zawartością i aktywności wody i niższą twardością i żujnością. Zastosowanie dodatku proszku ze świerszczy domowych związane było ze wzrostem wartości odżywczej ekstrudatów, zmniejszeniem zawartości i aktywności wody, poprawą cech tekstury, wzrostem ocen kształtu i wzrostem trwałości przechowalniczej w porównaniu z ekstrudatem bazowym i produktami wzbogacanymi białkiem konopnym.

Summary

The identification of new trends in product development and quality improvement is possible by combining elements of the market research, consumer attitudes and the nature of products and raw materials. Among the ways of quality improvement, we can distinguish not only activities to seek nonconformities using quality management tools, but also the application of new production technologies and additives. One example of technology that can be applied in quality improvement of food products is the extrusion process, which makes it possible to produce products of significant interest to consumers - extruded snack products.

According to the FAO, the world's population could reach up to 11 billion. Therefore, today, in order to ensure food security for the growing population, additional sources of protein - unconventional raw materials are being sought. The scientific research in this area makes it possible to determine nutritional value, impact on the environment and safety of these raw materials. An example of proteins obtained from unconventional sources are hemp protein and cricket powder, characterized by high nutritional value and numerous environmental benefits.

One of the main barriers of use of unconventional protein sources is negative consumer attitudes toward unfamiliar foods. As a result therefore, it is crucial to find a conventional product to incorporate proteins from unconventional sources into consumer-acceptable food products. Extruded products are an example of such a product.

The aim of this study was to identify the impact of the addition of protein from unconventional sources on the quality improvement of the snack product.

The study was conducted in two stages. In stage I, an attempt was made to assess consumer attitudes and behavior toward snack products fortified with protein from unconventional sources. The research considered consumer behavior in the snack and fortified products market, as well as the intention to purchase products fortified with protein from unconventional sources. The research was conducted using direct (PAPI) and indirect online (CAWI) survey measurement methods among 684 respondents, of which 489 met the established selection criterion. The results were analyzed in terms of three factors: the level of food neophobia and innovativeness of respondents, and consumer attitudes toward proteins from unconventional sources.

Phase II of the study involved the quality evaluation of extrusion-produced products fortified with hemp protein and house cricket powder.

In order to achieve the stated goal of the study, two, positively verified research hypotheses were adopted:

- H1. Consumer attitudes toward various fortified products depend on the type of unconventional protein source used.
- H2. The quality of fortified snack products depends on the type of unconventional protein source used.

The research conducted in stage I allowed us to determine the influence of the level of neophobia, consumer innovativeness and attitudes toward proteins from unconventional sources on the degree of liking, frequency of consumption, consumption situations and determinants of consumer choice of snack products, as well as the type of fortified products consumed and the intention to purchase extrudates with added proteins from unconventional sources. Based on the results, it was found that the selected three factors influenced most of the issues studied in Stage I. Analyzing consumer behavior in the snack products market, it was found that the majority of respondents consumed snack products from one to several times a month, and the most important determinant of the consumer choice of snack products was taste. Evaluation of purchase intentions for fortified products showed that among fortified snack products - the highest percentage of respondents were interested in purchasing products with added vegetable-derived proteins.

On the basis of the research conducted in the second stage of the work, the relationships between the type and amount of added protein from unconventional sources and the values of quality characteristics of extruded products were determined. An important part of the work was the creation of two regression models that characterized the relationship of selected texture parameters and quality attributes, as well as the impact of sensory attributes on the overall desirability of manufactured snack products. Thus, the conducted research confirmed the possibility of using proteins from unconventional sources in quality improvement of snack products. Based on the study, it was found that products with the addition of hemp protein, compared to the base product, had higher nutritional value, lower water content and activity, and lower hardness and chewiness. The use of the addition of house cricket powder was associated with an increase in the nutritional value of the extrudates, a decrease in water content and activity, an improvement in texture characteristics, an increase in shape evaluation results and an increase in storage life compared to the base extrudate and hemp protein-fortified products.