



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Technologie „no waste” w przetwórstwie nasion strączkowych



Badania zrealizowane w ramach zadania 8. na zlecenie
Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi
na podstawie umowy nr DRE.prz. 070.1.2025

Kierownik zadania:

dr hab. inż. Joanna Le Thanh-Blicharz, prof. IBPRS-PIB

Opracowali:

mgr inż. Roman Zielonka

dr inż. Jacek Lewandowicz

dr inż. Elżbieta Wojtowicz

dr hab. inż. Joanna Le Thanh-Blicharz, prof. IBPRS-PIB

mgr inż. Michalina Gania

mgr inż. Patrycja Jankowska

inż. Irena Jóźwiak

mgr Karolina Rybarska

mgr inż. Katarzyna Demczuk

mgr inż. Weronika Woźna

dr inż. Krzysztof Przygoński

mgr inż. Joanna Gołyźniak

Agata Zielewicz

Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych

ul. Starołęcka 40

61-361 Poznań

grudzień 2025 r.

źródło zdjęć: [gemini.google.com](https://www.gemini.google.com)

Spis treści

1. WPROWADZENIE.....	4
2. CHARAKTERYSTYKA SUROWCA	8
3. PRZEBIEG BADAŃ	9
3.1 Opracowanie procesu separacji skrobi	9
3.2 Symulacja procesu „no waste” w skali ćwierćtechnicznej	13
4. WYNIKI BADAŃ.....	19
4.1 Wyniki procesu „no waste” w skali ćwierćtechnicznej	19
4.2 Charakterystyka półproduktów uzyskanych w procesie przerobu grochu przy wykorzystaniu technologii „no waste”	21
5. PROPOZYCJE WYKORZYSTANIA PÓŁPRODUKTÓW UZYSKANYCH W PROCESIE PRZEROBU GROCHU „NO WASTE”	25
5.1 Łuska grochowa.....	25
5.1.1. Waloryzacja łuski grochowej w pieczywie pszennym	26
5.1.2. Waloryzacja łuski grochowej w ciastkach kruchych	29
5.2 Kiszona kaszka grochowa	31
5.2.1. Uniwersalny farsz grochowy	32
5.3 Rafinowana skrobia grochowa	38
5.3.1. Wykorzystanie skrobi grochowej do produkcji opakowań biodegradowalnych	40
5.3.2 Wykorzystanie skrobi grochowej do produkcji sosów zimnych	42
5.4 Sos grochowy przyprawowy	44
6. PODSUMOWANIE.....	46
7. WYKAZ STOSOWANYCH METOD.....	47

1. WPROWADZENIE

Rośliny tzw. strączkowe, tj. motylkowe grubonasienne, stanowią rośliny z rodziny bobowatych, o dużych nasionach i uprawianych w Polsce, jako rośliny jadalne, pastewne lub spożywcze, jadane bezpośrednio (zielony groszek) lub po uprzedniej obróbce (np. gotowane) lub przetwarzane przemysłowo.

Trwałym surowcem jadalnym są dojrzałe, suche nasiona. W przypadku upraw strączkowych w Polsce, najczęściej są to: bób, łubin, fasola i groch. Nasiona tych roślin wykazują się szczególnymi właściwościami: zawierają, obok energetycznie istotnego składnika – skrobi, dużą ilość białka, syntetyzowanego w wyniku asymilacji azotu z powietrza. Skrobia i białko są ważne w rozwoju budowy tkanek organizmów: ludzi i zwierząt. Wśród wymienionych roślin strączkowych w kraju najważniejszą i uniwersalną rośliną jest groch, który stosuje się jako surowiec spożywczy, ale także pastewny.

Nasiona grochu zwyczajnego (*Pisum sativum* L.) zawierają cenne składniki odżywcze: głównie skrobię (ok. 50%), białko (ponad 20%), cukry (5-6%) i niewielką ilość tłuszczu (2%). Ponadto, kilkanaście procent w nasionach stanowią węglowodany błonnikowe: rozpuszczalne oligosacharydy i nierozpuszczalny włóknik. Ponadto, ważnym składnikiem nasion są poszukiwane w żywności związki mineralne, w tym makroelementy, głównie potas, magnez, wapń, fosfor oraz w mniejszej ilości sód i żelazo.

Tak jak w przypadku większości nasion roślin strączkowych, ok. 8% masy grochu stanowi łuska, składnik włóknisty, błonnikowy nasion, o niewielkiej wartości odżywczej. Należy jednak podkreślić, że w rzeczywistości w mechanicznych procesach łuskania nasion zauważa się większy ubytek masy, nawet do 15%, bowiem mechaniczne łuskanie obejmuje zarówno usuwanie okrywy nasiennej, ale także ścieranie zewnętrznych warstw składników jądra: białka, skrobi, tłuszczu, itp.

Nieprzetworzone nasiona grochu z łuską można wykorzystać w całości w technologii żywności. W tym celu stosuje się odpowiednią obróbkę np. prażenie nasion (poddawanie działaniu wysokiej temperatury lub działaniu mikrofal). W trakcie prażenia następuje pełne odwodnienie nasion i zachodzą przemiany fizykochemiczne ich składników, w tym zmiany sensoryczne. Nasiona tracą niekorzystny strączkowy smak i zapach. W celu utrwalenia produktu prażonego i zachowania niskiej, kilku procentowej zawartości wody, pakuje się je hermetycznie, w opakowania o dużej barierowości.

Nieprzetworzone nasiona grochu z łuską można wykorzystać w całości stosując ich gotowanie (działanie pary wodnej), po wcześniejszym nawilżeniu wodą do ok. 50% (w stosunku do masy suchych nasion) poprzez mieszanie i sezonowanie przez ok. 6 godzin w temperaturze pokojowej. Nawilżone nasiona poddaje się działaniu pary w ciągu 1 godziny. Ciepły lub wychłodzony produkt, może stanowić po przyprawieniu odżywczy produkt, o składzie odżywczym zbliżonym do surowca. Cechą charakterystyczną produktu jest zachowanie właściwości sensorycznych gotowanego grochu oraz zachowanie korzystnych składników odżywczych. Nadal jednak zachowane są, niektóre niekorzystne trudno strawne składniki błonnikowe: łuski grochowe oraz rozpuszczalne galaktooligosacharydy. W celu utrwalenia produktu, można zastosować suszenie do ok. 10% wody.

Kolejnym sposobem wykorzystania całych nasion grochu jest ich nawilżenie i poddawanie działaniu enzymów - mieszanie z dodatkiem wody (50% w stosunku do masy suchych nasion) i enzymów amylolitycznych oraz sezonowanie przez ok. 6 godzin. Nawilżone nasiona z dodatkiem enzymów poddawane są następnie działaniu pary wodnej w ciągu 1 godziny. Ciepły lub wychłodzony produkt ma zmieniony skład chemiczny w porównaniu z surowcem wyjściowym, zawiera mniej skrobi, a więcej maltooligosacharydów i może stanowić odżywczy produkt. Nadal zachowane są, niektóre niekorzystne trudno strawne składniki błonnikowe: łuski grochowe oraz rozpuszczalne galaktooligosacharydy. Cechą charakterystyczną tego produktu jest zmiana właściwości sensorycznych obrobionego enzymatycznie grochu. Produkt cechuje się lekką słodyczą. W celu utrwalenia produktu, można zastosować suszenie do zawartości wody ok. 10%.

Kolejnym sposobem na wykorzystanie w całości nasion grochu jest obróbka przez zakiszenie - mieszanie z dodatkiem wody (50% w stosunku do masy suchych nasion) i kultur bakterii fermentacji mlekowej oraz sezonowanie przez ok. 6 godzin. Nawilżone ziarna wraz z inokulum bakteryjnym odpowietrza się poprzez ugniatanie i dalej inkubuje przez 2 tygodnie w szczelnych opakowaniach, w celu przeprowadzenia beztlenowej fermentacji mlekowej. Po inkubacji zmienia się skład surowca; zawarte w nasionach cukry poddawane są konwersji do kwasu, przede wszystkim mlekowego, przy czym zmienia się skład chemiczny: spada zawartość sacharozy i wyraźnie zmniejsza się ilość trudno strawnych galaktooligosacharydów. Obniża się przy tym pH produktu z ok. pH 6 do 4. Cechą charakterystyczną otrzymanego produktu jest zmiana właściwości sensorycznych, wyczuwalny jest smak kwaśny. Skład odżywczy kiszonego grochu charakteryzuje się

obecnością kwasu mlekowego i cukrów prostych - glukoza, fruktoza, galaktoza, łatwo trawione przy wielokrotnie mniejszej zawartości galatooligosacharydów. Dzięki niskiej wartości pH, produkt wilgotny jest trwały i przy hermetycznym zapakowaniu może być przechowywany wiele miesięcy.

Coraz popularniejszym kierunkiem wykorzystania grochu jest izolacja białka oraz skrobi. W Polsce zakłady produkują białko grochowe, natomiast otrzymywana skrobia, która jest równo cennym produktem, nie jest wystarczająco dobrej jakości. Przetwarzanie nasion grochu na białko i skrobię jest skomplikowanym procesem, który wymaga zastosowania różnych technologii ekstrakcji i obróbki. Główne etapy obejmują mielenie, ekstrakcję, oddzielanie, suszenie i oczyszczanie, co pozwala uzyskać białko i skrobię w formach gotowych do dalszego wykorzystania w produkcji spożywczej i przemysłowej. Przy produkcji białka grochowego produktem odpadowym jest bogata w błonnik łuska grochowa, którą należy zagospodarować.

Celem realizacji zadania było opracowanie metody przetwórstwa nasion strączkowych, która pozwoli na pełne wykorzystanie surowca oraz stworzenie produktów o wysokiej wartości dodanej.

Harmonogram realizacji zadania:

1. Opracowanie procesu separacji skrobi – styczeń - czerwiec 2025 r.
 - Zastosowanie technologii mechanicznej i chemicznej do efektywnej separacji skrobi z nasion strączkowych podczas ekstrakcji białka,
 - Optymalizacja warunków procesu w celu uzyskania skrobi o wysokiej czystości i jakości.
2. Przetwórstwo i zastosowanie skrobi – opracowanie wytycznych jakościowych – lipiec - wrzesień 2025 r.
 - Badania właściwości technologicznych skrobi (badania reologiczne, badania tekstury, badania stabilności w układach emulsyjnych) w celu wykorzystania jej, jako dodatku do żywności (np. zagęstniki, stabilizatory, wypełniacze),
 - Wykorzystanie skrobi grochowej do wytwarzania opakowań biodegradowalnych,
 - Wykorzystanie skrobi w produkcji sosów zimnych.

3. Waloryzacja łuski nasion grochu w produkcie spożywczym – opracowanie wytycznych jakościowych – październik - grudzień 2025 r.
 - Badanie wartości odżywczej łuski grochowej,
 - Opracowanie nowych receptur prozdrowotnego pieczywa z dodatkiem łuski grochu (pieczywo o podwyższonej zawartości błonnika).
 - Opracowanie receptury produktu dla przemysłu cukierniczego (ciasta kruche wzbogacone błonnikiem z łuski grochowej).
4. Waloryzacja strumienia paszowego (poekstrakcyjna kiszona kaszka grochowa) na cele spożywcze. Opracowanie receptury farszu grochowego. Ocena fizykochemiczna oraz jakość mikrobiologiczna. Badania sensoryczne wegetariańskich wyrobów gotowych (pierogi, paszteciki, kotlety), badania wartości odżywczej – październik - grudzień 2025 r.

2. CHARAKTERYSTYKA SUROWCA

Surowcem do przerobu bezodpadowego w ramach zadania badawczego był groch – suche nasiona. Poniżej przedstawiono wyniki wykonanej pełnej analizy nasion grochu odmiany Astronaute:

A – przed mechanicznym usuwaniem okrywy nasiennej (z łuską),

B – po mechanicznym usuwaniu okrywy nasiennej (bez łuski),

C – okrywa nasienna (łuska).

Tabela 1. Skład odżywczy nasion grochu – odmiana ASTRONAUTE

WYRÓŻNIKI	Nasiona z łuską A	Nasiona bez łuski B	Łuska C
Woda [%]	11,6 ± 0,2	12,9 ± 0,19	10,5
Białko [%]	19,5 ± 1,1	22,3 ± 1,27	9,90
Index rozpuszczalności [%]	69,2	70,7	-
Cukry [%]	5,9 ± 1,6	4,4±1,2	2,52±0,60
Cukry redukujące [%]	2,1 ± 0,8	0,37±0,1	-
<u>Profil cukrowy [%]</u>			
Fruktoza	0,09 ± 0,01	0,02±0,01	-
Glukoza	0,04 ± 0,01	0,05±0,01	-
Galaktoza	0,03 ± 0,01	0,0	-
Sacharoza	2,29 ± 0,01	1,79±0,01	-
Maltoza	0,15 ± 0,01	0,07±0,01	-
Rafinoza	0,75 ± 0,01	0,38±0,01	-
Stachioza	2,08 ± 0,05	1,41±0,01	-
Werbaskoza	1,93 ± 0,03	1,52±0,01	-
Błonnik pokarmowy [%]	20,1 ± 4,1	13,02 ± 0,7	-
Włókno surowe [%]	5,0 ± 0,2	2,0±0,01	25,18
Tłuszcz [%]	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,06	1,51
Popiół [%]	2,8 ± 0,1	2,9 ± 0,06	4,36

3. PRZEBIEG BADAŃ

3.1. Opracowanie procesu separacji skrobi

Znana jest już od 20 lat metoda krochmalnicza otrzymywania z grochu (rozdrobnionych łuszczonych nasion w postaci mąki) zarówno skrobi grochowej, jak i białka (patent PL 211403 z 2004 r., Rys. 1).

		OPIS PATENTOWY	PL 211403	B1
(12) Numer zgłoszenia: 362271		(11) Int.Cl. A23L 1/20 (2006.01) C08B 38/04 (2006.01) A23J 1/14 (2006.01)		
(22) Data zgłoszenia: 18.09.2003		(13)		
(54) Zastosowanie urządzenia przetwarzającego ziemniaki w krochmalni wytwarzającej skrobię ziemniaczaną, do ekstrakcji i rafinacji składników mąki grochowej				
(30) Pierwszeństwo: 18.09.2002, FR, FR0211547		(73) Uprawniony z patentu: ROQUETTE FRERES, Lestrem, FR		
(43) Zgłoszenie ogłoszono: 22.03.2004 BUP 06/04		(72) Twórcą(y) wynalazku: JEAN-PAUL SALOME, Vieux Berquin, FR JEAN-MARC VERRIN, Beuvry-les-Bethune, FR CLAUDE FACHE, Beuvry la Foret, FR ROBERT HOUARD, Saint-Floris, FR		
(45) O udzieleniu patentu ogłoszono: 31.05.2012 WUP 05/12		(74) Pełnomocnik: rzec. pat. Ewa Wojaśńska		

PL 211403 B1

Rys.1. Patent PL 211403

Przedmiotem tego wynalazku było zastosowanie urządzenia przetwarzającego ziemniaki w krochmalni wytwarzającej skrobię ziemniaczaną do ekstrakcji i rafinacji składników mąki grochowej, to znaczy skrobi, białka, włókien wewnętrznych i substancji rozpuszczalnych. Wśród ww. składników cennym produktem jest skrobia grochowa, która charakteryzuje się zawartością białka w zakresie 0,3-0,5%. Pozostałe trzy produkty powstające w tym procesie to:

- białko - uboczny produkt bez określonej charakterystyki, otrzymane poprzez strącenie w punkcie izoelektrycznym i oddzielenie metodą ultrafiltracji,
- odpadowy produkt - włókno,
- odpadowe ścieki – substancje rozpuszczalne.

Te trzy składniki, razem z głównym składnikiem – skrobią, stanowią całą masę i bilansują się w 100%. Oznacza to, że twórcy niniejszego patentu nie zajmowali się bilansowaniem procesu technologicznego obciążonego ściekami i stratami masy, lecz jedynie głównym produktem, którym jest skrobia i jej jakością oraz możliwością adaptacji do procesu przerobu typowych przemysłowych urządzeń krochmalniczych. Propozycja według ww. wynalazku jest rozwiązaniem dalekim od zrównoważonej metody „no waste”, gdzie dopiero po zamknięciu wszystkich obiegów, tj. po pełnym zagospodarowaniu białka grochowego, włókna i substancji rozpuszczalnych, można uznać technologię za bezodpadową.

W naszej pracy zaproponowano przerób 27 ton nasion łuskanego grochu zmielonego na mąkę wg modelowego procesu technologicznego z obiegiem zamkniętym (ilość ta odpowiada masie 100 ton przemysłowych bulw ziemniaczanych w przerobie krochmalniczym). Opracowano precyzyjny bilans masowy obróbki nasion grochu bez strat.

Metody mechaniczno-pneumatyczne obłuskiwania nasion (oddzielenia okrywy nasiennej) są znane. Łuskę (ozn. LU) scharakteryzowano, określono jej ilość i właściwości użytkowe/konsumenckie.

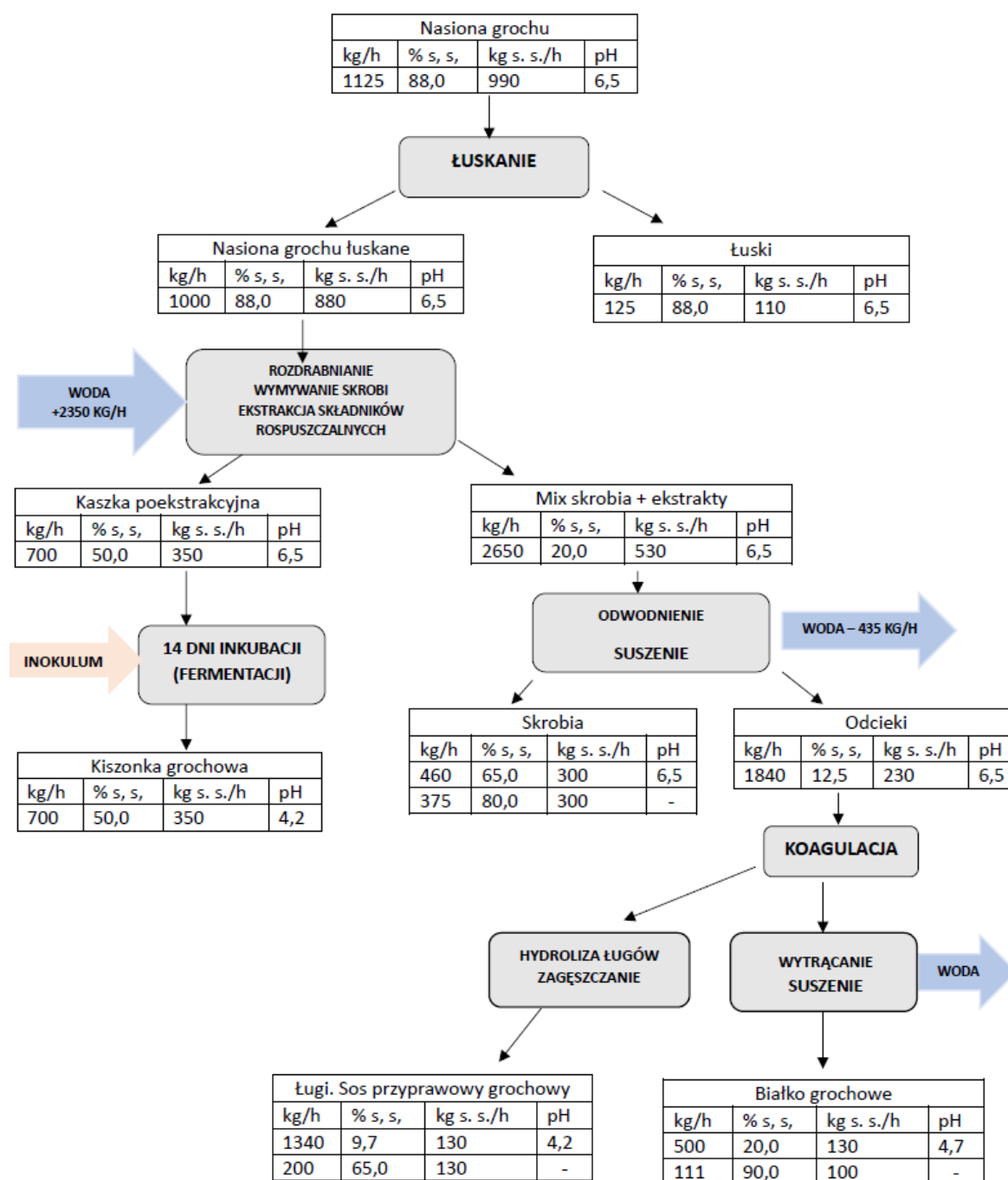
Pozbawione łuski nasiona poddano dalszemu frakcjonowaniu uzyskując kolejne cztery frakcje:

- skrobia rafinowana (ozn. SR),
- białko surowe (ozn. BS),
- sos przyprawowy grochowy (ozn. SP),
- poekstrakcyjna kaszka grochowa kiszona (ozn. KK).

W celu zapewnienia trwałości tych frakcji zaproponowano następujące operacje:

- dla LU - zabezpieczenie przed wilgocią - zapewnienie zawartości wody 10-14%,
- dla SR - suszenie i przechowywanie przy zapewnieniu zawartości wody 10-14%,
- dla BS - produkt o zawartości wody 16-20% - zamrożenie i przechowywanie w temperaturze poniżej -18°C,
- dla SP - zagęszczenie do stężenia ok. 40% s.s.,
- dla KK - kiszenie w ciągu min. 14 dni do wartości pH < 4,2.

Poniżej na rysunku 2 przedstawiono przykładowy algorytm planowanego bilansu masowego dla 1000 kg nasion grochu łuskanego.



Rys. 2. Algorytm bilansu masowego

Zaproponowano przeprowadzenie procesu technologicznego ekstrakcji składników rozpuszczalnych i wymywanie składników nierozpuszczalnych z rozdrobnionej kaszki grochowej (granulacja wg tabeli 2). Przy tej granulacji (większej niż w przypadku mąki) mniej intensywnie przebiegają operacje mieszania, ekstrakcji i wymywania, co wydłuża czas tych procesów, lecz wpływa na skuteczne rozdzielenie składników i ogranicza straty suchej substancji. Ideą koncepcji technologicznej było wychwycenie wszystkich cennych składników: zarówno rozpuszczalnych jak i nierozpuszczalnych.

W zrównoważonym przerobie grochu przyjęto rozdzielenie nasion grochu na następujące frakcje, które można wykorzystać, jako cenne półprodukty lub gotowe produkty:

- łuska grochowa,
- skrobia grochowa,
- białko grochowe,
- wyekstrahowana kaszka grochowa,
- składniki rozpuszczalne.

Nasiona grochu po uprzednim obłuszczeniu, rozdrabniano za pomocą młynka żarnowego i zoptymalizowano ich skład granulometryczny. Dzięki zastosowaniu technologii obejmującej mechaniczne rozdrabnianie, nawilżanie, mieszanie, ekstrakcję, separację składników stałych od płynnych przez dekantację i termiczną koagulację (z udziałem kwasu cytrynowego) nastąpiła efektywna separacja wysokiej jakości ziarenek skrobiowych z nasion grochu i uzyskano także substrat białkowy w formie grubych placków filtracyjnych (zbliżonych do twarogu), o zawartości ok. 16-20% s.s., przeznaczony do wyrobów spożywczych. W celu uzyskania skrobi grochowej o wysokiej czystości przeprowadzono wielostopniową, 10-krotną rafinację surowej skrobi zdekantowanej w procesie wymycia rozdrobnionego grochu.

Oprócz dwóch głównych składników: skrobi i białka otrzymano z wyekstrahowanej kaszki grochowej trwałą, taną kiszonkę grochową, którą można wykorzystać jako produkt spożywczy. Ponadto ze składników rozpuszczalnych otrzymano przyprawowy sos grochowy. Jednocześnie, przewidziano wykorzystanie łuski grochowej do pieczywa.

3.2. Symulacja procesu „no waste” w skali ćwierćtechnicznej

Przeprowadzono kontrolny eksperyment przerobu nasion grochu w skali ćwierćtechnicznej, który polegał na ciągłej, przeciwprądowej wodnej ekstrakcji z wydajnością zawiesiny grochowej (AB) 126,6 kg/h (25 kg/h nasion łuskanych NO). Frakcje końcowe lub przejściowe oznakowano, a frakcje istotne scharakteryzowano.

Oznakowanie:

NG - nasiona grochu z łuską

NO - nasiona grochu łuskane

LU - łuska grochowa

NK - kaszka grochowa sucha

NW - woda nawilżająca

NA - kaszka nawilżona

NB - woda ekstrakcyjna

AB - zawiesina grochowa

KP - kaszka poekstrakcyjna mokra

FI - filtrat

EX - ekstrakty grochowe

KG - kaszka grochowa poekstrakcyjna odwodniona

MX - mieszanina płynna

SS - skrobia surowa

SR - skrobia rafinowana

OD - odciek

BS - białko surowe

LS - ługi surowe po koagulacyjne

SP - sos grochowy przyprawowy.

Instalacja do ciągłej przeciwprądowej ekstrakcji została zbudowana z poziomego koryta z dwoma wstęgami ślimakowymi mieszającymi i transportującymi, które pozwalają na ekstrahowanie wodą kaszki grochowej. Przestrzeń ekstrakcyjna, o pojemności ok. 50 dm³

i optymalnych obrotach ślimaków, zapewniała w ustalonych warunkach (proporcji wody i kaszki) przebieg operacji ekstrahowania w czasie 1 godziny, w temperaturze 15-20°C.

Poniżej na rysunkach 3-10 przedstawiono:

- kaszkę grochową (śr. 1-2 mm) przed i po nawilżeniu,
- dwuślimakowy ekstraktor, poj. 5 dm³,
- pojemnik na płynne ekstrakty,
- mokrą kaszkę poekstrakcyjną,
- skoagulowane białko,
- ługi po koagulacyjnych,
- sos przyprawowy grochowy.



Rys.3. Kaszka grochowa



Rys. 4. Ekstraktor ślimakowy



Rys. 5. Pojemnik na płynne ekstrakty



Rys.6. Mokra kaszka poekstrakcyjna



Rys. 7. Skoagulowane białko



Rys.8. ługi po koagulacji



Rys. 9. Sos przyprawowy grochowy



Rys. 10. łuska grochowa

Kontrolny przerób nasion grochu – ekstrakcji, frakcjonowania i konwersji - stanowił symulację procesu przemysłowego, gdzie w pierwszym etapie rozdziela się na sucho łuskę (LU) od rdzenia nasion grochu i otrzymuje nasiona łuskane (NO). W dalszym etapie suche łuskane nasiona grochu poddaje się rozdrobnieniu do formy drobnej kaszki (1-2 mm), następnie nawilża się wodą (NW) w proporcji 1:1 i sezonuje przez około 30 minut. Nawilżona kaszka stanowi substrat do realizacji procesu ekstrakcji wodnej w przeciwnym kierunku, przy nadmiarze wody (NB), powstaje zawiesina grochowa (AB) o zawartości ok 17% s.s. Po zakończeniu ekstrakcji trwającej ok. 1 godziny, rozdziela się fazę stałą – kaszkę poekstrakcyjną (KP) oraz płynną – ekstrakt grochowy (EX). W celu pełnego wykorzystania frakcji i otrzymania trwałych nowych uszlachetnionych produktów przeprowadzono kolejne operacje i procesy. Kaszkę poekstrakcyjną (KP) poddano filtracji, dzięki czemu uzyskano kaszkę poekstrakcyjną odwodnioną (KG) o koncentracji około 44% s.s., a filtrat skierowano do części frakcji płynnej (EX) tworząc razem płynną mieszaninę (MX).

Poekstrakcyjną odwodnioną kaszkę (KG) zaszczepia się innokulum bakteryjno-enzymatycznym i poddaje się 14-sto dniowej fermentacji dla obniżenia pH z 6,5 do 4,0, co zapewnia trwałość mikrobiologiczną kiszanej kaszki grochowej (KK). Produkt ten doskonale nadaje się do wykorzystania jako wysoko odżywcza pasza kiszona o zawartości wody 56%, białka 9% (21% w s.s.), skrobi 23% (33% w s.s.). Produkt ten może także stanowić produkt spożywczy z uwagi na wartość odżywczą oraz walory smakowe po gotowaniu, które powoduje poprawę smaku i konsystencji. Gotowana kiszona kaszka nadaje się do stworzenia bazowego produktu spożywczego – farszu, który może być wykorzystany do wielu wyrobów i różnych receptur w kuchni, gastronomii i przemyśle spożywczym. Płynna mieszanina ekstraktów grochowych (MX) przy nieuporządkowanej technologii może stanowić uciążliwy ściek, ale w proponowanej technologii „no waste” założono wydzielenie surowej skrobi wmytej z kaszki grochowej, jej oczyszczenie i uzyskanie suszonej skrobi rafinowanej (SR), która stanowi trwały produkt rynkowy w formie proszku. Z odcieków (OD) pozbawionych skrobi w wyniku procesu koagulacji kwasowo-termicznej wydziela się frakcję surowego białka grochowego (BG) w formie bezsmakowej pasty o zawartości około 18% s.s., białka 70% w s.s. (koncentrat białkowy).

Pasta nadaje się do stosowania w produktach spożywczych np. tworzenia receptur smakowych past kanapkowych o trwałości kilkudniowej w warunkach chłodniczych. Pastę można zamrażać i przetrzymywać wiele miesięcy bez zmian własności sensorycznych

i wartości odżywczej. Ługi pokoagulacyjne (LS) o niskim stężeniu zawierają w suchej substancji znaczne ilości cukrów 24%, białek rozpuszczalnych 23%, związków mineralnych 16% oraz tłuszczu 5%. Poddając dalszej obróbce ługi pokoagulacyjne, uzyskuje się sos przyprawowy (SP) o bogatym składzie odżywczym.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Wyniki procesu „no waste” w skali ćwierćtechnicznej

W czasie symulacji procesu optymalizowano dozowanie wody i kaszki grochowej, obroty ślimaków i kąt pochylenia w stosunku do poziomu koryta ekstraktora.

Wydajność procesu ekstrakcji składników z kaszki grochowej można regulować poprzez jej granulację. W tabeli 2 przedstawiono skład granulometryczny zastosowany w eksperymencie.

Tabela 2. Skład granulometryczny suchej kaszki grochowej (1-2 mm)

Kaszka o granulacji (pozostałość na sicie o boku oczka kwadratowego)	Ilość %
powyżej 2,0 mm	13,7
powyżej 1,6 mm	21,5
powyżej 1,0 mm	36,8
powyżej 0,5 mm	13,9
poniżej 0,5 mm	14,1

W celu zbilansowania procesu ekstrakcji, frakcjonowania i konwersji zarówno uzyskanych rzeczywistych próbek, jak i po przeliczeniu na suchą substancję, wykonano precyzyjne oznaczenia wilgotności próbek z każdej frakcji (tabela 3). Oznaczono przy tym masę wybranych frakcji, gromadzonych przez jedną godzinę po ustabilizowaniu warunków procesu. Proces kontrolowano poprzez pomiar refraktometryczny ekstraktów. Przyjęto, że warunki procesu były stałe, gdy wartość refrakcji była w granicach 3-4°Bx.

Tabela 3. Wyniki badań wilgotności poszczególnych frakcji

Frakcja	Wilgotność %
KP	71,39
NA	57,21
KG	55,91
MX	93,06
SS	69,61
OD	95,43
BS	81,89
LS	97,07

Wyniki badań szczegółowego składu poszczególnych istotnych frakcji przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki badań składu poszczególnych istotnych frakcji

Frakcja	Woda [%]	pH	Cukry [%]	Białko [%]	Skrobia [%]	Włókno surowe [%]	Popiół [%]	Tłuszcz [%]
LU łuski (okrywy nasienne) grochu								
w próbce	10,5	6,0	2,52	9,90	12,70	22,54	4,36	1,51
w s.s.	-	-	2,82	11,09	14,19	25,18	4,87	1,69
NO suche łuskane nasiona grochu								
w próbce	14,4	6,5	6,02	3,50	43,0	1,62	3,00	2,06
w s.s.	-	-	7,03	24,23	50,2	1,89	3,50	2,15
NA nawilżona (1:1) kaszka grochowa								
w próbce	57,2	6,5	3,01	10,37	21,5	0,81	1,50	0,92
w s.s.	-	6,5	7,03	24,23	50,2	1,89	3,50	2,15
KP kaszka poekstrakcyjna								
w próbce	71,4	6,5	3,50	5,5	17,2	0,21	1,00	0,83
w s.s.	-	-	12,20	19,2	60,14	1,20	3,50	2,90
KG kaszka poekstrakcyjna odwodniona								
w próbce	55,9	6,7	1,67	9,08	25,1	0,49	0,94	0,37
w s.s.	0,0	-	3,79	20,59	56,92	1,11	2,13	0,83
KK kiszona kaszka grochowa								
w próbce	56,24	4,7	-	9,25	23,03	0,38	1,00	0,61
w s.s.	-	-	-	21,14	52,63	0,87	2,29	1,39
EX ekstrakt grochowy								
w próbce	93,1	6,5	1,08	1,70	0,9	-	0,35	0,14
w s.s.	0,0	-	15,40	24,80	12,5	-	5,10	2,00
MX płynna mieszanina								
w próbce	91,8	6,4	1,53	2,43	1,03	-	0,50	0,20
w s.s.	-	-	18,66	29,60	12,56	-	6,10	2,40
SS skrobia surowa								
w próbce	69,6	6,4	-	3,20	23,84	0,10	0,44	0,36
w s.s.	-	-	-	10,52	78,42	0,33	1,45	1,18
SR skrobia rafinowana								
w próbce	9,9	6,5	-	0,19	86,3	0,01	<0,06	0,11
w s.s.	-	-	-	0,21	95,8	-	<0,07	0,12
OD odciek								
w próbce	95,4	6,4	0,92	1,99	-	0,0	0,48	0,20
w s.s.	-	-	20,0	43,30	-	-	10,43	4,35
BS białko surowe								
w próbce	81,9	5,2	0,66	12,81	0,55	0,85	0,82	0,87
w s.s.	-	-	3,62	70,10	3,04	4,70	5,52	4,81
LS ługi surowe								
w próbce	97,0	5,2	0,72	0,68	-	-	0,48	0,16
w s.s.	-	-	24,0	22,67	-	-	16,00	5,33
SP sos przyprawowy								
w próbce	62,2	9,2	12,64	6,44	-	-	11,56	0,10
w s.s.	-	-	33,44	17,04	-	-	30,60	0,26

4.2. Charakterystyka półproduktów uzyskanych w procesie przerobu grochu przy wykorzystaniu technologii „no waste”

Na podstawie kontrolnego przerobu nasion grochu wg technologii „no waste” w skali ćwierćtechnicznej stwierdzono, że ze **100 kg s.s.** nasion grochu z łuską (NG) można uzyskać:

- **11,6 kg s.s.** łuski grochowej LU,
- **58,2 kg s.s.** kiszzonej kaszki grochowej KK,
- **14,2 kg s.s.** skrobi rafinowanej SR,
- **6,8 kg s.s.** białka surowego BS,
- **9,2 kg s.s.** sosu przyprawowego SP.

Wdrażając zaproponowaną technologię „no waste” należy zapewnić zagospodarowanie wszystkich pięciu frakcji. Poniżej omówiono szczegółowo charakterystykę wspomnianych pięciu frakcji, w odniesieniu do surowca wyjściowego (łuskanych nasion grochu) niezbędną dla projektowania nowych asortymentów grochowych.

Technika wstępnego oczyszczania nasion i usuwania okrywy nasiennej polegała na zdzieraniu zewnętrznej powierzchni nasion, co powodowało różne zmiany składu chemicznego łuskanych nasion w zależności od typu stosowanych urządzeń (łuskarek). Porównując bezwodne frakcje stwierdzono, że łuskane nasiona zawierają więcej cukrów, białka, skrobi i tłuszczu, w porównaniu do łuski. Natomiast w łusce znajduje się 13-krotnie więcej błonnika i 1,4-krotnie więcej popiołu w stosunku do łuskanych nasion.

Łuska grochowa, która zawiera jedynie naturalna ilość wody ok. 10%, nie wymaga dodatkowych operacji utrwalających. Ewentualnie dla dodatkowego zabezpieczenia mikrobiologicznego można ją poddać ozonowaniu lub prażeniu. Zaproponowano receptury nowych produktów spożywczych z udziałem łuski, przeprowadzono ich badania sensoryczne i instrumentalne.

Otrzymana skrobia surowa SS, uzyskana w wyniku dekantacji z płynnej mieszaniny MX (wymycie składników nierozpuszczalnych oraz ekstrahowanie składników rozpuszczalnych wodą z kaszki grochowej KG), poddana została oczyszczaniu wodą poprzez 10-cio stopniową wymianę wody w proporcji 1:1, osad wydzielono za pomocą wirówki i wysuszono na powietrzu do wilgotności równowagowej. Przyjęty sposób rafinowania

w skali ćwierćtechnicznej, odpowiada przemysłowej rafinacji skrobi techniką wielostopniową w przeciwnym kierunku, w układach hydrocyklonów zagęszczających surowe mleczo (zawiesinę skrobi). Ten sposób postępowania zapewnia optymalne warunki procesu dla uzyskania skrobi o wysokiej czystości i jakości. Przyjęto, że skrobia ta powinna się charakteryzować następującym składem chemicznym oraz parametrami reologicznymi:

- zawartością białka do maks. 0,5 %,
- wartością pH od 5 do 7,
- lepkością końcową min. 800 jednostek Brabendera.

Porównując bezwodną frakcję rafinowanej skrobi, w stosunku do surowca wyjściowego, czyli łuszczonego nasion grochu stwierdzono, że skrobia rafinowana grochowa zawiera 99,5 % skrobi, 0,21 % białka (115 razy mniej białka w stosunku do surowca NO) oraz śladową ilość cukrów. Zawartość popiołu poniżej 0,07%, świadczy o wysokiej czystości skrobi. W dalszej części pracy podjęto próby wykorzystania suszonej skrobi grochowej rafinowanej SR dla celów komercyjnych poprzez zaproponowanie receptur produktów z jej użyciem.

Technologia przerobu „no waste” pozwala na pełne wykorzystanie białka z surowca. Białko grochowe to półprodukt otrzymywany w wyniku zakwaszenia i podgrzewania odcieków (po uprzednim wyodrębnieniu dekantacyjnym skrobi z wodnych ekstraktów rozdrobnionych, łuskanych nasion grochu), a następnie oddzieleniu skrzepu białka koagulującego w formie placka na porowatej przegrodzie tkaninowej po odfiltrowaniu tzw. ługów pokoagulacyjnych. Poprzez koagulację za pomocą kwasu cytrynowego otrzymuje się surowe białko o minimalnej czystości 70% s.s. W celu utrwalenia białka można przechowywać próbki w formie zamrożonej lub suszyć rozpyłowo (po rozwodnieniu, w celu obniżenia lepkości). Białko grochowe jest produktem pełnowartościowym samym w sobie, dlatego w dalszej części pracy nie podejmowano próby wykorzystania świeżego grochowego białka surowego BS. Niemniej jednak surowiec ten stanowi doskonałą bazę do produkcji pełnowartościowych wyrobów białkowych, bezglutenowych i wegańskich. Białko surowe, bez dodatkowego przepłukiwania ma postać mazistego twarogu, o barwie kremowej.

Na podstawie metody wg patentu IBPRS-PIB P.240638 „Sposób otrzymywania przyprawowego sosu grochowego” (R. Zielonka, L. Jarosławski) otrzymano unikalny sos przyprawowy grochowy. Próbki otrzymanego sosu przyprawowego o zawartości 38 % s.s. pasteryzowano w celu przedłużenia trwałości. W dalszej części pracy podjęto próby wykorzystania sosu przyprawowego dla celów komercyjnych, wykonano testy dań z ryżem

oraz wykonano badań sensoryczne sosu w porównaniu do komercyjnych sosów przyprawowych.

Unikalna metoda otrzymania kiszzonej kaszki grochowej została opisana w opracowaniu ZK IBPRS-PIB na zlecenie MRiRW na podstawie umowy nr DRE.prz.070.2.2024 z dnia 30 kwietnia 2024 r., pt. Ocena możliwości wykorzystania nasion grochu do produkcji kiszzonek metodą biotechnologiczną. Zakiszona poekstrakcyjna kaszka grochowa, doskonale nadaje się jako pasza. W celu zwiększenia możliwości komercyjnego wykorzystania kiszzonej kaszki, także jako produktu spożywczego wykonano uparowanie kiszzonki, co zdecydowanie korzystnie zmieniło jej jakość sensoryczną. Uparowaną kiszoną kaszkę (KK) można wykorzystać tworząc recepturę produktu spożywczego – farszu z kiszzonego grochu. W pracy przedstawiono także możliwe kierunki wykorzystania farszu, ponadto dla wybranych produktów wykonano badania sensoryczne.

Uwaga: W próbie ćwierćtechnicznej następował znaczny efekt ekstrahowania cukrów z rozdrobnionej kaszki grochowej. Proces należy korygować tak, aby zapewnić ilość cukrów w kaszce niezbędną dla przebiegu fermentacji mlekowej i tym samym zapewnić pH od 4 do 4,2, co wpłynie na wielomiesięczną trwałość kaszki. Poniżej w tabeli 5, przedstawiono badania mikrobiologiczne próbek poekstrakcyjnej kaszki grochowej kiszzonej KK, po różnym czasie fermentacji (20°C) przechowywanych w szczelnie zamkniętych opakowaniach (gruby worek polietylenowy a'20 kg). Wyniki wykazały, że w czasie inkubacji postępował proces fermentacji mlekowej (wzrost liczby bakterii kwasu mlekowego), a następnie, z powodu wyczerpania cukrów, następował niewielki rozwój niekorzystnych drobnoustrojów – bakterii z rodzaju *Enterobacteriaceae*, drożdży i pleśni.

Tabela 5. Wyniki badań mikrobiologicznych kiszzonej kaszki

Badane drobnoustroje	Czas przechowywania próbki				
	0	1 dzień	2 dni	7 dni	14 dni
Ogólna liczba drobnoustrojów w 1 g	$9,5 \times 10^3$	$4,7 \times 10^4$	$6,5 \times 10^4$	$8,4 \times 10^5$	$2,0 \times 10^7$
Bakterie fermentacji mlekowej w 1g	poniżej 10	$3,5 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$7,7 \times 10^5$	$9,5 \times 10^6$
Bakterie z rodzaju <i>Enterobacteriaceae</i> w 1g	$1,8 \times 10^3$	$4,5 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	$8,0 \times 10^4$	$3,5 \times 10^5$
Liczba bakterii <i>Escherichia coli</i> w 1 g	poniżej 10	poniżej 10	poniżej 10	poniżej 10	poniżej 10
Liczba drożdży i pleśni w 1 g	$5,0 \times 10^2$	$2,1 \times 10^3$	$2,6 \times 10^3$	$2,7 \times 10^3$	$2,9 \times 10^3$

5. PROPOZYCJE WYKORZYSTANIA PÓŁPRODUKTÓW UZYSKANYCH W PROCESIE PRZEROBU GROCHU „NO WASTE”

W pracy opracowano receptury nowych wyrobów z wykorzystaniem poszczególnych produktów/frakcji otrzymanych w procesie przerobu grochu wg technologii „no waste”, a także przeprowadzono ich badania sensoryczne.

5.1. Łuska grochowa

Łuska grochowa LU - produkt otrzymywany w wyniku operacji mechanicznego łuskania dojrzałych nasion grochu. W łusce dominują włókniste składniki okrywy nasiennej grochu w ilości ponad 22%. W trakcie łuskania i tarcia nasion, do łuski przechodzi także część skrobi i białka. Łuska zawiera także znaczną zawartość popiołu. Powyższa charakterystyka istotnie wpływa na przydatność technologiczną i profil sensoryczny łuski. Niemniej łuskę można wykorzystać, jako komponent uszlachetniający (zwiększający zawartość błonnika pokarmowego) np. do pieczywa i wyrobów cukierniczych np. ciastek, co zostało zaproponowane w poniższych podrozdziałach.

Ponieważ łuska, uzyskana z przemysłowego łuskania stanowi okrywę nasienną rdzenia, jest narażona na niekorzystny wpływ środowiska zewnętrznego, dlatego dla wybranej partii wykonano także badania mikrobiologiczne (tabela 6).

Wyniki badań stanowią podstawę dla projektowania nowych wyrobów, o zwiększonej zawartości błonnika.

Tabela 6. Wyniki badań mikrobiologicznych łuski

Badane drobnoustroje	Wynik (jtk/g)
Ogólna liczba drobnoustrojów w 1 g	$4,0 \times 10^4$
Bakterie z rodzaju <i>Enterobacteriaceae</i> w 1g	$1,3 \times 10^4$
Liczba <i>Escherichia coli</i> w 1 g	60
Liczba drożdży i pleśni w 1 g	$2,5 \times 10^2$

5.1.1. Waloryzacja łuski grochowej w pieczywie pszennym

W celu waloryzacji łuski grochowej w pieczywie pszennym zaproponowano receptury dla czterech wariantów pieczywa jej z dodatkiem, z kolei pieczywo pszenne bez dodatku stanowiło produkt odniesienia. Na zdjęciu poniżej (rysunek 11.) przedstawiono od lewej pieczywo: odniesienia, z dodatkiem 5% łuski mielonej, z dodatkiem 5% całej łuski, z dodatkiem 10% łuski mielonej oraz z dodatkiem 10% całej łuski.



Rys. 11. Pieczywo pszenne z dodatkiem łuski grochowej

Pierwszy etap oceny pieczywa obejmował badanie instrumentalne twardości (tabela 7) oraz barwy (tabela 8). Stwierdzono, że 5%-owy dodatek łuski grochowej, niezależnie od formy dodatku powodował spadek twardości pieczywa pszennego. W przypadku podwojenia ilości dodawanej łuski, wpływ na teksturę pieczywa był zależny od formy obórki dodatku. W przypadku łuski w formie nieobrabianej – twardość pieczywa rosła. Z kolei dla łuski mielonej, nadal była niższa niż dla produktu odniesienia. Otrzymana charakterystyka tekstury świadczy o pozytywnym wpływie na jakość pieczywa i może przyczyniać się do opóźnienia postrzegania czerstwienia produktu.

Tabela 7. Tekstura chleba pszennego z dodatkiem łuski grochowej

Chleb	bez dodatku łuski	5 % całej łuski	5 % mielonej łuski	10 % całej łuski	10% mielonej łuski
Twardość (g)	3090	2922	2106	3478	2340

Wpływ łuski grochowej na barwę miękiszu pieczywa pszennego był znaczny, chociaż wartości ogólnej różnicy barwy (ΔE) nie przekroczyły wartości 5 (co przekłada się na postrzeganie obiektów badanych, jako o tej samej barwie, ale innym odcieniu). Zdecydowany większy wpływ na barwę chleba miała łuska w formie zmielonej. Z kolei wyraźnie mniejszy efekt wywierało zwiększenie dodatku masowego łuski. Głównym

powodem zmiany barwy, niezależnie od formy i ilości dodatku, było obniżenie jasności chleba oraz wzrost komponentu barwy czerwonej (a). Co ciekawe komponent (b) odpowiadający za odcień żółty, nie uległ większym zmianom, w żadnym z obserwowanych wariantów chleba.

Tabela 8. Parametry oraz ogólna różnica barwy (ΔE) dla miększu chleba pszennego z dodatkiem łuski grochowej

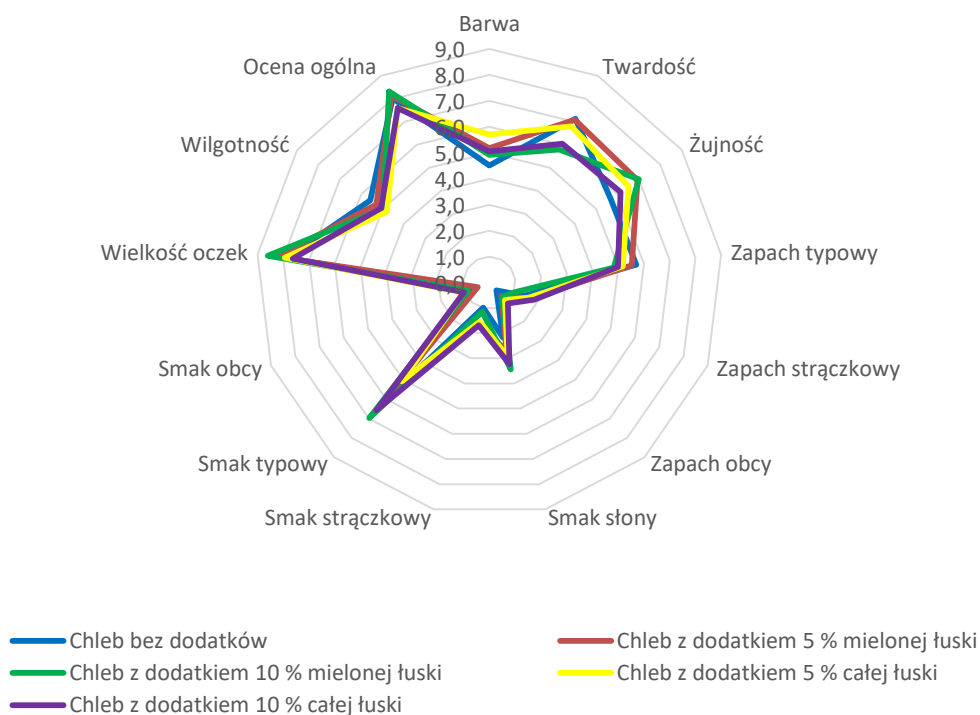
Chleb	bez dodatku łuski	5 % całej łuski	5 % mielonej łuski	10 % całej łuski	10% mielonej łuski
L (jasność)	71,0	70,5	66,8	69,0	67,0
a	0,6	1,8	1,75	1,8	2,1
b	15,1	14,8	14,4	15,3	15,4
ΔE	-	1,3	4,4	2,4	4,2

Kolejnym etapem było badanie sensoryczne chleba z dodatkiem łuski, w odniesieniu do chleba bez dodatku łuski, zarówno metodą punktową jak i profilową. Ogólna jakość wszystkich chlebów została oceniona na bardzo dobrą, bez względu na dodatek łuski grochowej, jej ilość (5 % i 10 %), czy jej formę (cała i zmielona łuska). Najlepiej oceniono chleb z 5 % dodatkiem mielonej łuski. Wyniki oceny punktowej przedstawiono w tabeli 9, a wyniki oceny sensorycznej metodą profilową dla skórki i miększu chleba przedstawiono na rysunkach 12 i 13. Badania sensoryczne metodą profilową wykazały, że chleby z dodatkiem łuski charakteryzują się zbliżonym smakiem i zapachem do chleba bez jej dodatku.

Tabela 9. Wyniki oceny punktowej chleba z dodatkiem całej i mielonej łuski

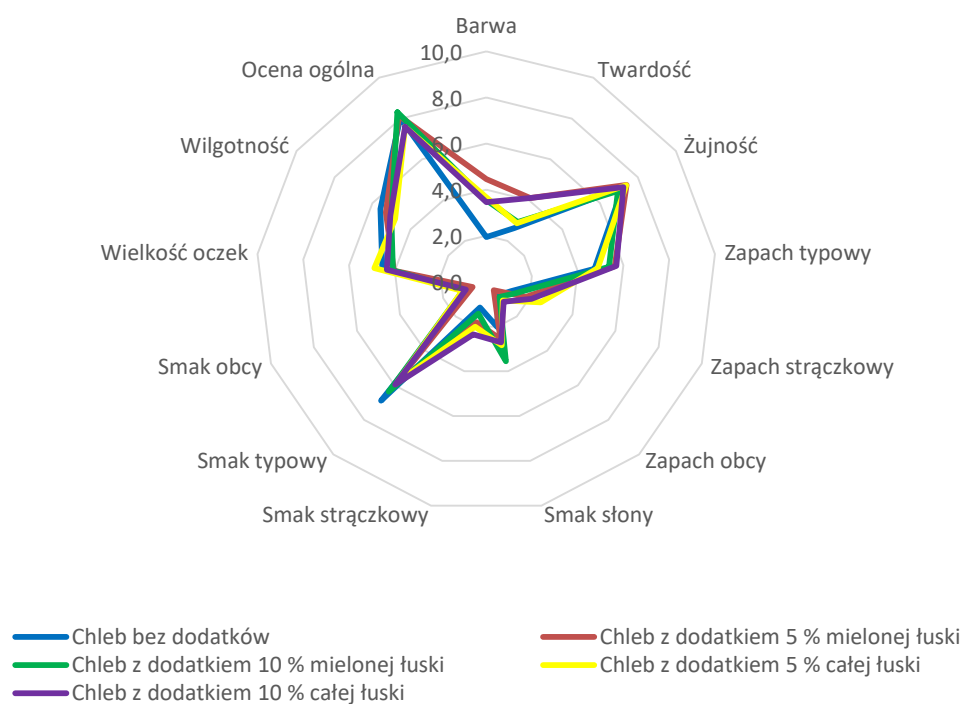
CECHA	Chleb				
	5 % całej łuski	10 % całej łuski	5 % mielonej łuski	10% mielonej łuski	Bez dodatku łuski
Wygląd i barwa	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9
Zapach	4,6	4,4	4,6	4,5	4,6
Konsystencja	4,9	4,9	5,0	4,9	4,9
Smak	4,5	4,4	4,9	4,6	4,9
Ocena ogólna	4,66	4,55	4,82	4,67	4,81
Jakość	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	bardzo dobra

Ocena skórki chlebów z dodatkiem łuski grochowej



Rys. 12. Ocena profilowa skórki chleba

Ocena miękiszu chlebów z dodatkiem łuski grochowej



Rys. 13. Ocena profilowa miękiszu chleba

5.1.2. Waloryzacja łuski grochowej w ciastkach kruchych

W celu waloryzacji łuski grochowej w ciastkach kruchych zaproponowano receptury dla czterech wariantów jej z dodatkiem, z kolei ciastka bez dodatku stanowiły produkt odniesienia. Podobnie jak w przypadku pieczywa pierwszy etap oceny ciastek obejmował badanie instrumentalne twardości (tabela 10) oraz barwy (tabela 11). Stwierdzono, że dodatek łuski grochowej, niezależnie od formy i ilości dodatku powodował spadek twardości ciastek. Co jednak ciekawe, wyższa dawka łuski (niezależnie od jej formy) powodowała mniejszy spadek twardości. Z kolei efekt formy dodatku łuski był podobny, jak w przypadku pieczywa pszennego, tj. mielona powodowała silniejszy efekt spadku twardości. Otrzymana charakterystyka twardości ciastek świadczy o możliwości dość elastycznego modelowania tekstury wyrobu w zależności od poziomu i formy dodatku łuski grochowej.

Tabela 10. Tekstura ciastek kruchych z dodatkiem łuski grochowej

Ciastka	bez dodatku łuski	5 % całej łuski	5 % mielonej łuski	10 % całej łuski	10% mielonej łuski
Twardość (g)	2771	1871	1379	2249	1935

Wpływ łuski grochowej na barwę ciastek był znaczny, a jedynie dla tych z najmniejszym dodatkiem całej łuski grochowej, ogólna różnica barwy (ΔE) nie przekroczyła wartości 5. Silniejszy efekt zmiany barwy obserwowano zarówno wraz z mieleniem łuski grochowej, jak i wzrostem jej udziału masowego w produkcie. W przeważającej barwa ciastek (niezależnie od formy i ilości dodatku łuski) zmieniała się poprzez obniżenie jasności oraz komponentu barwy żółtej (b). Chociaż zmiana ta była istotna, jej zakres nie był jednoznaczny z punktu postrzegania jakości tych wyrobów przez konsumenta – ponieważ z jednej strony ciastka stawały się bardziej wyblakłe, ale jednocześnie „przypieczone”.

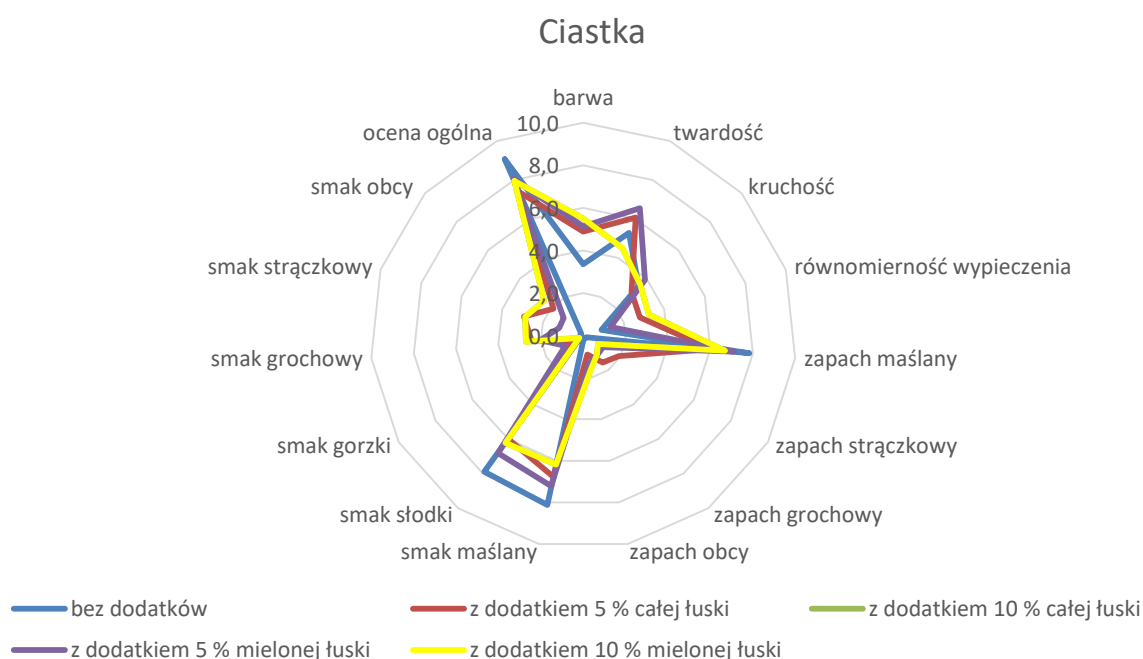
Tabela 11. Parametry oraz ogólna różnica barwy (ΔE) ciastek kruchych z dodatkiem łuski grochowej

Ciastka	bez dodatku łuski	5 % całej łuski	5 % mielonej łuski	10 % całej łuski	10% mielonej łuski
L (jasność)	77,1	75,5	75,0	72,2	68,3
a	0,5	-0,4	-0,1	0,7	4,4
b	38,1	34,8	31,7	33,3	34,2
ΔE	-	3,8	6,7	6,9	10,4

Na dalszym etapie oceny przeprowadzono badanie sensoryczne ciastek z dodatkiem łuski w odniesieniu do ciastek bez dodatku łuski metodą punktową i profilową. Jakość ogólna wszystkich ciastek została oceniona na poziom I, bez względu na dodatek łuski grochowej, jej ilość (5 % i 10 %) oraz jej formę (cała i zmielona łuska). Najlepiej oceniono ciastka z 10 % dodatkiem mielonej łuski. Wyniki oceny punktowej przedstawiono w tabeli 12, a wyniki oceny sensorycznej metodą profilową ciastek przedstawiono na rysunku 14. Badania sensoryczne metodą profilową wykazały, że ciastka z dodatkiem łuski charakteryzują się zbliżonym smakiem i zapachem do ciastek bez jej dodatku.

Tabela 12. Wyniki oceny punktowej ciastek z dodatkiem całej i mielonej łuski

CECHA	Ciastka				
	5 % całej łuski	10 % całej łuski	5 % mielonej łuski	10% mielonej łuski	Bez dodatku łuski
Jednolitość partii	4,29	4,43	5,0	5,0	5,00
Wygląd zewnątrzny	4,43	4,57	4,6	4,5	5,00
Struktura i tekstura	4,71	4,57	5,0	4,9	5,00
Smak i zapach	4,71	4,86	4,9	4,6	5,00
Ocena ogólna	18,14	18,34	19,43	19,86	20,00
Poziom jakości	I	I	I	I	I



Rys. 14. Ocena sensoryczna metodą profilową ciastek

5.2. Kiszona kaszka grochowa

Kaszka grochowa kiszona jest półproduktem otrzymywany w wyniku wodnej ekstrakcji łuskanych, rozdrobnionych nasion grochu, poddanych 14-dniowej fermentacji z wykorzystaniem szlachetnych bakterii kwasu mlekowego, a następnie poddana procesowi uparowania (gotowania) w celu tworzenia nowego produktu spożywczego, o kilkudniowej trwałości. Dla przedłużenia trwałości, produkt można także poddać zamrożeniu lub pasteryzowaniu. Kiszona kaszka grochowa wykazuje się wyrazistą kwasowością, o neutralnym, prawie niezauważalnym smaku i zapachu grochu. Pomimo znacznej wilgotności, w suchej substancji (44 % s.s.) zawiera znaczną ilość skrobi (23 %) i białka (9,3 %). Wyniki badań mikrobiologicznych świeżej kaszki kiszonej i kaszki kiszonej po uparowaniu przedstawiono w tabeli 13. Na podstawie tego produktu zaproponowano kompozycje różnych produktów spożywczych.

Tabela 13. Wyniki badań mikrobiologicznych kiszonej kaszki grochowej i kaszki grochowej po utrwaleniu przez uparowanie

Badane drobnoustroje	kiszona kaszka grochowa (surowa) (jtk/g)	kiszona kaszka grochowa po uparowaniu (jtk/g)
Ogólna liczba drobnoustrojów w 1 g	$9,5 \times 10^3$	32
Bakterie z rodzaju <i>Enterobacteriaceae</i> w 1g	$1,8 \times 10^3$	Poniżej 10
Liczba <i>Escherichia coli</i> w 1 g	Poniżej 10	Poniżej 10
Liczba drożdży i pleśni w 1 g	$5,0 \times 10^2$	Poniżej 10

5.2.1. Uniwersalny farsz grochowy

Poniżej przedstawiono opracowaną recepturę na uniwersalny farsz grochowy na bazie uparowanej kiszzonej kaszki grochowej oraz przepisy na wegetariańskie produkty z jej wykorzystaniem.

Receptura

- kaszka grochowa kiszona uparowana – 80 %
- cebula – 16 %
- olej rzepakowy – 2,2 %,
- sól – 0,9 %
- pieprz czarny mielony – 0,3 %,
- kminek mielony – 0,6 %.

Sposób przygotowania:

Kaszkę grochową kiszoną poddano obróbce termicznej poprzez uparowanie w temp. 120°C przez 50 min. Cebulę pokrojono w kostkę i smażyono na oleju do uzyskania szklistej, zrumienionej postaci, następnie dodano kaszkę grochową kiszoną i duszono pod przykryciem 10 min, mieszając kilkakrotnie. Dodano sól i przyprawy, wymieszano i duszono kolejne 5 min. Tak przyrządzony farsz jest gotowy do spożycia.

Produkt posiada miękką, jędrną konsystencję i delikatnie kwaśny smak, charakteryzujący produkty kiszone. Pozbawiony jest zapachu i smaku typowego dla grochu.

Uniwersalny farsz grochowy można utrzymywać przez zamrażanie, pasteryzację (w słoikach) lub apertyzację (w puszkach), w celu wykorzystania jako nadzienia potraw mącznych, bądź jako składnika wielu potraw. Tak przygotowany farsz grochowy jest wygodny w użyciu, nie wymaga dodatkowej obróbki termicznej i może stanowić alternatywę np. dla ciecierzycy gotowanej, dostępnej w handlu. Farsz grochowy można z powodzeniem wykorzystać do przygotowania dań obiadowych (rys. 15, przykłady 1-5).



Rys. 15. Farsz grochowy i przykłady produktów z farszem grochowym

Przykład 1. Paszteciki z ciasta francuskiego

Składniki:

- ciasto francuskie (mąka pszenna, tłuszcz roślinny, sól) 375 g,
- farsz grochowy 375 g.

Sposób wykonania:

Do przygotowania pasztecików wykorzystano gotowe ciasto francuskie, chłodzone, dostępne w sprzedaży detalicznej. Z ciasta francuskiego i farszu grochowego uformowano podłużne paszteciki i upieczono w piekarniku w temp 180°C przez 15 min. Po wyjęciu z piekarnika, paszteciki są gotowe do spożycia.

Przykład 2. Pierogi z farszem grochowym i serem

Tradycyjna receptura na pierogi ruskie została zmodyfikowana, występujące w farszu gotowane ziemniaki zastąpiono farszem grochowym. Pozostałe składniki i sposób wykonania – jak w powszechnie znanych przepisach.

Ciasto:

- mąka pszenna typ „450” 500 g,
- olej rzepakowy 4 łyżki,
- sól 5 g,
- woda (gorąca) 250 ml.

Nadzienie:

- farsz grochowy 250 g,
- ser twarogowy półtłusty 250 g,
- sól 2,5 g.

Sposób wykonania:

Składniki na ciasto umieszczono w misie robota kuchennego i zagniatano przez ok. 10 min. Ciasto przełożono na blat i rozwałkowano. Następnie wykrojono fragmenty ciasta o kształcie kolistym. Twaróg rozdrobniono do postaci gładkiej masy, wymieszano z farszem grochowym i solą. Nadzienie nakładano na przygotowane ciasto i tradycyjnie lepiono pierogi. Po zagotowaniu 4 litrach posolonej wody, wrzucono pierogi i gotowano przez 5 min od momentu wypłynięcia na powierzchnię. Po ugotowaniu pierogi są gotowe do spożycia.

Przykład 3. Pierogi z farszem grochowym i kapustą

Pierogi przygotowano w oparciu o tradycyjny przepis na pierogi z kapustą i grzybami. Grzyby zastąpiono farszem grochowym, w nawiązaniu do znanego dania regionalnego „groch z kapustą”.

Ciasto:

- mąka pszenna typ „450” 500 g,
- olej rzepakowy 4 łyżki,
- sól 5 g,
- woda (gorąca) 250 ml.

Nadzienie:

- farsz grochowy 250 g,
- kapusta kiszona 250 g,
- olej rzepakowy 2 łyżki,
- kminek 2 g.

Sposób wykonania:

Składniki na ciasto umieszczono w misie robota kuchennego i zagniatano przez ok. 10 min. Ciasto przełożono na blat i rozwałkowano. Następnie wykrojono fragmenty ciasta o kształcie kolistym. Kapustę kiszoną poszatkowano, dodano kminek, po czym duszono na oleju ok. 15 min, następnie dodano farsz grochowy i wymieszano. Gotowe nadzienie odstawiono do wystudzenia, po czym nakładano na przygotowane ciasto i tradycyjnie lepiono pierogi. Po zagotowaniu 4 litrów posolonej wody, wrzucono pierogi i gotowano przez 5 min od momentu wypłynięcia na powierzchnię. Po ugotowaniu pierogi są gotowe do spożycia.

Przykład 4. Kotlety wegetariańskie**Składniki:**

- farsz grochowy 300 g,
- papryka (czerwona, żółta i zielona) 300 g,
- płatki owsiane błyskawiczne 250 g,
- pieczarki 200 g,
- cebula 100 g,
- jajka 2 szt.,

- olej rzepakowy 4 łyżki,
- sól 6 g,
- pieprz 3 g.

Sposób wykonania:

Warzywa i pieczarki pokrojono w drobną kostkę i smażyono na patelni, z małą ilością oleju, do miękkości. Następnie dodano farsz grochowy i wymieszano. Odłożono do ostygnięcia na kilka minut, kolejno dodano 200 g rozdrobnionych płatków owsianych, sól, pieprz i jajka. Całość wymieszano do otrzymania jednolitej konsystencji. Z gotowej masy uformowano kotlety, obtoczono je pozostałymi płatkami owsianymi i smażyono z obu stron na rozgrzanej patelni z pozostałą częścią oleju.

Przykład 5. Kotlety „multi wege” - pieczone

Składniki:

- farsz grochowy 300 g,
- papryka (czerwona, żółta i zielona) 300 g,
- płatki owsiane błyskawiczne 250 g,
- pieczarki 200 g,
- cebula 100 g,
- jajka 2 szt.,
- olej rzepakowy 4 łyżki,
- sól 6 g,
- pieprz 3 g.

Sposób wykonania:

Warzywa i pieczarki pokrojono w drobną kostkę i smażyono na patelni, z małą ilością oleju, do miękkości. Następnie dodano farsz grochowy i wymieszano. Odłożono do ostygnięcia na kilka minut, kolejno dodano 200 g rozdrobnionych płatków owsianych, sól, pieprz i jajka. Całość wymieszano do otrzymania jednolitej konsystencji. Gotową masę nałożono dużą łyżką na blachę wyłożoną papierem do pieczenia i upieczono w piekarniku w temp. 170°C przez 8 min.

Wartość odżywczą farszu grochowego i dań obiadowych z udziałem farszu grochowego przedstawiono w tabeli 14. Z kolei Ponadto wszystkie produkty na bazie farszu otrzymanego z kiszonej kaszki grochowej zostały przebadane sensorycznie metodą opisową (tabela 15).

Tabela 14. Wartość odżywcza farszu grochowego i wybranych dań obiadowych

Wartość odżywcza (na 100 g)	Farsz grochowy	Paszteciki z farszem grochowym	Pierogi z serem i farszem grochowym	Pierogi z kapustą i farszem grochowym	Kotlety wege -tariańskie	Kotlety „multi wege”
Wartość energetyczna						
kJ	655	1063	801	789	850	785
kcal	156	255	191	188	204	188
Tłuszcz g	4,9	13,9	5,8	5,6	10,3	8,0
Węglowodany, g	23,2	28,1	30,0	31,7	24,5	25,0
w tym cukry, g	0	1,25	2,28	0	3,15	3,46
Białko, g	6,3	5,6	5,9	4,0	6,2	6,5
Błonnik, g	2,8	2,7	2,7	2,9	5,9	5,3
Sól, g	0,60	0,61	0,62	0,71	0,22	0,59

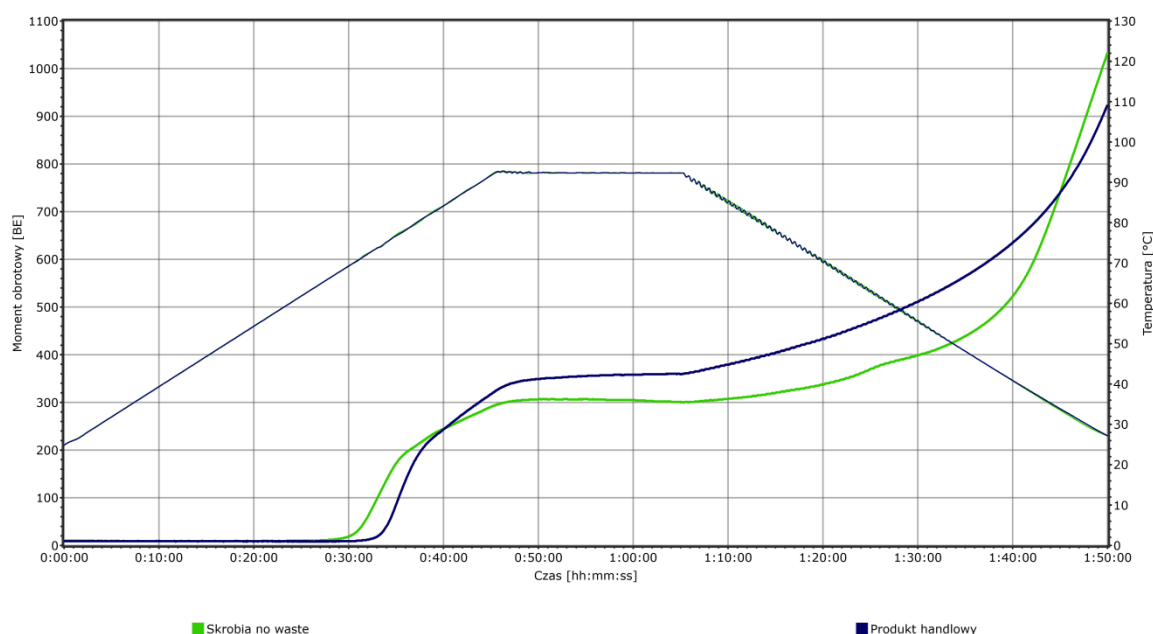
Tabela 15. Wyniki oceny sensorycznej farszu grochowego i produktów kulinarnych z jego zastosowaniem

Cecha organoleptyczna	Farsz grochowy	Paszteciki	Pierogi z serem i farszem grochowym	Pierogi z kapustą i farszem grochowym	Kotlet wegetariański	Kotlet „multi wege”
Wygląd i barwa	charakterystyczne dla produktu, widoczne drobne cząstki o jednolitej wielkości i cząstki przypraw, barwa ciemnokremowa, niejednorodna	charakterystyczne dla produktu, ciasto barwy jasnobrązowej, nadzienie niejednorodne z widocznymi cząstkami cebuli	charakterystyczne dla produktu, pokryte tłuszczem, ciasto barwy kremowej, farsz niejednorodny z widocznymi cząstkami cebuli	charakterystyczne dla produktu, widoczne cząstki kapusty, ciasto barwy kremowej, farsz niejednorodny z widocznymi cząstkami kapusty	charakterystyczne dla produktu, barwa niejednorodna, widoczne cząstki warzyw i pieczarek, obtoczony w zmielonych płatkach owsianych	charakterystyczne dla produktu, barwa niejednorodna, widoczne cząstki warzyw i grzybów i cebuli
Konsystencja	miękka, niejednorodna	ciasto lekko chrupkie, nadzienie miękkie	charakterystyczna dla produktu, ciasto miękkie, elastyczne, farsz miękki	charakterystyczna dla produktu, ciasto miękkie, elastyczne, farsz miękki	elastyczna, lekko rozpadająca się pod naciskiem	elastyczna, lekko rozpadająca się pod naciskiem
Zapach	charakterystyczny dla produktu, intensywny cebulowy, lekko kwaśny, bez zapachów obcych	charakterystyczny dla produktu, intensywny cebulowy, lekko kwaśny, bez zapachów obcych	charakterystyczny dla produktu, intensywny cebulowy, bez zapachów obcych	charakterystyczny dla produktu, kiszonej kapusty, lekko intensywny, bez zapachów obcych	charakterystyczny dla produktu, intensywny, przyjemny, warzywny, przyprawowy, bez zapachów obcych	charakterystyczny dla produktu, intensywny, warzywny, przyprawowy, bez zapachów obcych
Smak	charakterystyczny dla produktu, lekko kwaśny, cebulowy, lekko pikantny, bez posmaków obcych	charakterystyczny dla produktu, farsz lekko kwaśny, cebulowy, lekko pikantny	charakterystyczny dla produktu, cebulowy, bez posmaków obcych	charakterystyczny dla produktu, kiszonej kapusty, kwaśny, bez posmaków obcych	charakterystyczny dla produktu, warzywny, przyprawowy, paprykowy, pieczarkowy, intensywny, przyjemny	charakterystyczny dla produktu, warzywny, przyprawowy, paprykowy, bez posmaków obcych

5.3. Rafinowana skrobia grochowa

Otrzymana skrobia grochowa charakteryzowała się bardzo dużą czystością, co przedstawiono w rozdziale 4.1 oraz 4.2. Niemniej jednak, z punktu widzenia technologii żywności, otrzymany produkt powinien również charakteryzować się korzystnymi właściwościami reologicznymi. Dlatego otrzymaną skrobię (SR) poddano szeregu badań porównawczych z handlowo dostępnym preparatem produkcji Emsland Stärke GmbH.

Najczęściej przeprowadzaną analizą w przemyśle skrobiowym jest charakterystyka przebiegu kleikowania z wykorzystaniem wiskografu Brabendra, której wyniki przedstawiono na rysunku 16. Przebieg kleikowania obu badanych preparatów był zbliżony, jednak skrobia otrzymana w procesie „no waste” charakteryzowała się niższą temperaturą kleikowania, oraz bardziej dynamicznym wzrostem lepkości w fazie chłodzenia. Z tego powodu lepkość końcowa preparatu skrobi handlowej była, niższa o ok. 100 jednostek Brabendera (BE). Otrzymana charakterystyka przebiegu kleikowania preparatu skrobi grochowej otrzymanej w procesie bezodpadowym, świadczy o jej dużym potencjale technologicznym.



Rys. 16. Charakterystyka przebiegu kleikowania skrobi grochowych

Otrzymane kleiki skrobiowe zostały w dalszej kolejności poddane badaniom reologicznym (tabela 16) oraz tekstury (tabela 17). Wyniki badań potwierdziły wcześniejsze spostrzeżenia dotyczące zbliżonej mechaniki badanych płynów, jednak obserwowano między nimi istotnie różnice pod względem szczegółowej charakterystyki. Skrobia izolowana w ramach procesu „no waste” charakteryzowała się mniejszym współczynnikiem konsystencji oraz nieznacznie wyższym wskaźnikiem płynięcia. Świadczy to, iż przy niskich siłach ścinających skrobia handlowa będzie mieć wyższą lepkość, jednak wraz ze wzrostem sił ścinających różnica to będzie ulegała zmianie. Potwierdzają to wyniki badań tekstury, dla których twardość kleiku na bazie skrobi handlowej była nieznacznie wyższa niż dla produktu z procesu no waste. Należy jednak zaznaczyć, że kleik skrobi z procesu no waste miał większą spójność oraz mniejszą adhezyjność – co świadczy o bardziej „kremowej” konsystencji. Z kolei skrobia handlowa formowała kleiki o zażelowanej i tiksotropowej strukturze.

Tabela 16. Właściwości reologiczne kleików skrobi grochowej

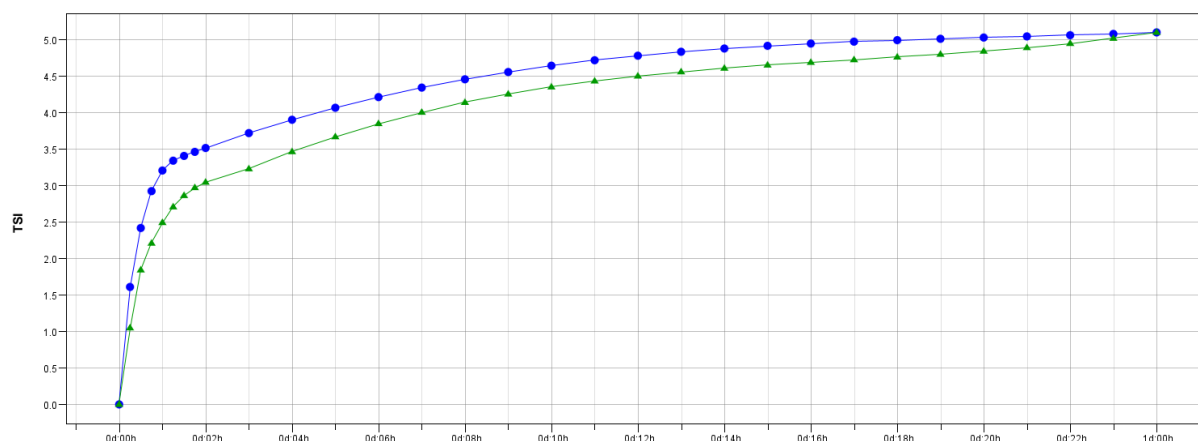
Skrobia	Współczynnik konsystencji (Pa·s ⁿ)	Wskaźnik płynięcia (-)	Tiksotropia (Pa·s ⁻¹)
No waste	26,3 ± 2,5	0,283 ± 0,024	1066 ± 76
Handlowa	44,9 ± 2,9	0,263 ± 0,016	-5080 ± 4197

Tabela 17. Uniwersalny profil tekstury kleików skrobi grochowej

Skrobia	Twardość (N)	Adhezyjność (N·s)	Spójność (-)	Sprężystość (-)	Gumowatość (N)
No waste	2,67 ± 0,17	-5,24 ± 0,40	0,55 ± 0,03	0,96 ± 0,03	1,45 ± 0,18
Handlowa	2,96 ± 1,11	-9,16 ± 0,91	0,50 ± 0,05	0,97 ± 0,02	1,44 ± 0,40

Końcowym etapem badań kleików skrobi grochowej były badania stabilności w układach emulsyjnych. W tym celu przygotowano modelowe emulsje na bazie skrobi grochowej oraz oleju rzepakowego, a następnie poddawano optycznej analizie celem monitorowania destabilizacji. Na jej podstawie określano wskaźnik Turbiscan Stability Index (TSI), który jest sumą wszystkich zmian przestrzennych w próbce w wybranych przedziałach czasowych świadczących o trwałości emulsji. Kinetyka procesu destabilizacji była jednakowa dla obu badanych skrobi (rysunek 17), z dynamicznym wzrostem TSI w pierwszej godzinie od przygotowania emulsji, okresem powolnego wzrostu do około 16 godzin i względnej

stabilizacji powyżej tego czasu. Niemniej jednak, w przypadku skrobi otrzymanej dzięki technologii opracowanej w ramach realizowanego zadania badawczego, proces destabilizacji był wolniejszy, co wynika z niższych wartości TSI. Obserwowana charakterystyka może być związana z „łagodniejszą” teksturą kleików tego preparatu skrobiowego.



Rys. 17. Turbiscan Stability Index badanych emulsji na bazie skrobi grochowych
(niebieski – preparat handlowy, zielony – preparat no waste)

5.3.1 Wykorzystanie skrobi grochowej produkcji opakowań biodegradowalnych

Skrobię grochową otrzymaną w wyniku przerobu bezopadowego, wykorzystano jako zamiennik lepszczu w produkcji tacek biodegradowalnych (ryunek 16). Receptura tacki opiera się na modyfikowanym preparacie wytworzonym na bazie skrobi ziemniaczanej wg. technologii opracowanej w ZK IBPRS-PIB na podstawie umowy nr MNISW/2020/318/DIR w programie pod nazwą „Inkubator Innowacyjności 4.0”. Wykorzystanie skrobi grochowej w w/w wynalazku było by szczególnie korzystne ze względu na dodatkową możliwość waloryzacji łuski grochowej – na podstawie realizowanego Inkubatora Innowacyjności stwierdzono, że dodatek łuski grochowej może poprawiać właściwości mechaniczne badanych tacek. W ramach badań realizowanych w niniejszym zadaniu podjęto się próby zastąpienia udział lepszczu skrobiowego na badaną skrobię grochową w zakresie od 20 do 60%.



Rys. 16. Zdjęcie przykładowych tacek wyprodukowanych z dodatkiem skrobi grochowej i barwionych w masie

Z punktu widzenia właściwości użytkowych tacek, najważniejsze są ich właściwości mechaniczne, a w szczególności twardość (dopowiadająca za odporność na złamanie czy przebicie). Wyniki badań dla badanych tacek zestawiono w tabeli 18. Stwierdzono, że dodatek badanej skrobi pozytywnie wpływa na jakość tacek, a ich twardość rośnie w sposób proporcjonalny do poziomu dodatku skrobi grochowej. Obserwowana charakterystyka może mieć związek z silnymi właściwościami żelującymi skrobi grochowej, co jest związane z jej naturalnie wysoką zawartością amylozy.

Tabela 18. Twardość tacek biodegradowalnych wyprodukowanych z dodatkiem skrobi grochowej

Zawartość skrobi (%)	Twardość (N)
0	$21,6 \pm 3,2$
20	$26,6 \pm 5,8$
40	$30,7 \pm 6,2$
60	$34,8 \pm 7,5$

Uzupełniając otrzymane tacki biodegradowalne, wyprodukowane z dodatkiem skrobi grochowej poddano analizie barwy (tabela 19). Dodatek skrobi grochowej istotnie zmieniał barwę produktu – wprost proporcjonalnie do stopnia zastąpienia lepszczu. Zmiana

barwy ΔE wynosiła ok. 1 na każde 10% zastępowania skrobią grochową. Co ciekawe zmiana ta nie była wiązana ze zmianą jasności produktu, a jedynie ze współrzędną chromatyczną b – dopowiadającą za barwę żółtą. Niemniej jednak barwa otrzymanych produktów była zdecydowanie jaśniejsza, niż większość produktów podobnego typu dostępnych na rynku.

Tabela 19. Parametry oraz ogólna różnica barwy (ΔE) tacek biodegradowalnych wyprodukowanych z dodatkiem skrobi grochowej

Zawartość skrobi (%)	L	a	b	ΔE
0	$89,9 \pm 0,3$	$-0,5 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,1$	-
20	$89,9 \pm 0,3$	$-0,7 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,5$	1,8
40	$90,1 \pm 0,4$	$-0,8 \pm 0,1$	$7,1 \pm 0,4$	4,0
60	$90,0 \pm 0,4$	$-1,0 \pm 0,1$	$9,3 \pm 0,8$	6,2

5.3.2 Wykorzystanie skrobi grochowej do produkcji sosów zimnych

Skrobię grochową otrzymaną w wyniku przerobu bezopadowego, wykorzystano jako zagęstnik do produkcji zimnych sosów pomidorowych, na podstawie doświadczeń ZK IBPRS-PIB w realizacji zadania badawczego nr 3. na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na podstawie umowy nr DRE.prz.070.2.2024. W tym celu zaprojektowano i wyprodukowano sosy z badaną skrobią grochową oraz handlową skrobią grochową. Następnie poddano je badaniom instrumentalnym: reologicznym, tekstury i barwy.

Otrzymane zimne sosy pomidorowe charakteryzowały się zbliżonymi właściwościami reologicznymi (tabela 20). Produkt zagęszczony skrobią z procesu „no waste” charakteryzował się nieco niższym współczynnikiem konsystencji, ale wyższym wskaźnikiem płynięcia – co potwierdza wcześniejsze spostrzeżenia dotyczące różnic w charakterystyce reologicznej badanych preparatów.

Tabela 20. Właściwości reologiczne sosów pomidorowych zagęszczonych skrobią grochową

Skrobia	Współczynnik konsystencji ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$)	Wskaźnik płynięcia (-)	Tiksotropia ($\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)
No waste	$8,1 \pm 0,6$	$0,378 \pm 0,011$	2081 ± 537
Handlowa	$8,9 \pm 0,9$	$0,350 \pm 0,013$	3349 ± 1418

Uniwersalny profil tekstury badanych sosów (tabela 21), podobnie jak w przypadku charakterystyki płynięcia, nie wskazywał na znaczące różnice pomiędzy zdolnością teksturotwórczą badanych preparatów skrobi grochowej – co obrazowała porównywalna wartość twardości sosów. Niemniej jednak, produkt zagęszczony skrobią otrzymaną w ramach procesu „no waste”, charakteryzował się nieco „gładszą” konsystencją, na co wskazywała niższa adhezyjność produktu oraz spójność i sprężystość (produkt ze względu na płynięcie wracał do pierwotnego kształtu).

Tabela 21. Uniwersalny profil tekstury sosów pomidorowych zagęszczonych skrobią grochową

Skrobia	Twardość (N)	Adhezyjność (N·s)	Spójność (-)	Sprężystość (-)	Gumowatość (N)
No waste	0,52 ± 0,01	-0,79 ± 0,09	0,85 ± 0,01	0,99 ± 0,01	0,44 ± 0,01
Handlowa	0,53 ± 0,01	-1,16 ± 0,15	0,80 ± 0,03	0,97 ± 0,02	0,42 ± 0,02

Ostatni etap oceny sosów obejmował analizę barwy produktów zagęszczonych różnymi rodzajami skrobi grochowej (tabela 22). Na podstawie ogólnej różnicy barwy (ΔE) pomiędzy badanymi sosami zimnymi, która wynosiła 0,5, stwierdzono że rodzaj zastosowanego preparatu miał pomijalny wpływ na barwę produktu. Co potwierdzają także różnice w wynikach poszczególnych komponentów barwy, mieszące się w zakresie błędów pomiarowego.

Tabela 22. Barwa sosów pomidorowych zagęszczonych skrobią grochową

Skrobia	L	A	b
No waste	35,3 ± 0,1	14,2 ± 0,1	8,8 ± 0,1
Handlowa	35,1 ± 0,1	14,3 ± 0,1	9,0 ± 0,1

5.4. Sos grochowy przyprawowy

Sos grochowy jest otrzymywany w wyniku zakwaszenia i podgrzewania odcieków; po uprzednim wyodrębnieniu dekantacyjnym skrobi (z wodnych ekstraktów rozdrobnionych, łuskanych nasion grochu); a następnie oddzieleniu skrzepu białka koagulującego; tzw. ługów zawierających głównie sacharozę, oligosacharydy, związki mineralne i niskocząsteczkowe, niekoagulujące białka. Ługi stanowią substrat do prowadzenia dalszej konwersji (po obniżeniu pH i prowadzeniu hydrolizy cukrów: sacharozy i galaktooligosacharydów dla uzyskania cukrów redukujących, prostych: glukozy, fruktozy i galaktozy). W wyniku reakcji w wysokiej temperaturze, ok. 100°C, następuje zwiększenie stężenia suchej substancji, a następnie po neutralizacji, alkalizacji i wywołaniu reakcji między cukrami i białkami, tworzą się nowe formuły związków aromatyczno-smakowych i barwnych (reakcje Maillarda). Produkt w formie nieznacznie lepkiego, brunatnego syropu, o lekko słodko-słonym smaku, może stanowić przyprawę do produktów spożywczych. Słodki i słony smak pochodzi od zagęszczonych cukrów i soli mineralnych zawartych w surowcu. W trakcie długiego gotowania wytwarza się unikalny smak i zapach nowej przyprawy, inny niż grochowy. Wyniki badań mikrobiologicznych sosu w czasie przechowywania przedstawiono w tabeli 23.

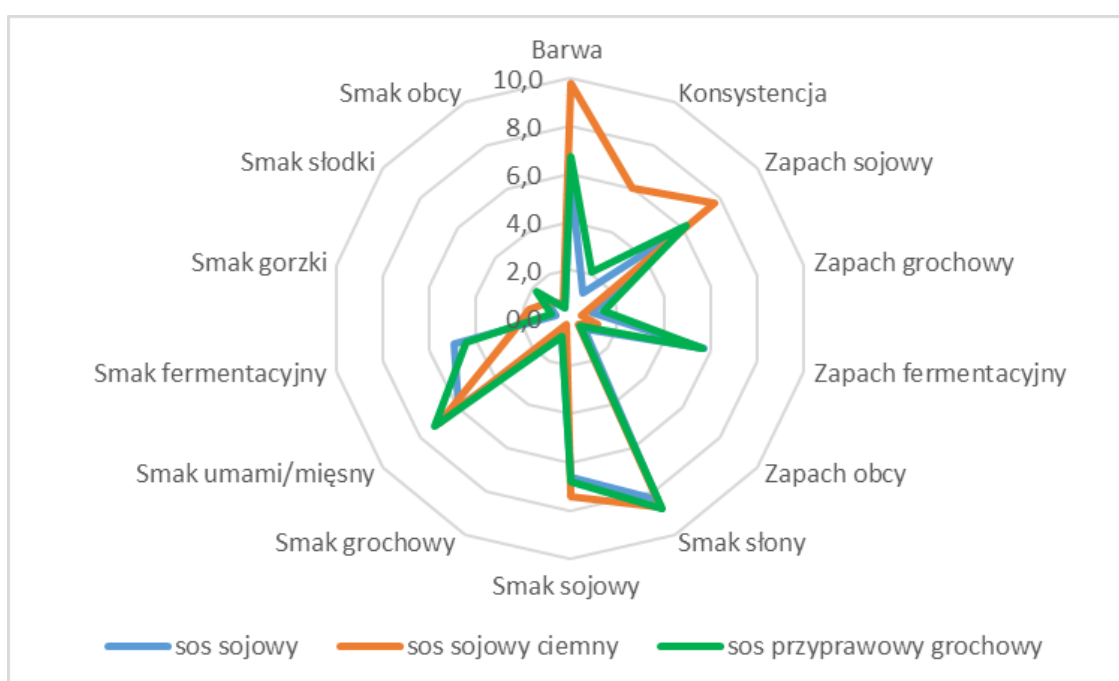
Tabela 23. Wyniki badań mikrobiologicznych przyprawowego sosu grochowego w czasie przechowywania

Badane drobnoustroje	Po 1 tygodniu (jtk/g)	Po 6 tygodniach (jtk/g)	Po 10 tygodniach (jtk/g)
Ogólna liczba drobnoustrojów w 1 g	$2,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$
Bakterie z rodzaju <i>Enterobacteriaceae</i> w 1g	Poniżej 10	Poniżej 10	Poniżej 10
Liczba <i>Escherichia coli</i> w 1 g	Poniżej 10	Poniżej 10	Poniżej 10
Liczba drożdży i pleśni w 1 g	Poniżej 10	Poniżej 10	Poniżej 10

Ponadto przeprowadzono badanie sensoryczne sosu przyprawowego grochowego metodą punktową (tabela 24) i profilową (rys. 18), w odniesieniu do komercyjnych sosów sojowych. Ogólna jakość sosu grochowego w ocenie punktowej została oceniona na dobrą podobnie, jak sosu sojowego. Badania sensoryczne metodą profilową wykazały, że sos grochowy charakteryzuje się zbliżonym smakiem i zapachem do sosu sojowego, przy czym sos grochowy charakteryzował się bardziej intensywnym smakiem umami.

Tabela 24. Wyniki oceny punktowej sosów sojowych

CECHA	Sos sojowy	Sos sojowy ciemny	Sos przyprawowy grochowy
Wygląd i barwa	4,4	4,9	4,9
Zapach	4,5	4,9	4,0
Konsystencja	4,1	4,8	4,6
Smak	4,5	4,6	3,8
Ocena ogólna	4,41	4,76	4,13
Jakość	dobra	bardzo dobra	dobra

**Rys. 18.** Ocena profilowa sosu przyprawowego grochowego i komercyjnych sosów sojowych

6. PODSUMOWANIE

W wyniku modelowego procesu frakcjonowania nasion grochu, uzyskano bez strat pięć cennych produktów o innych właściwościach w stosunku do surowca wyjściowego. Według modelowego procesu ze 100 kg bezwodnego surowca otrzymuje się następującą ilość bezwodnych produktów:

- łuski - 12 kg,
- skrobi rafinowanej - 14 kg,
- białka surowego – 7 kg,
- kiszanej kaszki - 58 kg,
- sosu przyprawowego - 9 kg.

Realizując technologię „no waste” wg proponowanego modelu zbilansowano ilość produktów z surowcem wyjściowym i zaproponowano zagospodarowanie użytkowe wszystkich pięciu produktów.

Waloryzację łuski grochowej uzyskano poprzez wzbogacenie pieczywa pszennego oraz ciastek kruchych. Wzbogacone, w nawet 10% dodatek mielonej łuski grochowej produkty cechowały się zbliżonymi parametrami jakościowymi oraz zwiększoną zawartością włókna pokarmowego o 2,5 g na 100 g produktu.

Skrobia grochowa z procesu bezodpadowego charakteryzowała się bardzo wysoką czystością, a w szczególności niską zawartością, popiołu, białka oraz włókna surowego. Ponadto otrzymany preparat charakteryzował się wysoką lepkością (powyżej 1000 jednostek Brabendera).

Otrzymane białko w ramach procesu no waste, charakteryzowało się czystością spotykaną dla izolatów białkowych. Dlatego w/w produkt może być wykorzystywany zarówno do konwencjonalnej żywności, jak i produktów specjalnego przeznaczenia żywieniowego.

W ramach opracowanego procesu otrzymano także nowy unikalny produkt w postaci kiszanej kaszki grochowej, której przydatność technologiczna i żywieniową potwierdzono do produkcji szeregu produktów spożywczych, które mogą stosowane w dietach wykluczających.

Waloryzując najbardziej problematyczny strumień boczny procesu krochmalniczego – ługi pokoagulacyjne, otrzymano sos przyprawowy o dobrej charakterystyce sensorycznej i wysokiej trwałości mikrobiologicznej.

7. WYKAZ STOSOWANYCH METOD

BADANIA WARTOŚCI ODŻYWCZEJ

- **Zawartość białka** wg PB-ZK/PK 09 wyd.3. Oznaczenie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
- **Zawartość tłuszczu** wg PN-A-79011-4:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości tłuszczu.
- **Zawartość węglowodanów** wg PN-A-79011-6:1998/Az1:2008 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczenie wartości kalorycznej.
- **Zawartość cukrów** - wg PN-A-79011-5:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczenie zawartości cukrów.
- **Zawartość popiołu ogólnego** wg PN-A-79011-8:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Zawartości popiołu ogólnego i popiołu nierozpuszczalnego w 10% (m/m) roztworze kwasu chlorowodorowego.
- **Zawartość wody** wg PN-A-79011-3:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości wody.
- **Zawartość błonnika** wg PB-PAZ/FS-15. Metoda enzymatyczno-wagowa. Wykonano w Laboratorium SGS Polska, AB 313.
- **Zawartość skrobi** wg PN-EN ISO 10520:2002 Skrobia naturalna – Oznaczanie zawartości skrobi – Metoda polarymetryczna Ewersa.
- **Zawartość włókna surowego** wg PN-EN ISO 5498:1996 Produkty rolno-spożywcze - Oznaczanie zawartości włókna – Metoda ogólna.

BADANIA MIKROBIOLOGICZNE

- **Ogólna liczba drobnoustrojów** wg PN-EN ISO 4833-1:2013 + Ap1:2016 Mikrobiologia łańcucha żywnościowego. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów. Część 1: Oznaczanie liczby metodą posiewu wgłębnego w temperaturze 30°C.
- **Liczba drożdży i pleśni** wg PN ISO-21527-2:2009 Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby drożdży i pleśni. Część 2: Metoda liczenia kolonii w produktach o aktywności wody niższej lub równej 0,95.

- **Liczba bakterii *Escherichia coli*** wg PN-ISO 16649-2:2004 Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby β -glukonidazo-dodatnich *Escherichia coli*. Część 2: Metoda płytkowa w temp. 44°C.
- **Liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*** wg PN-ISO 21528-2:2005 Mikrobiologia żywności i pasz Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby *Enterobacteriaceae*. Część 2: Metoda płytkowa
- **Liczba bakterii fermentacji mlekowej** wg PN-ISO 15214:2002 Mikrobiologia żywności i pasz. Horyzontalna metoda oznaczania liczby mezofilnych bakterii fermentacji mlekowej. Metoda płytkowa w temp. 30°C.

BADANIA SENSORYCZNE

- **Analiza sensoryczna metoda opisową (badania mąk i mączek)** wg PN-64/A-74013 Przetwory zbożowe. Badania organoleptyczne mąki i kaszy.
- **Analizę sensoryczną metodą profilową (produkty spożywcze)** wg PN-ISO 6564:1999 Analiza sensoryczna. Metodologia. Metody profilowania smakowości.
- **Metoda skalowania** wg PN-A-79011-2:1998/Az2:2008 Organoleptyczne badanie produktów spożywczych.

BADANIA FIZYCZNE

- **Analiza wiskograficzna** wg PB-ZK/PS 01 wyd. 3. Oznaczanie lepkości na wiskografie Brabendera.
- **Właściwości reologiczne** wg PB-ZK/PS 03 wyd. 3. Pomiar lepkości na reometrze Haake RotoVisco1.
- **Analiza profilu tekstury** wg PB-ZK/PS 04 wyd. 3. Oznaczanie tekstury na teksturometrze TA-XT2.
- **Pomiar kinetyki destabilizacji** wg PB-ZK/PS 25 wyd. 1. Pomiar transmitancji oraz światła wstecznie rozproszonego na analizatorze Turbiscan DNS.