



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

Określenie możliwych kierunków przetwórstwa żywności w gospodarstwach rolnych

wraz z opracowaniem stosownych instrukcji technologicznych
i metodyk zapewniających wytworzenie bezpiecznego produktu



**BADANIA ZREALIZOWANE W RAMACH ZADANIA 3.: EKSPERTYZY, OPINIE WSPOMAGAJĄCE PROJEKTOWANIE
INTERWENCJI PS WPR 2023 – 2027 REALIZOWANEGO NA ZLECENIE MINISTERSTWA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI
NA PODSTAWIE UMOWY NR DRR.PRZ.070.1.2022.**

**Określenie możliwych kierunków przetwórstwa żywności
w gospodarstwach rolnych wraz z opracowaniem stosownych
instrukcji technologicznych i metodyk zapewniających
wytworzenie bezpiecznego produktu**

Badania zrealizowane w ramach Zadania 3.: Ekspertyzy, opinie wspomagające projektowanie interwencji PS WPR 2023 – 2027 realizowanego na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na podstawie umowy nr DRR.prz.070.1.2022.

Opracowali:

dr inż. Elżbieta Wojtowicz

mgr inż. Roman Zielonka

mgr inż. Agnieszka Jędrzejczak

dr Zuzanna Małyszek

mgr inż. Katarzyna Zając

dr inż. Krzysztof Przygoński

inż. Irena Jóźwiak

grudzień 2022 r.

SPIS TREŚCI

1	Wprowadzenie.....	3
2	Określenie możliwych kierunków przetwórstwa żywności wegańskiej w gospodarstwach rolnych	5
3	Określenie parametrów technologicznych i wytycznych procesowych otrzymywania zastępników sera.....	6
4	Weryfikacja doświadczalna parametrów i wytycznych.....	16
5	Badania sensoryczne produktów z grochu i ciecierzycy.....	19
6	Uszlachetnianie produktów.....	23
7	Przygotowanie instrukcji technologicznych i metodyk zapewniających wytworzenie bezpiecznych produktów.....	31
8	Podsumowanie.....	35
9	Wykaz stosowanych metod	36
10	Spis załączników.....	37

1.WPROWADZENIE

W ostatnich latach obserwuje się ciągły wzrost zapotrzebowania na białko pochodzenia roślinnego. Białka roślinne stanowią dobre źródło związków energetycznych i strukturalnych. Konsumenci unikający produktów mlecznych z powodu nietolerancji jego składników lub alergii, osoby stosujące diety wegetariańskie lub wegańskie poszukują składników pochodzenia roślinnego jako substytutów mleka i wyrobów mlecznych w tym serów.

Jednym z najpopularniejszych wyrobów mlecznych jest ser biały (twaróg) zaliczany do serów świeżych, o białej barwie i grudkowatej bądź kremowej konsystencji, zależnej od zawartości tłuszczu w mleku. Proces jego przygotowania polega na skwaszeniu mleka, a następnie stopniowym jego podgrzewaniu bez osiągnięcia temperatury wrzenia, ostudzeniu i odcedzeniu. Twaróg w postaci skrzepu zostaje poddany dalszej obróbce. Istnieje wiele gatunków sera i dzieli się je np. ze względu na gatunek mleka, zawartość tłuszczu, konsystencję, proces produkcyjny i czas dojrzewania. Ser zawiera wiele składników odżywczych. Technologią produkcji serów zajmuje się serowarstwo. Na świecie produkuje się ok 4000 gatunków serów, z czego w Polsce ponad 600. Proces produkcji sera zaczyna się od wyrównania zawartości tłuszczu w mleku (normalizacja), po czym mleko poddaje się pasteryzacji, a następnie do mleka dodawane są charakterystyczne dla danego gatunku sera bakterie, które przetwarzają laktozę do kwasu mlekowego, co sprzyja wyciekowi serwatki. Dalsze etapy produkcji są zróżnicowane, a powstające w nich sery są klasyfikowane jako podpuszczkowe, kwasowe lub kwasowo-podpuszczkowe. Pod wpływem podpuszczki i środowiska kwasowego dochodzi do koagulacji kazeiny i powstania skrzepu, który rozdrabniany jest później na ziarna, odsączana jest z niego serwatka, a następnie formowane są bloki serowe, które podlegają prasowaniu, a na koniec soleniu. W zależności od obróbki skrzepu i warunków dojrzewania wyróżnia się sery półtwarde, twarde i miękkie. Końcowym etapem produkcji jest etap dojrzewania. W jego trakcie grzyby i bakterie m.in. rozkładają laktozę do kwasu mlekowego, rozkładają białka i hydrolizują tłuszcze – efektem tego procesu jest charakterystyczny smak i zapach każdego z gatunków sera. Sery kwasowe otrzymuje się poprzez zakwaszenie mleka kulturami bakteryjnymi lub kwasami (np. octowym lub cytrynowym), w efekcie powstanie skrzep i serwatka. Następnie skrzep jest krojony, dogrzewany, płukany, odsączany, prasowany i formowany. Sery kwasowo-podpuszczkowe powstają poprzez dodanie do mleka kultur bakteryjnych i podpuszczki.

Znany na świecie jest roślinny twarożek nazywany tofu, a popularne w Japonii i Chinach oraz innych krajach azjatyckich otrzymywany w procesie koagulacji mleka sojowego. Tofu nie ma własnego, swoistego smaku i podczas przyrządzania przyjmuje smak innych produktów. Daje się natomiast łatwo i szybko przyrządzać na dziesiątki różnych sposobów.

Roślinnym zamiennikiem serów lub wyrobów mięsnych popularnym w kuchni azjatyckiej jest seitan wysokobiałkowy produkt spożywczy otrzymywany z glutenu pszennego. Seitan jest otrzymywany przez wypłukanie skrobi z mąki pszennej. Składa się prawie wyłącznie z białka, głównie glutenu. Wykorzystywany jest w kuchniach dalekowschodnich i wegetariańskich.

Głównym celem zrealizowanego zadania było wskazanie nowych kierunków przetwórstwa żywności wegańskiej i umożliwienie wdrażania w gospodarstwach rolnych technologii nowych produktów z wykorzystaniem roślin strączkowych.

Wspierając niszowe w kraju uprawy roślin strączkowych, zaproponowano nowe rozwiązania z wykorzystaniem tych surowców do otrzymywania wegańskich produktów żywnościowych. Białka roślin strączkowych stanowią, uzasadnioną także ekonomicznie, alternatywę białka pochodzenia zwierzęcego, ze względu na niskie koszty energetyczne (krótki łańcuch „od pola do stołu”) oraz mniejsze zużycie wody w przeliczeniu na 1 kg produktu.

Rośliny strączkowe posiadają właściwości wiązania azotu, co przyczynia się do zwiększenia żyzności gleby. Ich uprawa wspiera zrównoważone rolnictwo, a ich zdolności adaptacyjne przyczyniają się do łagodzenia zmian klimatycznych.

W ramach zadania opracowano i doświadczalnie zweryfikowano instrukcje technologiczne produkcji białkowych substratów strączkowych służących do otrzymania roślinnych zastępników sera. Technologia otrzymywania substratów białkowych do produkcji zamienników serów uwzględnia ograniczenie, poprzez frakcjonowanie i ekstrahowanie, trudno strawnych składników występujących w roślinach strączkowych. Opracowano propozycje technologii np. kontenerowych, możliwych do wdrożenia w gospodarstwach rolnych. Wykorzystanie instrukcji technologicznych przyczyni się do uaktywnienia RHD poprzez możliwość wdrażania nowych, unikatowych produktów żywnościowych o dużym potencjale rynkowym. Dotychczas główny obszar wdrożeń w zakresie RHD dotyczył produktów mlecznych i mięsnych. Opracowane technologie pozwolą na wsparcie kolejnych obszarów działalności rolniczej przy jednoczesnym zapewnieniu tworzenia produktów o wysokich walorach żywieniowych.

2. Określenie możliwych kierunków przetwórstwa żywności wegańskiej w gospodarstwach rolnych

Nasiona roślin strączkowych, szczególnie grochu (*Pisum sativum* L.) i ciecierzycy (*Cicer arietinum* L.), stanowią spichlerz składników odżywczych i prozdrowotnych. Dojrzałe, suche nasiona tzw. żółtego grochu i ciecierzycy są trwale mikrobiologicznie i łatwe do przechowania. Nasiona grochu są łatwe do uprawy w kraju i stanowią tanie źródło cennych składników odżywczych: białka ok. 20% i skrobi ok. 50%, oraz zawierają niewielką ilość tłuszczu (ok. 2%). Oprócz tego, w ich składzie występuje błonnik, w tym trudno strawne galaktooligosacharydy, witaminy i makroelementy - potas, magnez, wapń i fosfor w formie związków mineralnych. Ciecierzycę jako bardziej ciepłolubną niż groch jest rzadziej uprawiana w kraju. Jest to jedna z najstarszych i najczęściej spożywanych roślin strączkowych wywodząca się z terenów Bliskiego Wschodu. Suche nasiona ciecierzycy zawierają ok. 20% białka, 40% skrobi i ok 6% tłuszczu. Ciecierzycę charakteryzuje delikatny, lekko orzechowy smak. Łagodny smak i większa zawartość tłuszczu pozwalają uzyskać substrat białkowy o bardzo dobrych cechach sensorycznych (o łagodniejszym smaku i bardziej kremowej konsystencji niż substrat z grochu).

Nadmierna ilość związków trudno strawnych, wpływa na stosunkowo niską konsumpcję nasion roślin strączkowych oraz ich wykorzystanie do celów paszowych. W celu ograniczenia udziału składników trudno strawnych, zaproponowano ekstrahowanie składników i ich frakcjonowanie. Najprostszym rozwiązaniem jest metoda równoczesnego otrzymywania dwóch produktów: spożywczego i paszowego. Metoda ta nadaje się szczególnie się dla małych i średnich gospodarstw rolnych. Otrzymane odcieki o kilkuprocentowym stężeniu, zawierające azot w formie rozpuszczalnych białek, cukry i związki mineralne (potas, magnez, wapń i fosfor) można traktować jako ściek lub zagospodarować w formie płynnego nawozu.

Poniżej, w tabeli 1 przedstawiono charakterystykę surowca – suchych nasion grochu i ciecierzycy.

Tabela 1. Charakterystyka nasion grochu i ciecierzycy

WYRÓŻNIKI	Groch	Ciecierzycy
Woda [%]	11,6 ± 0,2	8,9± 0,2
Skrobia	45,4 ± 0,6	44,7± 0,8
Białko [%]	19,5 ± 1,1	20,5± 0,8
Cukry [%]	5,9 ± 1,6	4,7± 0,2
Błonnik pokarmowy [%]	13,2 ± 4,1	12,2± 0,7
Tłuszcz [%]	1,8 ± 0,1	6,1± 0,3
Popiół [%]	2,8 ± 0,1	2,9± 0,1

3. Określenie parametrów technologicznych i wytycznych procesowych otrzymywania zastępników sera

W ramach realizacji zadania określono etapy procesu technologicznego oraz jego parametry otrzymywania roślinnych zastępników sera.

Przyjęto następujące założenia:

- surowcem są suche nasiona grochu lub ciecierzycy: oczyszczone, z łuską lub bez łuski, całe lub połówki (pochodzące z własnej uprawy lub z zakupu),
- w trakcie przemian technologicznych otrzymuje się **dwa** równo cenne produkty:
 - zastępnik sera - produkt sero-podobny proteinowy otrzymywany na drodze wyizolowania części białek z nasion, a dalej uszlachetnienia do postaci smarowalnych past lub sprężystych zwartych kuleczek proteinowych *typu mozzarella*,
 - uszlachetnioną biomasę z rozdrobnionych nasion jako substrat na paszę.
- produkty charakteryzują się następującą trwałością:
 - uszlachetnione serki smarowalne lub kuleczki proteinowe – kilkutygodniowa trwałość po pasteryzacji w szklanym opakowaniu (pasty serowe wprost, a kuleczki *typu mozzarella* w zalewie oleju),
 - uszlachetniona pasza – trwałość kilkumiesięczna dzięki zakiszeniu.
- metody przetworzenia nasion strączkowych: grochu lub ciecierzycy, mogą być stosowane zamiennie, ponieważ wstępne badania wykazały, że sposób postępowania technologicznego niewiele się różni. Do dalszych badań przyjęto jako surowiec groch, który jest łatwiej dostępny w kraju, tańszy niż ciecierzycza,
- zasady metody przetwarzania nasion:
 - oczyszczenie przyjętych prosto z pola nasion dla otrzymania nasion kwalifikowanych,
 - rozdrobnienie do odpowiednio ustalonej granulacji przemiału (surowcem mogą być całe nasiona z łuską lub bardziej uszlachetnione - całe lub połówki nasion bez łuski),
 - mieszanie przez 1 godzinę rozdrobnionych nasion z wodą (w proporcji masowej 3:1) w celu wyekstrahowania w temperaturze 40°C części składników, głównie rozpuszczalnych cukrów, białek, tłuszczu i związków mineralnych,
 - oddzielenie stałej masy grochowej od ciekłych ekstraktów grochowych.

- masa grochowa poekstrakcyjna, która stanowi główny produkt pod względem masy, zubożona jest w składniki rozpuszczalne w porównaniu do nasion grochu (cukry, białka, związki mineralne i tłuszcze). Masa grochowa wykazuje się niższą kalorycznością, mniejszą zawartością błonnika rozpuszczalnego (galaktooligosacharydy: rafinoza, stachioza, werbaskoza), ale za to zwiększoną zawartością błonnika nierozpuszczalnego niż groch. Błonnik, a szczególnie jego część rozpuszczalna odpowiada za dolegliwości gastryczne ludzi i zwierząt monogastrycznych. Z tego powodu, mimo że żywieniowcy poszukują dobrego źródła błonnika o cennych właściwościach prozdrowotnych (dla ludzi i dla zwierząt) jego ilość wymaga limitowania w diecie. Dla zapewnienia wielomiesięcznej trwałości biomasy poddaje się ją zakiszeniu bakteriami mlekowymi.
- ekstrakty grochowe stanowią substrat do otrzymywania produktów o charakterze zastępników sera - białkowej pasty grochowej, która po skomponowaniu z przyprawami, może stanowić rynkowy np. „gzik stolecki grochowy” tak jak znany *gzik poznański* z sera krowiego. Po dalszym uszlachetnieniu proponuje się wytworzyć kuleczki/wałeczki o średnicy ok. 1 cm, „kęski grochowe”, łatwe do porcjowania, utrwalone nie tylko poprzez pasteryzację, ale także poprzez hermetycznie zapakowanie w słoiczki w zalewie oleju. Produkt ten o charakterze przypominającym ser *mozzarella* o delikatnym smaku ma stanowić rodzaj zdrowego wygodnego posiłku/przekąski. Dostarczać będzie cennych aminokwasów pochodzących z grochu oraz odżywczą skrobię, będzie stanowić skondensowane pożywienie białkowo-węglowodanowe.

W trakcie realizacji procesu zaplanowano następujące operacje: rozdrobnienia, ekstrakcji, frakcjonowania (wytracania frakcji białkowej), separacji składników rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych.

MODELOWY PROCES OTRZYMYWANIA ZASTĘPNIKÓW SERA Z NASION STRĄCZKOWYCH W POWIĄZANIU Z HODOWLĄ BYDŁA

W celu racjonalnego wykorzystania odżywczych i bioaktywnych składników nasion strączkowych proponuje się stworzenie modułowej instalacji technologicznej usytuowanej w pobliżu małego stada krów mlecznych lub bydła. Po wyizolowaniu części białka, tłuszczu i cukrów z nasion strączkowych i skoncentrowaniu ich do postaci sera, pozostała część nasion może zostać wykorzystana do skarmienia po uprzednim zakiszeniu. W ramach całościowej koncepcji (przy dużej wydajności) proponuje się uwzględnienie instalacji biogazowni, która pozwoli na utylizację gnojowicy razem z odciekami z grochu, a otrzymany metan zostanie wykorzystany jako paliwo do procesów termicznych w produkcji serów.

Celem badań było określenie sposobu ekstrakcji białek z nasion grochu i ciecierzycy, oznaczenie zawartości białka, tłuszczu i koncentracji suchej substancji w ekstraktach oraz wyodrębnienie białka z ekstraktów poprzez koagulację kwasową, następnie odsączenie skrzepu od odcieków i sprasowanie.

Wykonano serię wstępnych badań laboratoryjnych, które pozwoliły na optymalizację parametrów procesu i opracowanie opisu postępowania technologicznego. Badania polegały na ekstrakcji nasion grochu i ciecierzycy rozdrobnionych (cząstki o wielkości 2-4 mm), przy różnym udziale wody, mieszaniu w 40°C, separacji cząstek stałych od płynu. Wydzielony płyn poddawano sedymentacji i dekantacji rozproszonych w nim ziarenek skrobi i drobnych włókien, a zgromadzony supernatant został poddany zakwaszeniu kwasem cytrynowym do pH 4,5-4,6. Następnie płyn podgrzewano do 95°C i przetrzymywano przez 5 min w celu realizacji kwasowo-termicznej koagulacji, schładzano masę i wydzielono osad skoagulowanych białek grochowych, poprzez odsączenie odcieku pod próżnią.

Optymalizacja czasu ekstrakcji w wybranej temperaturze 40°C.

Przeprowadzono ekstrakcję rozdrobnionych nasion grochu (o wilgotności 11,6%) w różnych proporcjach z wodą:

- Próbką A - 100 g rozdrobnionych nasion grochu + 200 g wody
- Próbką B - 100 g rozdrobnionych nasion grochu + 300 g wody
- Próbką C - 100 g rozdrobnionych nasion grochu + 400 g wody

Próbki mieszano w kolbach w łaźni wodnej z wstrząsarką, w temperaturze 40°C, a na końcu uzupełniano wodą destylowaną, odpowiednio do 300, 400, 500 g netto. W trakcie procesu

obserwowano zmiany wartości ekstraktów po 0,5 h, 1 h i 1,5 h. W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiaru ekstraktu.

Tabela 2. Zmiany ekstraktu w funkcji czasu

Oznaczenie próbki	Stosunek masy nasion grochu do wody	Stężenie ekstraktu [°Bx]		
		Czas ekstrakcji [h]		
		0,5	1,0	1,5
A0	1:2	6,97	7,63	8,03
B0	1:3	3,80	4,89	4,69
C0	1:4	2,63	3,19	3,05

Na podstawie doświadczenia stwierdzono, że między 1 h a 1,5 h parametry ekstrakcji uległy stabilizacji tj. przy ograniczonej ilości wody (proporcja 1:2 - próbka A0) nastąpił jeszcze lekki przyrost ekstraktu, natomiast przy użyciu większej ilości wody (próbka B0 i C0) nie zaobserwowano wzrostu ekstraktywności. Przyjęto na podstawie tego doświadczenia następujące parametry ekstrakcji w temperaturze 40°C czas 1,25 h, tj. 75 min.

Optimalizacja ilości wody używanej do procesu ekstrakcji

Przeprowadzono ekstrakcję dla próbek A, B, C w czasie 75 min i w temperaturze 40°C. Po zakończeniu ekstrakcji oddzielono cząstki stałe od płynu metodą filtracyjną na tkaninie serowarskiej. Przebieg doświadczenia pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Przebieg doświadczenia laboratoryjnego optymalizacji wody do procesu ekstrakcji

Po zakończonej separacji cząstek stałych uzyskaną płynną masę (A0, B0 i C0) poddano sedymentacji na tkaninie serowarskiej. Po sedymentacji zlano roztwór z nad osadu, a osad (faza

stała A2, B2 i C2) zmieszano z mokrym grochem poekstrakcyjnym. Do koagulacji białka przeznaczone zostały płyny z nad osadu skrobiowo-błonnikowego (A1, B1, C1). Oznaczono masę produktów oraz ich suchą substancję, co pozwoliło określić efekt procesu tj. uzysk poszczególnych frakcji w stosunku do substratu grochowego (tabela 3).

Wyniki w tabeli powyżej wskazują, że ilość suchej substancji w ekstraktach wzrasta wraz z nadmiarem ilości wody użytej do ekstrakcji, tj. 6,5 g dla stosunku 1:2, 7,4 g dla stosunku 1:3, 7,9 dla nadmiaru wody 1:4. Większa ilość wody użyta do ekstrakcji skutkuje wyraźnym rozcieńczeniem (z 6,1% do 2,6%) ekstraktu. To ewidentnie wpłynie na ekonomiczne skutki projektu.

Tabela 3. Efekty bilansowe (masowe) procesu ekstrakcji

Próbka	Masa substratu nasiona + woda [g]	Masa [g ss.]	Fazy/oznaczenie	Masa [g]	s.s. [%]	Masa s.s. [g]	Udział s.s. fazy w stosunku do s.s. substratu	Białko w s.s. [%]
A0	300	88,4	Faza ciekła/ A1	106	6,1	6,5	0,074	51,0
			Faza stała/ A2	194	37,0	71,8	0,81	26,9
B0	400	88,4	Faza ciekła/ B1	206	3,6	7,4	0,084	47,2
			Faza stała/ B2	194	34,5	66,9	0,76	22,9
C0	500	88,4	Faza ciekła/ C1	307	2,6	7,99	0,090	43,7
			Faza stała/ C2	193	35,3	68,1	0,77	24,8

Dodatkowo sprawdzono wpływ ilości wody użytej do ekstrakcji na efekt ekstrakcji tłuszczu z grochu analizując zawartość tłuszczu w ekstrakcie najbardziej stężonym A0 i najmniej stężonym C0 (tabela 4).

Tabela 4. Zawartość tłuszczu w ekstraktach grochowych

Oznaczenie próbki	Sucha substancja [%]	Tłuszcz [%]	Tłuszcz. [%] w s.s
A0	8,03	0,40	5,0
C0	3,05	0,15	4,9

Wyniki wskazują, że ilość tłuszczu w przeliczeniu na suchą substancję wyekstrahowanej masy jest niezależna od proporcji między ilością rozdrobnionych nasion i wody w ustalonych warunkach (rozdrobnienia nasion, temperatury i czasu ekstrakcji oraz sposobu mieszania).

Uwagi!

Analizując wyniki w końcowym etapie badań, porównano wyniki między grochem a ciecierzycą, przy czym zastosowano ilość wody w stosunku do surowca (grochu, ciecierzycy) 3:1. Ponadto, dla zwiększenia udziału s.s. w fazie ciekłej wprowadzono większe rozdrobnienie nasion (zamiast stosowania rozdrobnienia 2-4 mm, wprowadzono granulowanie do 1-2 mm) i skrócono ekstrakcję do 60 minut (przy zachowaniu temperatury ekstrakcji 40°C).

Zawartość suchej substancji w odpowiednich fazach w stosunku do suchej substancji wprowadzonej z substratem nie bilansuje się, wiąże się to z ubytkiem osadów skrobiowo-błonnikowych poddawanych przed koagulacją białek sedymentacji (2 h) i dekantacji.

Uzyskane fazy ciekłe A1, B1 i C1, pozbawione osadów skrobiowo-błonnikowych, w wyniku sedymentacji i dekantacji stanowią źródło białka, które w procesie **kwasowej koagulacji** podlega odseparowaniu jako produkt wegański - alternatywa twarogu.

Natomiast poekstrakcyjne mokre nasiona wymieszane z osadami skrobiowo-błonnikowymi A2, B2, C2 o stężeniach suchej substancji w zakresie 34,5-37% stanowią surowiec paszowy, który po **zakiszeniu** nabywa wielomiesięcznej trwałości. Przed zakiszeniem masa wykazała 6,6 pH, a zawartość białka w s.s wynosiła odpowiednio 26,9%, 22,9% i 24,8%. Z trzech próbek do zakiszenia wybrano próbkę B2 o zawartości białka 22,9% w s.s. i zawartości wody 65,5%. Wytwarzanie kiszonki grochowej polegało na wprowadzeniu do grochowej masy poekstrakcyjnej kultur bakteryjnych startowych*, zmieszaniu i przetrzymywaniu w temperaturze pokojowej w warunkach beztlenowych.

*Kultury bakteryjne startowe stosowane w eksperymencie stanowił handlowy preparat dwuskładnikowy *LACTACEL-L* produkowany przez Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego-PIB (Rys. 4).



Rys. 4. Kultury bakteryjne starterowe IBPRS-PIB

Instrukcja stosowania preparatu *Lactacel-L*:

Preparat dwuskładnikowy do dozowania w postaci roztworu wodnego. Składa się z :

A-koncentratu bakterii w postaci proszku

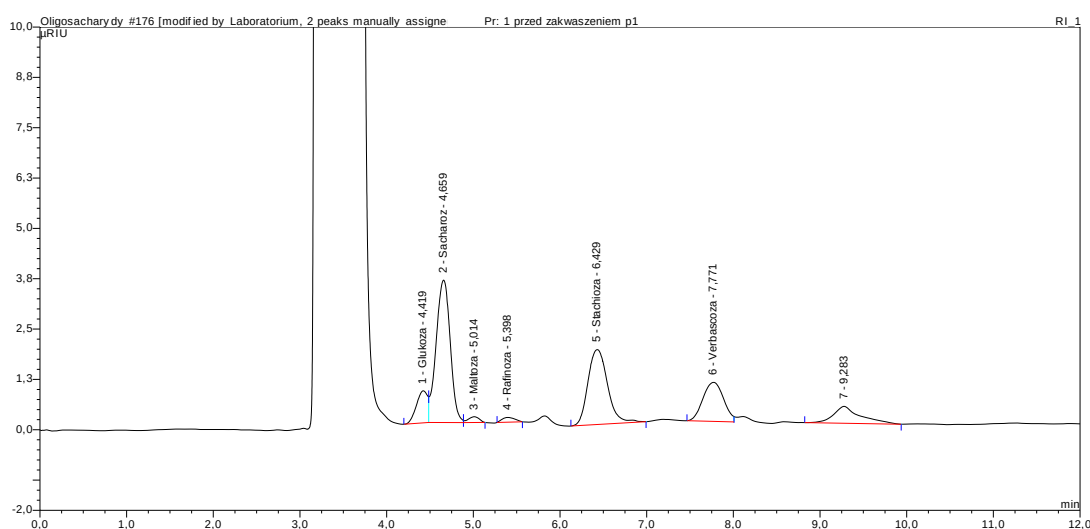
B- płynny koncentratu zawierający enzymy paszowe.

Zawartość opakowań (A-150 g, B-120 ml)) przeznaczona jest do otrzymania 30 ton kiszonek.

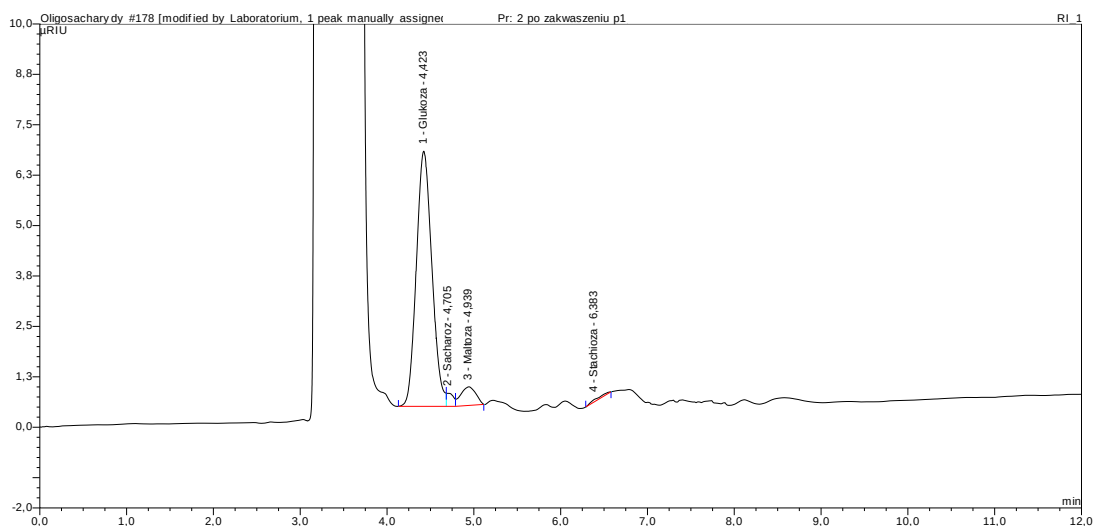
Do 30 l czystej wody wprowadza się składnik A i B i miesza się do pełnego ich rozpuszczenia.

Dawka: 10 litrów roztworu do 10 ton zakiszenia surowca (1litr na 1 tonę).

Po 2 tygodniach procesu zakiszania, oceniono próbkę organoleptycznie, oznaczono pH masy oraz porównano skład cukrowy próbki T2 w odniesieniu do próbki wyjściowej T0 po jego oznaczeniu chromatograficznym HPLC. Zmiana składu cukrów stanowi funkcję stopnia fermentacji mlekowej. Na chromatogramach (Rys. 5 i 6) zaobserwowano zaskakująco korzystne zmiany udziału poszczególnych cukrów: jedno -, dwu- i kilkucukrowych oligosacharydów w składzie cukrowym, co pozwala wykorzystać te kiszonki do tworzenia receptur pokarmowych pasz dla bydła. Wyniki zawartości cukrów przedstawiono w tabeli 5.



Rys. 5. Chromatogram próbki T0 masy grochowej przed zakiszeniem.



Rys. 6. Chromatogram próbki T2 masy grochowej po zakiszeniu.

Tabela 5. Wyniki zawartości cukrów w próbkach masy grochowej przed i po zakiszeniu

Zawartość cukrów	Próbka T0 masa grochowa przed zakiszeniem		Próbka T2 masa grochowa po zakiszeniu	
	g/100 g	g/100 g s.s.	g/100 g	g/100 g s.s.
Fruktoza	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Glukoza	0,12±0,01	0,28±0,03	1,02±0,05	2,51±0,13
Galaktoza	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Sacharoza	0,58±0,02	1,40±0,06	0,02±0,01	0,04±0,02
Maltoza	0,03±0,01	0,06±0,02	0,08±0,01	0,19±0,02
Laktoza	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Rafinoza	0,03±0,01	0,06±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00
Stachioza	0,52±0,00	1,26±0,01	0,05±0,05	0,11±0,12
Werbaskoza	0,23±0,01	0,56±0,03	0,00±0,00	0,00±0,00

Uwaga!

Stwierdzono, że zawartość trudno strawnych oligosacharydów – sumy rafinozy, stachiozy, werbaskozy, zmniejszyła się z 0,78 mg/100g do 0,05 mg/100 g. Na skutek połączonego działania enzymów i bakterii nastąpiła częściowa hydroliza skrobi do cukrów prostych i rozkład

galaktooligosacharydów. Proces kiszenia wg naszych badań, poza utrwaleniem mikrobiologicznym poprawia strawność biomasy, bowiem odpowiednio prowadzone procesy fermentacyjne, pozwalają na drastyczne zmniejszenie ciężkostrawnych galaktooligosacharydów. W rezultacie pozwala to wykorzystać biomasę i zwiększyć jej porcje żywieniowe nie tylko dla opasów, ale także zwierząt monogastrycznych. Oznacza to także, że po przeprowadzeniu procesu kiszenia w warunkach spożywczych, zakiszone cząstki nasion poekstrakcyjnych nadają się do wykorzystania jako kiszony produkt spożywczy, na przykład jako dodatek do sałatek.

Proces koagulacji białek

Ekstrakty A1, B1, C1 (roztwory po rozdziale) zakwaszono krystalicznym kwasem cytrynowym, aby określić wskaźniki uzysku białka do wykorzystania przy późniejszym projektowaniu technologii. Przyjęto zakres izoelektryczny białek pH 4,5-4,7. Parametry doświadczenia przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Badania procesu koagulacji białek

Próbki	Masa [g] /stężenie [%]	pH wyjściowe	Ilość dodanego kwasu cytrynowego [g]	pH końcowe
A1	57,6 / 6,1	6,6	0,45	4,65
B1	153,4 / 3,6	6,6	0,34	4,61
C1	249,6 / 2,6	6,6	0,23	4,46

Zakwaszone próbki podgrzano (w łaźni) do temperatury 95°C i schłodzono do temperatury 30°C, a następnie w lodówce do 5°C. Skoagulowaną masę odfiltrowano na lejku Buchnera z sączkiem bibułowym (miękkim). W trakcie doświadczenia stracono część masy, w tym poprzez odparowanie. W wyniku sączenia otrzymano skoagulowane białko (A4, B4, C4) w formie wilgotnego, krucho-elastycznego placka. Wstępne wyniki bilansowe przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Uzysk skoagulowanego białka

Próbka	Masa po pobraniu próbek do koagulacji [g]	Masa przefiltrowanej próby (białka grochowe w formie placka filtracyjnego) [g]	Wilgotność placka białkowego [%]	Białko [% w s.s.]
A4	43,96	7,52	77,0	92,1
B4	139,39	5,505	75,9	90,6
C4	235,06	2,525	81,7	79,8

Otrzymany skoagulowany produkt białkowy w formie placka filtracyjnego (Rys. 7) w formie kremowej elastycznej masy, łatwej do formowania, choć lekko kruchej, nadaje się do tworzenia wyrobów białkowych wegańskich, o przyjemnym lekko kwaśnym smaku.



Rys. 7. Produkt białkowy w formie placka po filtracji

Produkt białkowy może zostać wykorzystany do tworzenia receptur serków wegańskich z dodatkiem przypraw, tłuszczu, a także skrobi naturalnej lub modyfikowanej dla poprawy konsystencji i nadania nowych właściwości funkcjonalnych. Można stworzyć tzw. smarowidła - wegańskie „serki” kanapkowe z dodatkiem tłuszczu roślinnego i przypraw. Można także stworzyć nowy asortyment produktów seropodobnych na wzór sera mozzarella. Do serka grochowego dodano niewielką ilość skrobi i uformowano kuleczki o średnicy ok. 1 cm, które poddano działaniu temperatury 95°C dla zżelowania skrobi. Po wychłodzeniu uzyskano kuleczki „serowe grochowe” typu mozzarella, o charakterze przekąski.

4. Weryfikacja doświadczalna parametrów i wytycznych

Na podstawie wstępnych modelowych badań laboratoryjnych przygotowano plan badań technologicznych dla dwóch surowców: nasion grochu i ciecierzycy niełuszczonych (rozdrobnionych) otrzymania ekstraktów białkowych jako substratów do koagulowania białek i wydzielenia w formie wilgotnych placków białkowych - grochowego i ciecierzycowego.

Badania dotyczyły 500 g każdego surowca i były przeprowadzone dla otrzymania podstawy do opracowania wytycznych technologicznych dla projektu inżynierskiego. Ekstrahowanie rozdrobnionych nasion odbywało przy nadmiarze wody w stosunku do surowca 3:1 i mieszaniu przez 1 godzinę w temperaturze 40°C. Odseparowanie cząstek przeprowadzono poprzez wirowanie filtracyjne na membranie serowarskiej, a po dwugodzinnej sedymentacji ciecz zlano z nad osadu skrobiowo-błonnikowego i następnie poddano zakwaszeniu kwasem cytrynowym do pH 4,5-4,7, a dalej podgrzano ciecz do 95°C i termostatowano przez 6 min. Całość schłodzono w łaźni wodnej do temperatury 30°C, a potem do 10°C w lodówce. Skoagulowane białko grochowe i ciecierzycowe oddzielono na próżniowym lejku Buchnera z sączkiem bibułowym miękkim.

Warunki procesowe:

- proporcja mas: wody: rozdrobnione nasiona = 3:1,
- temperatura /czas ekstrakcji 40°C / 1 h,
- separacja cząstek od ekstraktu: na tkaninie serowarskiej (porowatość 0,2 mm),
- czas sedymentacji skrobi i włókien oraz dekantacji z ekstraktów – 2 h (otrzymano supernatanty i osad),
- zakwaszanie supernatanty kwasem cytrynowym do 4,5-4,6 pH,
- koagulacja termiczno-kwasowa 95-97°C, przez 5-6 min,
- chłodzenie przez 1 h do 30°C, a następnie do 10°C przez 0,5 h,
- odsączenie odcieku od białkowego placka filtracyjnego - na lejku próżniowym: membrana - bibuła miękka,
- placek białkowy o zawartości 25±5% s.s. w formie pasty, stanowi surowy produkt grochowy lub ciecierzycowy o charakterze zastępnika krowiego sera homogenizowanego.

Surowy produkt białkowy jest bazą do tworzenia uszlachetnionego produktu w formie pasty albo tworzenia sprężystej struktury w formie kuleczek. Przebieg i wyniki doświadczenia technologicznego zestawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Plan i przebieg badań technologicznych otrzymywania białkowego preparatu z nasion grochu i ciecierzycy

L.p.	Operacja / wyniki analiz	Groch	Ciecierzycza
1	<u>Rozdrobnienie</u> Analiza sitowa: >2 >1,6 >1,0 >0,63 ≤0,63	<u>G1</u> 8,4% 26,0% 32,1% 19,8% 13,7%	<u>C1</u> 7,4% 22,0% 36,7% 25,7% 8,2%
2	Analiza Wilgotność [%] Białko [%] Tłuszcz [%]	<u>G1</u> 11,2 19,5 (21,7 w s.s.) 2,1	<u>C1</u> 10,1 20,5 (22,8 w s.s.) 6,0
3	Masa surowca: masy wody = 1:3 mieszanie 1 h, 40°C	739 g nasion +2217 g wody	600 g nasion+1800 g wody
4	Rozdział masy przez wirowanie, worek filtracyjny serowarski		
5	Masa i stężenie cieczy Masa [g] Refrakcja [°Bx] Wilgotność [%]	<u>G2</u> 1612,8 (pobrano do badań: 41,7 g) 8,29 92,62	<u>C2</u> 1291,8 (pobrano do badań: 41,2 g) 9,02 90,66
6	Masa cząstek poekstrakcyjnych Masa [g] Wilgotność [%]	<u>G3</u> 1340,1 65,40	<u>C3</u> 1100,7 66,46
7	Sedymentacja 2 h cieczy i dekantacja		
8	Masa i stężenie supernatantu Masa [g] Refrakcja [°Bx] Wilgotność [%] Białko [%] Tłuszcz [%]	<u>G4</u> 695,7 (pobrano do badań: 43,2g) 6,40 94,93 3,64 (71,73 w s.s.) 0,14	<u>C4</u> 595,0 (pobrano do badań: 45,8 g) 8,48 92,29 2,54 (32,93 w s.s.) 1,12
9	Masa i stężenie osadu Masa [g] Wilgotność [%] Białko [%] Skrobia [%]	<u>G5</u> 866,7 82,31 5,19 (29,34 w s.s.) 9,14 (51,69 w s.s.)	<u>C5</u> 647,39 83,64 2,80 (17,10 w s.s.) 9,06 (55,38 w s.s.)
10	Zakwaszenie supernatantu poz.8 Kwas cytr. pH 4,5-4,6	pH wyjściowe 6,6 pH końcowe 4,6 1,95 g kwasu cytrynowego	pH wyjściowe 6,3 pH końcowe 4,52 1,88 g kwasu cytrynowego

11	Mieszanie i podgrzewanie do 95-97°C- koagulacja białek w łaźni wodnej – np. olejowej przez 6 minut		
12	Chłodzenie do 30°C		
13	Chłodzenie bez mieszania do 10°C		
14	Sączenie na lejku Buchnera pod próżnią – bibuła saczek miękkiej	Masa roztworu po gotowaniu 602,2 g	Masa roztworu po gotowaniu 524,3 g
15	Masa i stężenie odcieku	<u>G6</u>	<u>C6</u>
	Masa [g]	517,3	462,2
	Refrakcja [°Bx]	4,62	6,30
	Wilgotność [%]	95,86	94,00
16	Białko[%]	1,90 (45,82 w s.s.)	1,36 (22,71 w s.s.)
	Analiza placka filtracyjnego-koagulatu białkowego	<u>G7</u>	<u>C7</u>
	Masa [g]	58,24	46,83
	Wilgotność [%]	80,34	70,87
17	Białko[%]	14,99 (76,25 w s.s.)	16,01 (54,96 w s.s.)
	Tłuszcz[%]	0,9	10,0
17	Ocena sensoryczna koagulatu białkowego grochowego i ciecierzycowego – pkt.5		
18	Uszlachetnianie koagulatów białkowych przez dodatek skrobi – pkt.6	Sporządzono 1 g kulki: 1. 0,9 g „serka”+0,1g skrobi grochowej 2. 0,8 g „serka”+0,2 g skrobi grochowej 3. 0,7 g „serka”+0,3 g skrobi grochowej	

Realizując porównawcze badania, przy zbliżonej granulacji obydwu rodzajów nasion grochu i ciecierzycy, w tych samych warunkach procesowych stwierdzono, że:

- w supernatantach z ekstraktów uzyskuje się w próbce G4 3,64 % białka (71,7% w s.s.) a tłuszczu 0,14%, podczas gdy w próbce C4 2,54% białka (32,9 % w s.s.), a tłuszczu 1,12%. Oznacza to, że proces ekstrakcji pozwala wyodrębnić więcej białka z grochu niż z ciecierzycy. Wysoka zawartość tłuszczu w ciecierzycy w porównaniu do grochu powoduje, że jego zawartość w supernatancie z ciecierzycy jest adekwatnie wyższa,
- konsekwencją składu supernatantu z ekstraktów grochu i ciecierzycy jest skład skoagulowanego białka:
 - w białku grochowym (G7) przy wilgotności 80,3%, zawartość białka wynosi 15,0% (76,3% w s.s.), a tłuszczu 0,9% (4,6% w s.s.) ,
 - w białku z ciecierzycy (C7) przy wilgotności 70,9% zawartość białka wynosi 16,0% (55,0% w s.s.), a tłuszczu 10% (34,4% w s.s.)
- Z punktu widzenia zawartości tłuszczu można przyjąć, że koagulatory białkowe z grochu są „chude”, a z ciecierzycy „tłuste”.

Po uwzględnieniu wszystkich uwarunkowań: dostępność nasion na krajowym rynku, ceny, wydajność i czystość białka w koagulatach, skupiono się w dalszych badaniach na nasionach grochu. Wyniki tych doświadczeń mogą zostać przeniesione na kolejny surowiec np. ciecierzycę.

5. Badania sensoryczne produktów z grochu i z ciecierzycy

Prowadząc badania sensoryczne wykorzystano dla porównania produkt sojowy – tofu.

Badania metodą punktową

Badanie organoleptyczne wykonano wg PN-A-79011-2:1998, PN-A-79011 2:1998/Az1:2000, PN-A-79011-2:1998/Az2:2008. „Serek” z grochu oraz „serek” z ciecierzycy wytworzono na miejscu w skali laboratoryjnej, natomiast tofu został zakupiony w handlu detalicznym. „Serki” wytworzone na miejscu uformowano z masy na kształt małych kuleczek (Rys. 8). Produkty do oceny sensorycznej podawane były w formie widocznej na Rys. 8.



Rys. 8. Materiał do badań oceny sensorycznej wytworzony z grochu (po lewej) oraz z ciecierzycy (po prawej)



Rys.9. Materiał do badań: od lewej „serek” z grochu, „serek” z ciecierzycy oraz tofu

Produkty oceniano w skali 5-1, gdzie uzyskane oceny średnie pomnożono przez współczynniki ważkości (wygląd i barwa 0,1; zapach 0,3; konsystencja 0,2; smak 0,4). Ocena produktów obejmowała: wygląd i barwę, zapach, konsystencję oraz smak. Polegała ona na oznaczeniu oceny ogólnej oraz odpowiadającej jej słownej ocenie jakości (Tabela 9).

Tabela 9. Słowna skala ocen

LICZBA PUNKTÓW	SŁOWNA OCENA JAKOŚCI
od 1,00 do 1,50	zła
od 1,51 do 2,50	niedostateczna
od 2,51 do 3,50	dostateczna
od 3,51 do 4,50	dobra
od 4,51 do 5,00	bardzo dobra

W tabeli 10 przedstawiono wyniki uzyskanej oceny punktowej. Próbkę uzyskały ocenę ogólną na poziomie 3,75 – 4,49, co odpowiada słownej ocenie jakości dobrej.

Tabela 10. Wyniki oceny punktowej

CECHA	Nazwa próbki		
	„Serek” z grochu	„Serek” z ciecierzycy	Tofu
Wygląd i barwa	0,47	0,47	0,50
Zapach	1,20	1,20	1,41
Konsystencja	0,80	0,86	0,86
Smak	1,28	1,48	1,72
Ocena ogólna	3,75	4,01	4,49
Jakość	dobra	dobra	dobra

Badania metodą profilową

Analizę sensoryczną metodą profilową przeprowadzono zgodnie z normą PN-ISO 6564:1999 Analiza sensoryczna – Metodologia – Metody profilowania smakowitości. Badania przeprowadzono w Laboratorium Sensorycznym Zakładu Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych. Ocenę sensoryczną wykonano w grupie 6 osób, wcześniej przeszkolonych (ekspertów). Do oceny wybrano cechy sensoryczne dotyczące: barwy, zapachu, konsystencji (wilgotność, twardość, sprężystość), smaku oraz oceny ogólnej. Każdą

cechę eksperci oceniali kolejno na skali graficznej liniowej o odcinku długości 10 cm z zaznaczonymi określeniami brzegowymi. Sugerując się określeniami brzegowymi oceniający nanosili na skalę pionową kreskę w miejscu odpowiadającym intensywności danej cechy. Naniesione wyniki zostały poddane konwersji do wartości liczbowej w jednostkach umownych (j.u.) w skali od 0-10.

Materiał do badań porównawczych w ocenie profilowej stanowiły następujące próbki:

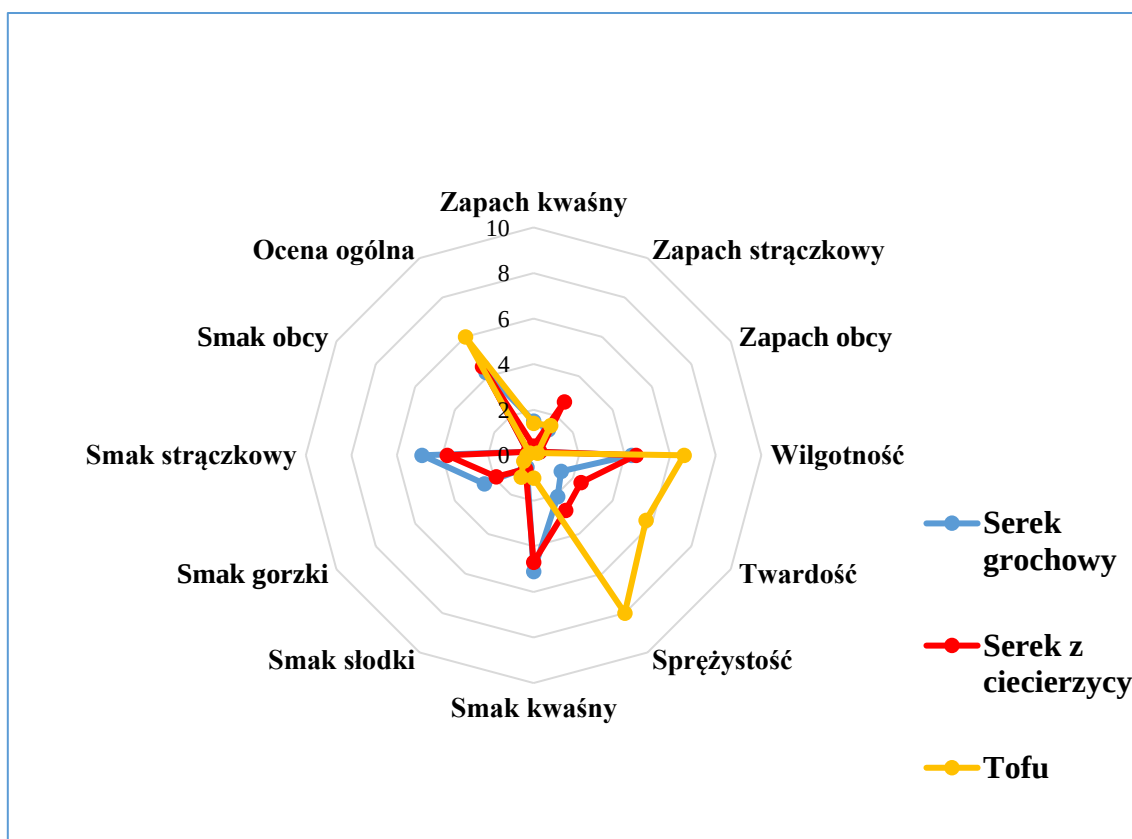
- „serek” wytworzony z grochu
- „serek” wytworzony z ciecierzycy
- tofu (zakupione w sieci handlowej)

Uśrednione wyniki oceny sensorycznej dotyczące charakterystyki wszystkich cech przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Oceny średnie porównawczych ocen sensorycznych metodą profilową

CECHA	NAZWA PRÓBK		
	„Serek” z grochu	„Serek” z ciecierzycy	Tofu
Barwa	kremowa	ciemnokremowa	jasnokremowa
Zapach kwaśny	1,5	0,4	1,4
Zapach strączkowy	1,3	2,7	1,5
Zapach obcy	0,3	0,3	0,2
Wilgotność	4,3	4,5	6,6
Twardość	1,4	2,4	5,7
Sprężystość	2,1	2,8	8,0
Smak kwaśny	5,1	4,7	1,0
Smak słodki	0,6	0,7	1,1
Smak gorzki	2,5	1,9	0,5
Smak strączkowy	4,9	3,8	0,3
Smak obcy	0,3	0,3	0,2
Ocena ogólna	4,2	4,5	6,0

Przy pomocy wykresu radarowego w formie graficznej przedstawiono powyższe wyniki dla wszystkich badanych próbek (Rys. 10).



Rys. 10. Profil sensoryczny badanych próbek

Analizując profil sensoryczny badanych produktów dotyczący barwy, wskazano ich kolor jako jednolity, od jasnokremowego (dla tofu), kremowego (dla „serka” z grochu) po ciemnokremowy (dla „serka” z ciecierzycy).

Zapach kwaśny badanych produktów oceniony został w niskim zakresie dla „serka” z grochu (1,5 j.u.) oraz tofu (1,4 j.u.). Zapach strączkowy w próbkach serków uzyskał wyniki 1,3 - 2,7 j.u. (jednostek umownych). Nieco wyższą intensywnością zapachu strączkowego w porównaniu z innymi próbkami wykazał się produkt z ciecierzycy (2,7 j.u.).

Badane próbki różniły się nieco pod względem wilgotności. Najbardziej wilgotną próbką okazał się tofu (6,6 j.u.), natomiast „serka” z grochu i „serka” z ciecierzycy mieściły się w zakresie 4,3 - 4,5 j.u. Najbardziej twardy (5,7 j.u.) i najbardziej sprężysty (8,0 j.u.) okazał się tofu.

W profilu sensorycznym dotyczącym smaku oceniane produkty charakteryzowały się wyczuwalnym smakiem kwaśnym na poziomie 1,0 j.u. (tofu) – 5,1 j.u. („serka” z grochu). Smak słodki wyczuwano najwyżej w zakresie 1,1 j.u. w tofu. Produkt z grochu wykazał się najwyższym poziomem wyczuwalności smaku gorzkiego (2,5 j.u.) i strączkowego (4,9 j.u.).

Ocena ogólna to wrażenie determinujące kompleksowo ujętą sensoryczną jakość produktu, uwzględniająca wszystkie wyróżniki i ich wzajemne zharmonizowanie. Najwyżej oceniono próbkę tofu - na poziomie 6,0 j.u. Produkty z grochu i z ciecierzycy zostały ocenione w zbliżonym zakresie 4,2 – 4,5 j.u.

Prezentowane do oceny „serki” z grochu i ciecierzycy były nieuszlachetnione. Porównywano je do sojowego tofu, który charakteryzuje się obojętnym smakiem i zapachem. Dzięki temu, że tofu nie ma własnego, swoistego smaku, podczas przyrządzania przyjmuje smak innych produktów i można przyrządzać go na wiele sposobów. Podobnie można postąpić z nieuszlachetnionymi zastępniki sera otrzymane z grochu i ciecierzycy, których smak i zapach jest łagodny.

6. Uszlachetnianie produktów

W celu uszlachetniania koagulatów białkowych wytworzono „serki” z grochu i ciecierzycy z dodatkiem skrobi grochowej w formie 1g kuleczek (Rys. 11-13):

- próbki nr 1 - 0,9 g „serka”+0,1g skrobi grochowej,
- próbki nr 2 - 0,8 g „serka”+0,2 g skrobi grochowej,
- próbki nr 3 - 0,7 g „serka”+0,3 g skrobi grochowej.

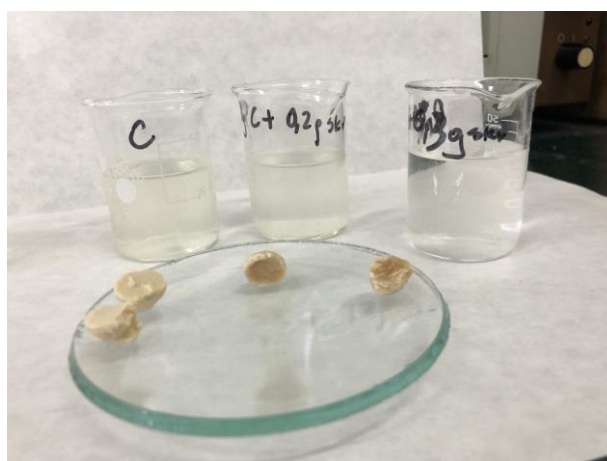
Próbki gotowano przez 5 min. Próbki nr 1 po 3 minutach gotowania rozpadła się całkowicie. Pozostałe próbki po gotowaniu zalano zalewą solną (5%) i przechowywano w lodówce w temp. 7°C. Po 6 dniach nie zaobserwowano zmian. Po tym czasie oceniono smak i konsystencję próbek. Stwierdzono, że próbki nr 2 charakteryzowały się najlepszą konsystencją, która była zwarta i krajalna (bez pozostałości na nożu). Próbka nr 1 „serka” grochowego bez dodatku miała konsystencję bardziej mazistą niż „serek” z ciecierzycy, co wynikało z wyższej wilgotności ($g=80,34$; $c=70,87$), po uwzględnieniu tego parametru prawdopodobnie konsystencja będzie zbliżona. Z kolei próbka nr 3 charakteryzowała się większą twardością niż pozostałe próbki, a smak był podobny jak w przypadku próbek nr 2.



Rys.11. Kulczki od lewej strony na bazie: grochu, ciecierzycy, grochu+0,2 g skrobi grochowej, ciecierzycy+0,2 g skrobi grochowej, grochu+0,3 g skrobi grochowej, ciecierzycy+0,2 g skrobi grochowej.



Rys.12. Konsystencja kulek po 6 dniach i przekrojeniu, na bazie od lewej strony: grochu, grochu+0,2 g skrobi grochowej, grochu+0,3 g skrobi grochowej.



Rys.13. Konsystencja kulek po 6 dniach i przekrojeniu, na bazie od lewej strony: ciecierzycy, ciecierzycy+0,2 g skrobi grochowej, ciecierzycy+0,3 g skrobi grochowej.

Kolejne próby uszlachetniania przeprowadzono dla produktu grochowego otrzymanego w procesie kontrolnym.

Ze 100 kg rozdrobnionych nasion grochu o określonej granulacji i dawce wody oraz przy ustalonych parametrach technologicznych, z wykorzystaniem odpowiednio dobranych urządzeń technologicznych można uzyskać przy niewielkich stratach:

- 27,5 kg koagulatu białkowego o wilgotności 77% (23% s.s.) - surowy produkt spożywczy,
- 200 kg cząstek grochu poekstrakcyjnego o wilgotności 62% (38% s.s.) - surowy produkt paszowy,
- 105 kg odcieku o wilgotności 95% (5% s.s.) – produkt odpadowy.

Wszystkie te produkty charakteryzują się krótką trwałością, którą można przedłużyć poprzez uszlachetnianie.

Produkt spożywczy – koagulat białkowy - stanowi ciemnokremową zwartą, miękką masę o lekko kwaśnym smaku, lekko wyczuwalnym posmaku strączkowym, bez smaku obcego i dobrze nadaje się do komponowania z różnymi dodatkami smakowo-aromatycznymi.

Produkt paszowy - cząstki grochu poekstrakcyjnego - stanowi półsywką wilgotną kaszkę o barwie jasnokremowej, o smaku i zapachu charakterystycznym dla nasion strączkowych. Poza tymi parametrami sensorycznymi, w wyniku wodnej ekstrakcji cukrów, w tym także trudno strawnych oligosacharydów z grupy rafinoz, zwiększa się możliwości wykorzystania produktu dla żywienia zwierząt monogastrycznych.

Uszlachetnione produkty spożywcze

Opis wykonania z 27,5 kg surowej pasty białkowej grochowej dwóch produktów rynkowych pasty przykładów recepturowych, gdzie zaproponowano wykorzystanie 20 kg surowego produktu na pastę, a 7,5 kg na formowane kuleczki.

A. Przykładowy sposób otrzymywania pasty o charakterze „smarowidła”, produktu wegańskiego, bezglutenowego, bezlaktozowego, bezkazeinowego, o ograniczonej ilości tłuszczów nasyconych, znakowaniu „clean label” (czysta etykieta).

Receptura:

97% koagulatu grochowego,
1,2% oleju słonecznikowego,
0,3% lecytyny słonecznikowej,
1% soli,
0,5% pieprzu czarnego.

Przykład 1.

97 g koagulatu grochowego,
1,2 g oleju słonecznikowego,
0,3 g lecytyny słonecznikowej,
1 g soli,
0,5 g pieprzu czarnego.

Wszystkie składniki należy mieszać przez 3 min.

Z 20 kg surowego produktu otrzymuje się 20,6 kg uszlachetnionej pasty. Po zapakowaniu porcji 160 g pasty w słoiczki o pojemności 200 ml prowadzi się proces pasteryzacji przez 10 minut.

Uzyskuje się 128 szt. słoików gotowego produktu (rys.14)

Lecytynę dodawano jako emulgator zapobiegający wyciekowi w trakcie przechowywania.



Rys. 14. Pasta grochowa z dodatkiem soli, pieprzu oraz oleju słonecznikowego.

W tabeli 12 przedstawiono skład koagulatu białkowego przed uszlachetnieniem oraz otrzymanej po uszlachetnieniu pasty.

Tabela 12. Skład odżywczy koagulatu grochowego oraz otrzymanej po uszlachetnieniu pasty

Produkt	Wyróżniki analityczne [%]					
	woda	białko	tłuszcz	popiół	węglowodany	sucha substancja
surowy koagulat grochowy	77,0	17,4 (75,7 w s.s.)	1,32 (5,7 w s.s.)	1,22 (5,3 w s.s.)	3,06 (13,3 w s.s.)	23 (100 w s.s.)
uszlachetniony pasta grochowa	74,8	16,9 (67,1 w s.s.)	2,7 (10,7 w s.s.)	2,2 (8,73 w s.s.)	3,4 (12,3 w s.s.)	25,2 (100 w s.s.)

B. Przykładowy sposób otrzymywania kuleczek grochowych bez przypraw lub z przyprawami

Receptura:

90% surowy koagulat białkowy grochowy,

10% Solamylu (naturalna skrobia ziemniaczana instant, 90% s.s.)

Przykład 1:

90 g koagulat białkowy,

10 g Solamyl (naturalna skrobia ziemniaczana instant, 90% s.s.)

Lekko kwaśne kuleczki o zwartej, lekko elastycznej strukturze zalewano olejem słonecznikowym dla przedłużenia trwałości i nadania nowych cech sensorycznych (rys. 15). Kuleczki w trakcie przechowywania chłoną ok. 10% tłuszczu.

Z **7,5 kg** surowego produktu można otrzymać 8,3 kg uszlachetnionego produktu kuleczek o masie 1 g. Po zapakowaniu w słoiki po 160 g netto, gdzie połowę masy stanowi produkt formowany (8 szt. kuleczek, tj. 80 g), a pozostałą część stanowi olej (80 g). 8,3 kg produktu przekąskowego grochowego otrzymuje się **103 szt.** słoików o masie netto 160 g. Po 7 dniach przechowywania w lodowce, nie zauważono zmian sensorycznych.



Rys.15. Kulczki grochowe zanurzone od lewej: w solance i w oleju słonecznikowym

Skład odżywczy produktów uszlachetnionych w porównaniu do koagulatu białkowego przed uszlachetnieniem przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Skład odżywczy koagulatu grochowego oraz otrzymanych z niego produktów uszlachetnionych - przekąsek w formie kulczek z dodatkiem skrobi

Produkt	Wyróżniki analityczne [%]					
	woda	białko	tłuszcz	popiół	węglowodany	sucha substancja
surowy koagulat grochowy	77	17,4 (75,7 w s.s.)	1,32 (5,7 w s.s.)	1,22 (5,3 w s.s.)	3,06 (13,3 w s.s.)	23 (100 w s.s.)
kulczki - przekąska uszlachetniona formowana ze skrobią	70,3	15,7 (52,3 w s.s.)	1,31 (4,4 w s.s.)	1,21 (4,1 w s.s.)	11,5 (38,7 w s.s.)	29,7 (100 w s.s.)
kulczki w oleju (10% tłuszczu), przekąska uszlachetniona. formowana ze skrobią	63,9	14,3 (39,6 w s.s.)	10,3 (28,5 w s.s.)	1,1 (3,1 w s.s.)	10,4 (28,8 w s.s.)	36,1 (100 w s.s.)

Nowe uszlachetnione produkty charakteryzują się innym składem odżywczym w stosunku do produktu surowego. Wynika to z powodu wprowadzenia dodatkowych składników niebiałkowych. Nadal jednak cenne białko grochowe pozostaje dominującym składnikiem odżywczym. W odniesieniu do składu koagulatu białkowego, gdzie ilość białka w suchej substancji wynosi **75,7%**, a kolejnym składnikiem są węglowodany w ilości 13,3%, w paście

stwierdzono **67,1% białka** i 12,3% węglowodanów, kuleczkach 52,8% białka i 38,7% węglowodanów, w kuleczkach w oleju **39,6% białka**, 28,5% tłuszczu i 28,8% węglowodanów. Zaprezentowane uszlachetnione produkty w postaci pasty lub formowanych kształtek (kuleczki/wałeczki) stanowią produkty rynkowe.

Uszlachetniony produkt paszowy

W trakcie procesu produkcji spożywczych produktów grochowych otrzymuje się znaczną ilość półsypkich, wilgotnych cząstek grochu, które stanowią surowy produkt paszowy dla skarmienia bydła jako bogaty w białko i węglowodany (skrobię). Produkt wilgotny jest mało trwały, szybko się psuje stąd należy szybko go skarmić.

Dla utrwalenia zaproponowano kiszenie wilgotnej masy poekstrakcyjnej poprzez dodatek inokulum bakteryjnego i odpowiednich enzymów, zapewniających przebieg w warunkach beztlenowych fermentacji mlekowej. Z niniejszych badań wynika, że po wyekstrahowaniu części rozpuszczalnych trudno strawnych oligosacharydów z grupy rafinoz, a następnie biokonwersji masy poekstrakcyjnej w procesie fermentacji mlekowej, zwiększa się wartość odżywcza paszy dla zwierząt z uwagi na rozkład oligosacharydów.

W tabeli 14 zestawiono skład odżywczy masy poekstrakcyjnej grochowej oraz surowca wyjściowego - suchego grochu bez łuski, rozdrobnionego.

Tabela 14. Skład odżywczy masy poekstrakcyjnej przed fermentacją, po fermentacji i surowca wyjściowego

Produkt	Wyróżniki analityczne [%]					
	woda	białko	tłuszcz	popiół	węglowodany, w tym : -cukry - skrobia	Sucha substancja
Surowiec- wyjściowy rozdrobnione nasiona grochu	11,6	19,5 (22,1 w s.s.)	1,8 (2,0 w s.s.)	2,8 (3,2 w s.s.)	64,3 (72,7 w s.s.) -5,9 (6,7 w s.s.) -45,4 (51,4 w s.s.)	88,4
Masa poekstrakcyjna przed fermentacją	61,1	8,9 (22,9 w s.s.)	0,70 (1,8 w s.s.)	1,1 (2,8 w s.s.)	28,2 (72,5 w s.s.) -0 -19,9 (51,2 w s.s.)	38,9
Kiszonka grochowa	59,2	9,9 (24,3 w s.s.)	0,73 (1,8 w s.s.)	1,14 (2,8 w s.s.)	29,0 (71,1 w s.s.) - 1,82 (4,5 w s.s.) -19,2 (47,0 w s.s.)	40,8

Analizując wyniki procesu ekstrakcji nasion grochu porównano bezwodną masę poekstrakcyjną do bezwodnej masy surowca wyjściowego i stwierdzono, że ilość białka w masie poekstrakcyjnej jest zbliżona w stosunku do surowca wyjściowego, ilość tłuszczu i popiołu niższa. Ze względu na ekstrahowanie składników rozpuszczalnych, przede wszystkim cukrów, w tym trudno strawnych oligosacharydów, związków mineralnych i części białek rozpuszczalnych, zmienił się skład węglowodanowy. Oceniając całość procesu można stwierdzić, że po selektywnym wyekstrahowaniu z nasion znacznej części trudno strawnych galaktooligosacharydów i wyizolowaniu części białek koagulujących, stanowiących produkt spożywczy, stworzono drugi uszlachetniony produkt - produkt paszowy, w którym zaobserwowano zbliżony skład odżywczy w stosunku do surowca wyjściowego (białka i skrobi), a dzięki fermentacji mlekowej produkt wykazuje jedynie niewielką zawartość cukrów trudno strawnych, a dodatkowo poprzez obniżenie pH może zachować kilkumiesięczną trwałość.

W efekcie przerobu 100 kg rozdrobnionych nasion grochu, w ciągu jednej 8-godzinnej zmiany, przy obsłudze przez jedną osobę, można wyprodukować następujące grochowe produkty rynkowe uszlachetnione:

- spożywczy produkt - 128 szt. słoiczków o poj. 200 ml zawierających po 160 g netto pasty grochowej – zastępnika sera twarogowego z przyprawami i 103 szt. słoiczków o poj. 200 ml kuleczek w oleju (80g kuleczek +80 g oleju) zastępnika sera mozzarella oraz
- produkt paszowy w formie kiszonki grochowej, pakowanej i przechowywanej w workach (8 szt. po 25 kg) lub big-bag (200 kg) na dobę, o kilkumiesięcznej trwałości.

7. Przygotowanie instrukcji technologicznych i metodyk zapewniających wytworzenie bezpiecznych produktów

Wykonano badania laboratoryjne kontrolne przerobu grochu, obłuszczonego dla 2 kg surowca. Badania polegały na kontrolnym powtórzeniu procesu otrzymywania frakcji białkowej (zastępników sera) i biomasy w celu sprawdzenia możliwości otrzymania większego uzysku koagulatu białkowego poprzez zwiększenie koncentracji w czasie ekstrakcji, ograniczenia ilości wody zużytej do ekstrakcji i masy odcieków.

Surowiec to obłuszczone i rozdrobnione nasiona. Poniżej w tabeli 15 przedstawiono skład granulometryczny surowca.

Tabela 15. Granulacja surowca

Wielkość cząstek	Udział procentowy [%]
>2 mm	15
>1,6 mm	27
>1,0	30
>0,63 mm	10
<0,63	18

Wszystkie frakcje grochu zmieszano z wodą w proporcji wody do surowca i prowadzono ekstrakcję przez 1 h w temperaturze 40°C. Mieszaninę rozdzielano mieszaninę na dwie fazy na siatce o wielkości oczek 0,8 mm. Ekstrakty poddano dwugodzinnej sedymentacji i dekantacji, uzyskując supernatant 1 (górna warstwa). Środkową warstwę poddawano dalszemu rozdziałowi dekantacyjnemu za pomocą wirówki (1000 obr. 1/min) uzyskując po oddzieleniu kolejną warstwę – supernatant 2, który łączono z supernatantem 1 i razem poddano zakwaszeniu i koagulacji w 95°C. Pozostałe osady połączono i mieszano z poekstrakcyjnymi cząstkami grochowymi, traktując całość jako substrat do wytworzenia kiszonki paszowej. Supernatanty 1 i 2 po wytrąceniu skoagulowanych białek poddawano chłodzeniu do temperatury poniżej 20°C i wydzieleniu białek na lejku Buchnera (sączek miękki) pod próżnią, w formie wilgotnego placka filtracyjnego koagulatu białkowego. Ten produkt „surowy” stanowi alternatywę sera krowiego o naturalnym smaku lekko kwaśnym. Może być uszlachetniany i stanowi substrat do tworzenia różnych asortymentów zastępników sera.

Na podstawie wcześniejszych doświadczeń oraz wykonanego przerobu kontrolnego opracowano algorytm procesu technologicznego z elementami bilansu, który przedstawiono w tabeli 16. Algorytm z zaznaczonymi kierunkami przepływów umieszczono w załączniku 1.

Tabela 16. Algorytm procesu z elementami bilansu

1	Surowiec									
	Masa		Wilgotność		Masa s.s.		Temp.			
	kg		%		kg		°C			
	100		11,5		88,5		15			
Dodawanie wody										
2	Woda									
	Masa		Temp.							
	kg		°C							
	250		50							
Ekstrahowanie										
3	Zawiesina cząstek grochu									
	Masa		Wilgotność		Masa s.s.		Temp.			
	kg		%		kg		°C			
	350		25,3		88,5		40			
Rozdzielanie filtracyjne faz (na membranę o porowatości 0,8 mm)										
4	Ekstrakt grochowy -faza ciepla					10	Cząstki grochowe poekstrakcyjne -faza stała			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.			Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	kg	%	kg	°C			kg	%	kg	°C
	180,6	86,6	24,2	40			162,5	60,5	64,2	40
Rozdzielanie sedymentacyjne i dekantacja ekstraktu (2 h, osadnik) na 3 fazy 4a/4b/4c										
4a	Supernatant białkowy 1									
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.						
	kg	%	kg	°C						
	55,6	91,9	4,26	30						
4b	Supernatant białkowo-błonnikowo-skrobiowy									
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.						
	kg	%	kg	°C						
	91,0	85,8	12,96	30						
Rozdzielenie sedymentacyjne (wirówka niskoobrotowa) na 2 fazy 4b1/4b2										
4b1	Supernatant białkowy 2					4b2	Osad błonnikowo-skrobiowy			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp			Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	kg	%	kg	°C			kg	%	kg	°C
	79,8	91,3	6,98	30			6,4	67,0	2,1	30
4c	Osad skrobiowy									
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp						
	kg	%	kg	°C						
	33,4	69,0	10,4	30						
Łączenie i mieszanie faz stałych (osadów)										
11	Suma fazy stałych po ekstrakcji (10+4b2+4c)									
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.						
	kg	%	kg	°C						
	202,3	62,1	76,7	30						
5	Supernatant białkowy plus(4a+4b1) pH 6,6									
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.						
	kg	%	kg	°C						
	135,4	91,7	11,24	30						
Zakwaszenie kwasem cytrynowym (0,6 kg - do 4,6 pH) i koagulacja 95°C										
6	Supernatant białkowy plus (4a+4b1) pH 4,6									
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.						
	kg	%	kg	°C						
	136	91,3	11,84	95						

Chłodzenie				
7	Supernatant białkowy plus (4a+4b1) pH 4,6 - schłodzony			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	kg	%	kg	°C
	136	91,3	11,84	20
Rozdzielanie filtracyjne (próżniowo) na tkaninie serowarskiej 0,2 mm (sączek bibułowy miękki)				
8	Placek filtracyjny koagulatu białkowego SUBSTRAT BIAŁKOWY			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	kg	%	kg	°C
	28,0	77,0	6,44	20
9	Odciek pokoagulacyjny			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	kg	%	kg	°C
	108	95,0	5,4	20

W tabeli 17 przedstawiono wyniki badań składu otrzymanych zbilansowanych produktów i odpadu (odcieku).

Tabela 17. Wybrane składniki dwóch produktów oraz odpadu [g/100g]

Składniki	Placek filtracyjny koagulatu białkowego [8]	Masa poekstrakcyjna suma faz stałych po ekstrakcji [11]	Odciek [9]
Masa, kg	28	202	108
Sucha substancja, %	22,9	37,9	5
Wilgotność, % (% s.s)	77	62,1	95
Białko, % (% s.s)	17,4 (76)	8,58 (22,9)	1,3 (26)
Tłuszcz, % (% s.s)	1,32 (5,8)	0,68 (1,8)	0,05 (0,1)
Popiół, % (% s.s)	1,22 (5,3)	1,07 (2,83)	0,27 (5,4)
Węglowodany, % (% s.s)	3,06 (12,9)	27,57 (72,47)	3,38 (68,5)

Obliczenia bilansowe teoretyczne wykazały, że z **100 kg** obłuszczonych, rozdrobnionych nasion grochu można uzyskać **28 kg** substratu białkowego grochowego jako surowej masy spożywczej – zastępnika sera twarogowego - do ewentualnego uszlachetnienia i **202,3 kg** poekstrakcyjnej masy grochowej jako substratu na kiszonkę paszową. Ponadto, uzyskuje się **108 l** niskoskoncentrowanego odcieku (5% s.s.), traktowanego jako odpad.

Na podstawie wyników badań technologicznych oraz analitycznych stwierdzono, że:

- ze 100 kg rozdrobnionych nasion grochu uzyskuje się 28,0 kg koagulatu białkowego w formie zwartej pasty o stężeniu 22,9% suchej substancji oraz 202,3 kg wilgotnego produktu (37,9% s.s.) na pasze. Dla zbilansowania procesu wykonano także istotne oznaczenia, z których wynika że wytwarza się 108 litrów odcieku o stężeniu 5%. W niniejszej technologii odciek traktuje się jako ściek, a dominują w nim cukry (42% w s.s.) oraz białka niekoagulujące (26% w s.s.),

- koagulat białkowy wyizolowany z nasion grochu, o czystości białka ok. 76% (w suchej substancji) jest najszlachetniejszym produktem technologii. Pozostałe składniki tego spożywczego produktu białkowego to tłuszcz (5,7% w s.s.), popiół (5,3% w s.s.) i węglowodany (13,3% w s.s.). Istnieje możliwość zwiększenia czystości produktu białkowego lecz wymaga to zastosowania dodatkowej operacji i zużycia dodatkowej ilości wody do przemywania osadu białkowego. Wg wstępnych ocen sensorycznych, otrzymany „surowy” produkt białkowy nie wymaga dalszej rafinacji, może być uszlachetniony dodatkami smakowo-funkcjonalnymi.

Na podstawie wyników badań oraz opracowanego algorytmu procesu technologicznego, w ramach realizacji zadania opracowano następujące instrukcje technologiczne do wykorzystania w gospodarstwach rolnych:

- instrukcja technologiczna otrzymywania zamiennika sera – produktu „surowego”,
- instrukcja technologiczna otrzymywania zastępników serów krowich – uszlachetnionych „serków wegańskich” typu twarogowego i mozzarella.

Instrukcje stanowią załączniki 2 i 3 do raportu. W załączniku 4 przedstawiono rzut urządzeń i schemat technologiczny proponowanej instalacji kontenerowej.

Oferta wdrożeniowa IBPRS-PIB na otrzymywanie na otrzymywanie spożywczego koagulatu białkowego oraz komponentu paszowego z grochu stanowi zał. 5.

8. PODSUMOWANIE

Efektem pracy są instrukcje technologiczne otrzymywania zastępnika sera w postaci strączkowego produktu białkowego oraz instrukcja otrzymywania uszlachetnionych produktów zastępników sera typu twarogowego oraz mozzarella.

Opracowane zastępniki sera są przeznaczone do spożywania przez wszystkich, a szczególnie mogą być atrakcyjne dla wegan, wegetarian oraz młodych sportowców, osób starszych i dzieci. Produkt białkowy po uszlachetnieniu dodatkiem węglowodanów (skrobi) będzie także posiadał dodatkowe funkcje odżywcze i bioaktywne.

Równie cennym produktem jest masa grochowa poekstrakcyjna przeznaczona do kiszenia. Proces kiszenia wg naszych badań, poza utrwaleniem mikrobiologicznym poprawia strawność masy grochowej, bowiem odpowiednio prowadzone procesy fermentacyjne, pozwalają na drastyczne zmniejszenie ciężkostrawnych galaktooligosacharydów. W rezultacie pozwala to wykorzystywać masę grochową jako porcje żywieniowe nie tylko dla opasów, ale także zwierząt monogastrycznych.

Projektując żywność najlepiej jest sięgać do naturalnych, dostępnych roślinnych składników, zawierających cenne białka o korzystnym egzogennym składzie aminokwasowym, węglowodany, sole mineralne. Wszystkie te składniki występują w nasionach grochu i ciecierzycy, a rezultatem realizacji zadania jest możliwość otrzymywania z nich wegańskich zastępników sera o wysokiej wartości żywieniowej w gospodarstwach rolnych oraz ich dystrybucja w ramach RHD.

Opracowana w ramach zadania propozycja dwóch rynkowych produktów pasty zastępników sera typu twarogowego w postaci wegańskiej pasty do smarowania oraz mozzarella w postaci kuleczek/wałeczków grochowych białkowo-węglowodanowych stanowi przykład komercjalizacji badań, a w dalszych pracach aplikacyjnych IBPRS-PIB może poszerzyć asortyment zastępników sera innych produktów na bazie koagulatu grochowego i ciecierzycy.

9. Wykaz stosowanych metod

1. PN-A-79011-3:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości wody.
2. PB-ZK/PK 09 wyd.3. Oznaczenie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko.
3. PN-A-79011-4:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości tłuszczu.
4. PN-A-79011-5:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczenie zawartości cukrów.
5. PN-A-79011-8:1998 Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości popiołu ogólnego i popiołu nierozpuszczalnego w 10% (m/m) roztworze kwasu chlorowodorowego.
6. PN-EN ISO 10520:2002 Skrobia naturalna. Oznaczanie zawartości skrobi. Metoda polarymetryczna Ewersa
7. Metoda HPLC-Profil sacharydowy.

10. Spis załączników

Załącznik 1. Algorytm procesu z elementami bilansu.

Załącznik 2. Instrukcja technologiczna otrzymywania zastępnika sera w postaci produktu „surowego”.

Załącznik 3. Instrukcja technologiczna otrzymywania uszlachetnionych zastępników serów typu twarogowego i mozzarella.

Załącznik 4. Instalacja kontenerowa – rzut urządzeń i schemat technologiczny.

Załącznik 5. Oferta na prace wdrożeniowe.

Algorytm procesu, z elementami bilansu

1	Surowiec			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	100	11,5	88,5	15

dodawanie wody

2	Woda	
	Masa	Temp.
	[kg]	°C
	250	50°C

ekstrahowanie

3	Zawiesina cząstek grochu			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	350	25,3	88,5	40

Rozdzielanie filtracyjne faz (na membranie o porowatości 0,8 mm)

4	Ekstrakt grochowy - faza ciekła			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	180,6	86,6	24,2	40

10	Cząstki grochowe poekstr.-faza stała			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	162,5	60,5	64,2	40

Rozdzielanie sedymentacje i dekantacja (2h) ekstraktu – (osadnik)

na 3 fazy a/b/c

4a	Supernatant białkowy 1			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	55,6	91,9	4,26	30

4b	Supernatant białkowo-włóknikowo-skrobiowy			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	91,0	85,8	12,96	30

Rozdzielenie sedymentacyjne (wirówka niskoobrotowa)
(na 2 fazy 4b1/4b2)

4b1	Supernatant białkowy 2			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	79,8	91,3	6,98	30

4b2	Osad włóknikowo-skrobiowy			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	6,4	67,0	2,1	30

4c	Osad skrobiowy			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	33,4	69,0	10,4	30

Łączenie i mieszanie faz stałych (osadów)

11	Faza stała po ekstrakcji (10+4b2+4c)			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	202,3	62,1	76,7	30

5	Supernatant białkowy plus (4a+4b1) pH 6,6			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	135,4	91,7	11,24	30

Zakwaszenie kwasem cytrynowym (0,6 kg - do 4,6 pH) i koagulacja 95°C

6	Supernatant białkowy plus (4a+4b1) pH 4,6			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	136	91,3	11,84	95

Chłodzenie

7	Supernatant białkowy plus (4a+4b1) pH 4,6 - schłodzony			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	136	91,3	11,84	20

Rozdzielanie filtracyjne (próżniowo) na tkaninie serowarskiej 0,2 mm (sączeek bibułowy miękki)

8	Placek filtracyjny koagulatu białkowego			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	28,0	77,0	6,44	20

9	Odciek pokoagulacyjny			
	Masa	Wilgotność	Masa s.s.	Temp.
	[kg]	[%]	kg	°C
	108	95,0	5,4	20

Załącznik 2. Instrukcja technologiczna procesowa otrzymywania zamiennika sera – surowego substratu grochowego

Blokowy schemat technologiczny, obejmujący operacje jednostkowe i procesy dla małej instalacji o przerobie 100 kg grochu na zmianie 8-godzinnej, obsługiwanej przez jedną osobę na jednej zmianie.

Surowcem są obłuszczone, rozdrobnione nasiona grochu zapakowane w worki po 25 kg.

Zapotrzebowanie technologiczne dla produkcji wymaga: 100 kg grochu, 250 litrów wody 50°C, 0,6 kg krystalicznego kwasu cytrynowego.

Obiekt wymaga następujących przyłączy: energii elektrycznej 230/400 V, wody zimnej z sieci i ciepłej, korzystnie próżni oraz zrzutu odcieków do kanalizacji.

Schemat prowadzenia procesu:

1	mieszanie surowca z wodą – ekstrahowanie przez 1 godzinę
2	Rozdzielanie zawiesiny na wilgotne cząstki grochu i ekstrakt
3	Mieszanie wilgotnych cząstek z preparatami bakteryjnymi i enzymatycznymi do sporządzania kiszonki dla krów i zapakowanie w worki
4	Odseparowanie sedymentacyjne lub filtracyjne drobnych cząstek błonnika i skrobi z ekstraktu
5	Zakwaszenie supernatantu (filtratu)
6	Podgrzanie i koagulacja białek
7	Odseparowanie odcieku pokoagulacyjnego od koagulatu białkowego
8	Uzlachetnienie surowego koagulatu białkowego do postaci smarowalnej pasty lub uformowanie krótkich wałeczków (fi 10 mm) przekąskowych/kuleczek; hermetycznie pakowane w słoiki o poj. 200 ml (160 g netto produktu) i pasteryzacja

W schemacie technologicznym (zał.5 rys.1) występują następujące urządzenia:

Tabela 1. Wykaz urządzeń i ich charakterystyka

L.p.	Nazwa urządzenia	Szt.	Charakterystyka urządzenia
1	ekstraktor 	1	Zbiornik z mieszadłem o pojemności 400 l, fi 700, h 1100 z dnem odsączającym, sitowym, szczelinowym (szczeliny 0,5), wykonanie kwasoodporne (wykonanie indywidualne). Służy do prowadzenia operacji mieszania i ekstrakcji składników grochu, odsączenie ekstraktów na sitach szczelinowych.
2	Pompa wirowa 	1	Pompa higieniczna dla mleczarstwa, z wirnikiem otwartym, wydajność min. 23 m³/h wykonanie kwasoodporne (typ GU13, Spomasz Zamość). Służy do transportu płynów w różnych operacjach technologicznych.
3	Filtr workowy-kontrolny 	1	Pojemność 30 l, fi 250, wykonanie kwasoodporne lub polimerowe, spożywcze. Wkłady workowe wymienne o różnej porowatości 0,2, 0,5, 0,8 mm. (producent FILTRAKON, Łaziska Górne)
4	Wirówka bębnowa 	1	Wirówka do oddzielenia osadu od zawiesin - bęben fi 500, pojemność osadu 35 l, wykonanie spożywcze (typ TZ5 – CEPA, dostawca POLYGEN Wrocław). Wydzielenie koagulatu białkowego grochowego z ekstraktu grochowego.

5	Koagulator 	1	Zbiornik z płaszczem grzewczym – kocioł warzelny, pojemność 150 l (producent LOZAMET- Łódź). Służy do zakwaszenia ekstraktów grochowych, grzanie elektryczne do 95°C. Służy do prowadzenia koagulacji.
6	Płyta indukcyjna grzewcza + naczynie pasteryzujące 	1	Kuchnia indukcyjna 4x3,5 kW=14 kW (Typ 700 KE-4I/800, producent: Kromet – Krosno Odrzańskie). Grzanie w łaźni wodnej dla pasteryzacji produktów, pakowane w naczynia detaliczne -słoiki, łaźnia kwasoodporna, wykonanie indywidualne.
7	Blat roboczy 	1	Płyta robocza dla konfekcjonowania uszlachetnionych spożywczych produktów białkowych (wykonanie indywidualne - wymiary dostosowane do instalacji technologicznej).

Opis procesu

Do zbiornika ekstraktora (1) wlewa się 250 litrów wody gorącej, aby w zbiorniku miała temperaturę ok. 50°C, uruchamia się mieszadło i zasypuje się 100 kg rozdrobnionych nasion grochu tak, aby temperatura zawiesiny wyniosła 40-42°C. Po 1 godzinie ekstrahowania, uruchamia się pompę wirową (2) i najpierw cyrkuluje się w obiegu zamkniętym ekstraktor - pompa (1)-(2), a następnie kieruje się strumień pozbawionego cząstek ekstraktu (supernatantu) na filtr kontrolny (3), a dalej przesyła się do zbiornika koagulatora (5). W przypadku niepełnego usunięcia cząstek grochu, dodatkowo kieruje się supernatant na wirówkę bębnową (4).

Po przepompowaniu ekstraktu pozbawionego stałych cząstek (ponad 130 l filtratu lub supernatantu) do koagulatora, całość zakwasza się kwasem cytrynowym (ok. 0,6 kg) dla uzyskania pH 4,5-4,7, a następnie łagodnie mieszając podgrzewa się do temperatury ok. 95°C (minimum 90°C). Całość przetrzymuje się w temperaturze 95°C przez 5 minut. Następnie wyłącza się grzanie i uruchamia przepływ zimnej wody w płaszczu, w celu wychłodzenia do ok 25°C, korzystniej 20°C. Po schłodzeniu, skoagulowaną mieszaninę podaje się na wirówkę

bębnową (4), a po zakończeniu cyklu wirowania odbiera się osad koagulatu białkowego. Osad stanowi surowy substrat białkowy grochowy w formie bezpostaciowej pasty.

Na blacie konfekcjonowania (7), wg uzgodnionej receptury, miesza się całość z komponentami przyprawowymi, pakuje się w słoiczki o poj. 200 ml (160 g produktu), pasteryzuje się w łaźni wodnej (15 minut w temperaturze 90°C), etykietuje, pakuje w kartoniki zbiorcze i ekspediuje na zewnątrz.

Poekstrakcyjne cząstki grochu w formie półsypkich, wilgotnych granulek, z dużą zawartością uwolnionych ziarenek skrobiowych stanowią surowy grochowy produkt paszowy, który traktuje się jako substrat do dalszego uszlachetniania. Zgodnie z przepisem miesza się całość z preparatem Lactacel-L (IBPRS-PIB) i poddaje się fermentacji mlekowej w workach polietylenowych (np. 8 szt. po 25 kg), co zapewnia wielomiesięczną trwałość.

Wg opisu, ze 100 kg rozdrobnionych nasion grochu można otrzymać 27,5 kg surowego koagulatu białkowego, 200 kg poekstrakcyjnych cząstek grochu i 105 l odcieków.

Załącznik 3. Instrukcja technologiczna otrzymywania uszlachetnionych zastępników serów krowich – „serków wegańskich” typu twarogowego tzw. pasty wegańskiej oraz wegańskich kuleczek/wałeczków typu mozzarella

Ze 100 kg rozdrobnionych nasion grochu o określonej granulacji i dawce wody oraz przy ustalonych parametrach technologicznych, z wykorzystaniem odpowiednio dobranych urządzeń technologicznych można uzyskać przy niewielkich stratach:

- 27,5 kg koagulatu białkowego o wilgotności 77% (23% s.s.) – surowy produkt spożywczy.

Opis wykonania z 27,5 kg surowej pasty białkowej grochowej dwóch produktów rynkowych pasty przykładowych recepturowych, gdzie zaproponowano wykorzystanie 20 kg surowego produktu na pastę, a 7,5 kg na formowane kuleczki.

A: Sposób wytwarzania pasty -zastępnika sera twarogowego

Receptura:

97% koagulatu grochowego,

1,2% oleju słonecznikowego

0,3% lecytyny słonecznikowej

1% soli,

0,5% pieprzu czarnego.

W celu otrzymania 100 g uszlachetnionej pasty użyć: 97 g koagulatu białkowego, 1,2 g oleju słonecznikowego, 0,3 g lecytyny słonecznikowej, 1 g soli, 0,5 g pieprzu. Wszystkie składniki wymieszać przez 3 minuty.

Przy wykorzystaniu 20 kg surowego koagulatu otrzymuje się 20,6 kg uszlachetnionej pasty, gdzie dodatki smakowe i funkcjonalne stanowią: 247 g oleju słonecznikowego, 62 g lecytyny, 206 g soli, 103 g pieprzu czarnego). Po zapakowaniu porcji 160 g pasty w słoiki o poj. 200 ml należy prowadzić pasteryzację przez 10 minut w temperaturze 90°C.

Uzyskuje się **128 szt.** słoików gotowego produktu

B: Sposób wytwarzania kuleczek grochowych -zastępnika sera mozzarella

Receptura:

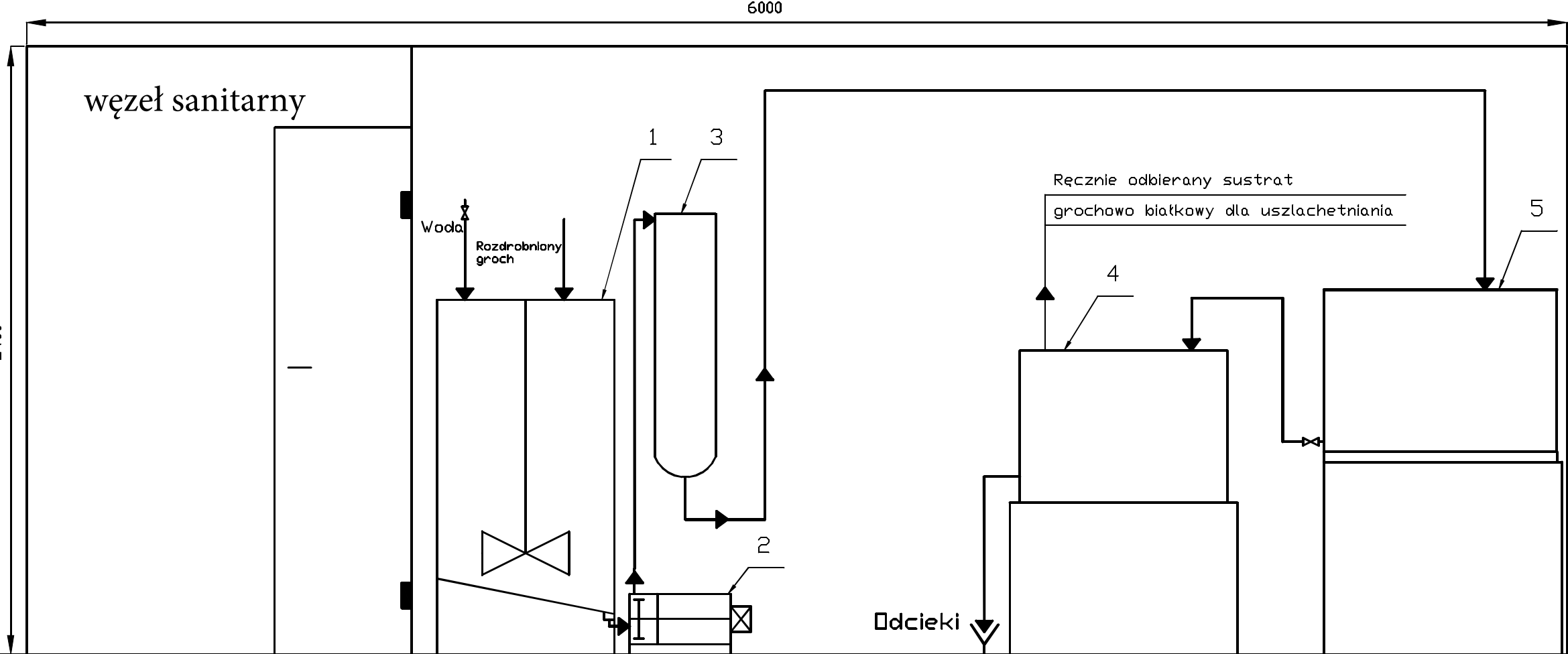
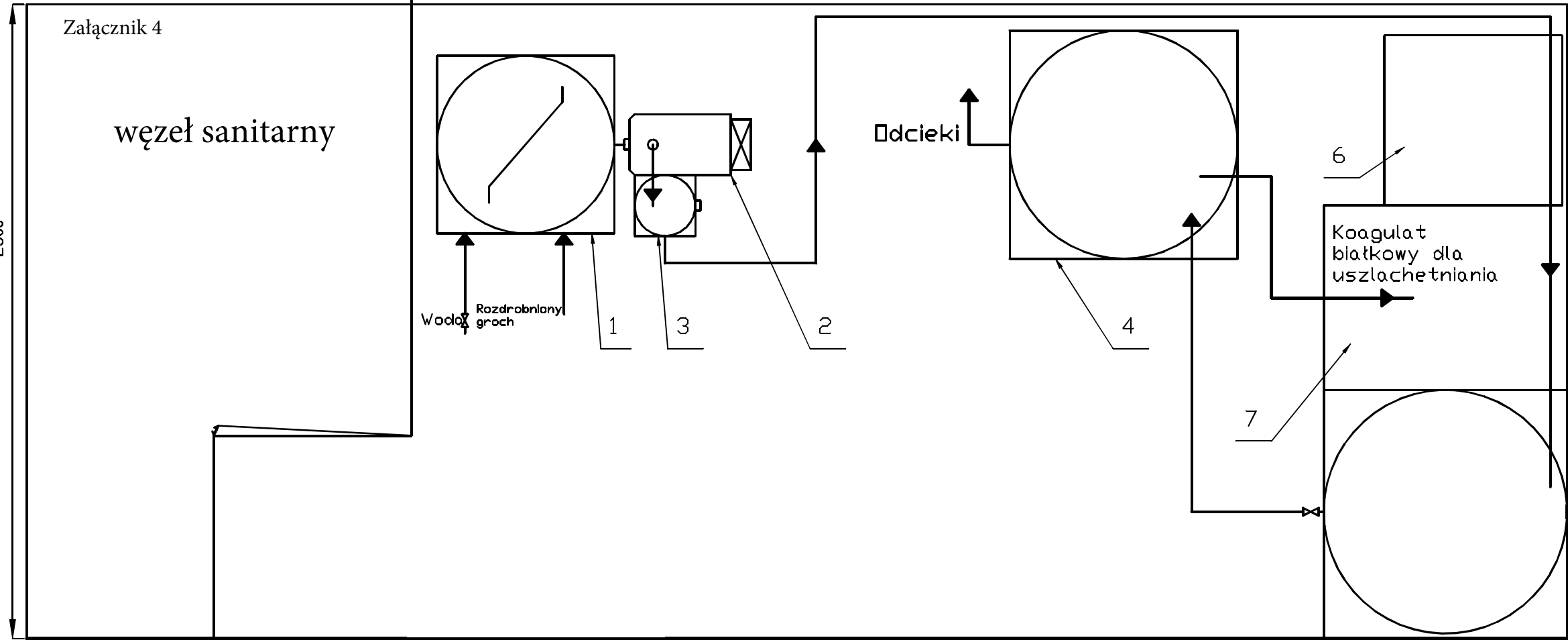
90% surowy koagulat białkowy, 23% s.s.

10% solamyl (naturalna skrobia ziemniaczana instant, 90% s.s.)

Przy wykorzystaniu 7,5 kg surowego koagulatu białkowego, po dodaniu 0,8 kg solamylu i zhomogenizowaniu składników, otrzymuje się 8,3 kg uszlachetnionego produktu w postaci plastycznej masy. Po uformowaniu masy w kuleczki/wałeczki o gramaturze 1 g, otrzymuje się ok. 8300 szt.

Po zapakowaniu w słoiki po 160 g netto, gdzie połowę masy stanowi produkt formowany (80 szt. kuleczek, tj. 80 g), a pozostałą część stanowi olej (80 g).

Z 8,3 kg produktu przekąskowego grochowego otrzymuje się **103 szt.** słoików 160 g netto.



7	1	Błat roboczy
6	1	Płyta indukcyjna grzewcza
5	1	Koagulator
4	1	Wirówka bębnowa
3	1	Filtr workowo-kontrolny
2	1	Pompa wirowa
1	1	Ekstraktor1
Id.	il.szt.	Nazwa urządzenia

rys. nr 1 Data 24.11.2022

Instalacja kontenerowa – rzut urządzeń i schemat technologiczny

Wykonano przez: Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych – Poznań, ul. Starołęcka 40



Załącznik 5

OFERTA **na prace wdrożeniowe** ***know how*** **otrzymywanie spożywczego koagulatu białkowego oraz komponentu** **paszowego z grochu**

Metoda polega na ekstrakcji białek z nasion grochu i ich izolowaniu w formie koagulatu białkowego, a pozostałej masy poekstrakcyjnej w formie śruty.

W celu utrwalania i przechowywania pakuje się szczelnie i pasteryzuje uszlachetnione produkty zastępujące ser twarogowy lub mozzarella, a komponent paszowy poddaje kiszeniu.

Koagulat białkowy grochowy zawiera 40-80% czystego białka w suchej substancji i służy do otrzymywania uszlachetnionych rynkowych wyrobów spożywczych – grochowych „serków”- past do smarowania lub formowanych kuleczek/waleczków białkowo-węglowodanowych – zastępników sera mozzarella.

Zakres oferty obejmuje następujące:

- prace wdrożeniowe,
- powiększenie skali produkcji do indywidualnych wymogów,
- poszerzenie asortymentu wyrobów (opracowanie nowych receptur)
- oznaczenie składu odżywczego, badań przechowalniczych.

Uwaga!

Instytut w przypadku indywidualnych wymogów oferuje na zasadach komercyjnych opracowanie pełnych wytycznych w formie projektu technologiczno-inżynierskiego (skonfigurowanie urządzeń i ich dobór), wykonanie odpowiednich analiz, poszerzenie asortymentu receptur wyrobów rynkowych (nie tylko zastępników sera), opracowanie specyfikacji produktów, konsultacji technologicznych, pomocy autorskiej przy wdrożeniu itp. Możliwa jest także inna forma współpracy, np. poprzez wspólną realizację projektów, z dofinansowaniem ze środków regionalnych, krajowych czy unijnych.