

RAPORT

Wpływ parametrów obróbki termicznej na jakość produktów wytworzonych na bazie groszku

Autorzy:

inż. Sebastian Siarkowski
mgr inż. Wioletta Popińska
mgr inż. Paweł Guzik
mgr inż. Natalia Dworak
mgr inż. Dawid Wieloch
prof. dr hab. Dorota Konopacka
dr hab. Monika Mieszczakowska-Frąc, prof. IO

Opracowanie przygotowane w ramach

Obszar 9. Zagospodarowanie pozbiornicze produktów ogrodnich

Zadanie celowe 9.5

**Optymalizacja procesu utrwalania termicznego produktów o wysokim pH jako element
zwiększenia bezpieczeństwa przetworów oferowanych przez RHD (Rolniczy Handel
Detaliczny).**

finansowanego w ramach dotacji celowej przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi



Ministerstwo Rolnictwa
i Rozwoju Wsi

Skierniewice 2025

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Technologie sterylizacji - podstawy teoretyczne	3
3. Metodologia Badań	4
3.1 Przygotowanie prób badawczych	6
3.1.1..... Badanie procesu sterylizacji dla przetworów na bazie groszku w formie przecieru/purée	6
3.2 Analiza fizykochemiczna produktów po sterylizacji	11
3.2 Monitorowanie jakości mikrobiologicznej i sensorycznej	11
3.2.1. Ocena mikrobiologiczna	11
3.2.2. Ocena sensoryczna	12
4.1 Rezultaty	12
Znaczenie gęstości i lepkości produktu w procesie sterylizacji	13
Znaczenie oceny sensorycznej w analizie technologicznej	13
Powiązanie wyników z praktyką RHD	13
Znaczenie wyników badań w kontekście doradztwa i szkoleń dla producentów RHD	14
5. Rekomendacje	14
Czas i temperatura sterylizacji – znaczenie gęstości i struktury produktu	14
Znaczenie receptury i dodatków technologicznych	15
Dobór opakowań a bezpieczeństwo procesu	15
Znaczenie oceny sensorycznej w procesie decyzyjnym	15
Kontrola procesu i potrzeba wsparcia doradczego	15

1. Wstęp

Produkty warzywne o wysokim pH, w szczególności oparte na surowcach niskokwasowych, stanowią istotne wyzwanie technologiczne w kontekście bezpieczeństwa mikrobiologicznego oraz trwałości przechowalniczej. W warunkach Rolniczego Handlu Detalicznego (RHD), gdzie dominują proste linie technologiczne oraz ograniczone możliwości kontroli procesowej, kluczowe znaczenie ma właściwy dobór metody utrwalania termicznego.

Zielony groszek (*Pisum sativum* L.) jest surowcem szeroko wykorzystywanym w przetwórstwie warzywnym ze względu na wysoką wartość odżywczą, zawartość białka roślinnego oraz korzystny profil sensoryczny. Jednocześnie surowiec ten charakteryzuje się naturalnie wysoką wartością pH, co klasyfikuje go jako produkt niskokwasowy, wymagający zastosowania intensywniejszych metod utrwalania w celu zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego gotowych wyrobów.

W przypadku produktów o pH powyżej 4,5, utrwalanych w opakowaniach hermetycznych, skuteczną metodą zapewnienia trwałości mikrobiologicznej jest sterylizacja termiczna, prowadzona w warunkach umożliwiających inaktywację zarówno mikroflory vegetatywnej, jak i form przetrwalnikowych drobnoustrojów. Niewłaściwy dobór parametrów procesu może prowadzić z jednej strony do zagrożeń mikrobiologicznych, a z drugiej – do nadmiernych strat jakościowych, w tym pogorszenia cech sensorycznych produktów.

Zadanie 9.5 koncentrowało się na optymalizacji procesu sterylizacji produktów warzywnych o wysokim pH, opracowanych na bazie zielonego groszku, z uwzględnieniem wpływu składu recepturowego oraz parametrów obróbki cieplnej na bezpieczeństwo mikrobiologiczne, stabilność fizykochemiczną oraz akceptację sensoryczną. Prace miały charakter aplikacyjny i były ukierunkowane na opracowanie rozwiązań możliwych do zastosowania w przetwórstwie małoskalowym oraz w ramach Rolniczego Handlu Detalicznego.

2. Technologie sterylizacji - podstawy teoretyczne

Sterylizacja termiczna stanowi jedną z podstawowych metod utrwalania produktów spożywczych o wysokiej aktywności wody oraz wysokim pH, w tym przetworów warzywnych i owocowych. Jej zastosowanie umożliwia zapewnienie bezpieczeństwa mikrobiologicznego produktów, wydłużenie okresu ich trwałości oraz ograniczenie strat wynikających z procesów psucia. W przypadku surowców niskokwasowych, takich jak warzywa strączkowe, sterylizacja pozostaje kluczowym narzędziem technologicznym umożliwiającym wytwarzanie produktów stabilnych mikrobiologicznie w warunkach przechowywania w temperaturze otoczenia.

Badania nad technologiami sterylizacji koncentrują się na doborze parametrów procesu w sposób umożliwiający skuteczną inaktywację drobnoustrojów, przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnego wpływu wysokiej temperatury na jakość żywności. Właściwie zaprojektowany proces sterylizacji pozwala na zachowanie akceptowalnych cech sensorycznych produktu oraz ograniczenie strat składników wrażliwych na działanie temperatury.

Zastosowanie sterylizacji umożliwia eliminację mikroorganizmów chorobotwórczych i saprofitycznych, w tym form przetrwalnikowych bakterii, takich jak *Clostridium botulinum*, stanowiących jedno z głównych zagrożeń mikrobiologicznych w produktach niskokwasowych

pakowanych hermetycznie. Skuteczność procesu zależy od precyzyjnej kontroli parametrów czasowo-temperaturowych oraz właściwego rozkładu temperatury w całej objętości produktu.

W przetwórstwie sterylizacja prowadzona jest w temperaturach przekraczających 100 °C, w warunkach nadciśnienia, najczęściej z wykorzystaniem autoklawów. Proces ten obejmuje etap nagrzewania produktu do wymaganej temperatury, właściwy okres sterylizacji oraz kontrolowane chłodzenie po zakończeniu obróbki cieplnej. Szczególne znaczenie ma zapewnienie równomiernego nagrzewania produktu, co minimalizuje ryzyko występowania obszarów niedostatecznie ogrzanych.

Prawidłowo prowadzona sterylizacja pozwala na uzyskanie produktów bezpiecznych mikrobiologicznie, stabilnych w przechowywaniu oraz możliwych do zastosowania w przetwórstwie małoskalowym, w tym w ramach Rolniczego Handlu Detalicznego. Optymalizacja procesu sterylizacji stanowi zatem istotny element nowoczesnego i racjonalnego przetwórstwa warzywnego.

3. Metodologia Badań

Materiał badawczy w ramach zadania 9.5 stanowiły przetwory warzywne opracowane na bazie zielonego groszku (*Pisum sativum* L.), należące do grupy produktów niskokwasowych, charakteryzujących się naturalnie wysoką wartością pH. Ze względu na właściwości surowca oraz planowany sposób pakowania w opakowania hermetyczne, produkty te wymagały zastosowania intensywniej obróbki cieplnej w warunkach sterylizacji termicznej.

Zielony groszek został wybrany jako surowiec modelowy z uwagi na jego znaczenie żywieniowe, powszechne zastosowanie w przetwórstwie warzywnym oraz potencjał do wytwarzania produktów o zróżnicowanym profilu sensorycznym. Jednocześnie surowiec ten, ze względu na wysoką aktywność wody oraz pH powyżej 4,5, stanowi istotne wyzwanie technologiczne w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego gotowych wyrobów.

W pierwszym etapie prac opracowano dziewięć wariantów receptur produktów na bazie groszku, obejmujących zarówno pasty warzywne, jak i produkty w zalewach, z dodatkiem innych warzyw, przypraw oraz składników smakowych. Warianty te różniły się składem, strukturą oraz przewidywanym profilem sensorycznym. Etap ten miał na celu określenie potencjału recepturowego surowca oraz identyfikację rozwiązań możliwych do dalszej optymalizacji technologicznej.

Na etapie wstępnym badań przeprowadzono próby utrwalania termicznego produktów modelowych na bazie groszku i marchwi w szklanych opakowaniach o różnych pojemnościach: 250 ml, 300 ml oraz 500 ml. Celem tych działań była ocena wpływu objętości opakowania na przebieg procesu sterylizacji, w szczególności na czas nagrzewania produktu, rozkład temperatury w jego objętości oraz możliwość występowania obszarów niedostatecznie ogrzanych (tzw. punktów krytycznych).

Proces sterylizacji prowadzono w autoklawie, z monitorowaniem parametrów czasowo-temperaturowych oraz kontrolą osiągania wymaganej temperatury w geometrycznym środku produktu. Analiza przebiegu procesu wykazała istotne różnice w dynamice nagrzewania w zależności od pojemności opakowania oraz konsystencji produktu. W większych opakowaniach obserwowano wydłużony czas osiągania temperatury sterylizacji oraz większe

zróznicowanie rozkładu temperatury, co mogło mieć znaczenie dla bezpieczeństwa mikrobiologicznego oraz jakości produktu.

Na podstawie uzyskanych obserwacji technologicznych do dalszych, zasadniczych badań wybrano szklane opakowania o pojemności 250 ml, które zapewniały najbardziej równomierny przebieg procesu sterylizacji oraz korzystne warunki prowadzenia obróbki cieplnej. Wybór ten pozwolił na ograniczenie czasu nagrzewania produktu, zmniejszenie ryzyka nadmiernej degradacji cech sensorycznych oraz zapewnienie powtarzalności procesu.

W kolejnym etapie spośród opracowanych wariantów receptur wytypowano dwa produkty w formie past warzywnych, przeznaczone do szczegółowych badań technologicznych. Wybrane produkty różniły się składem recepturowym i profilem sensorycznym, przy zachowaniu zbliżonej struktury i gęstości, co umożliwiło porównywalną ocenę przebiegu procesu sterylizacji. Produkty te zostały poddane sterylizacji w warunkach autoklawowych, a następnie wykorzystane do dalszych analiz mikrobiologicznych, fizykochemicznych, sensorycznych oraz badań przechowalniczych.

Przyjęta metodyka umożliwiła kompleksową ocenę wpływu parametrów sterylizacji oraz czynników technologicznych, takich jak skład produktu i pojemność opakowania, na bezpieczeństwo mikrobiologiczne oraz jakość gotowych przetworów warzywnych na bazie groszku. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do opracowania zaleceń technologicznych możliwych do zastosowania w warunkach przetwórstwa małoskalowego oraz Rolniczego Handlu Detalicznego.

Ocena sensoryczna i elementy oceny konsumenckiej

Ocena sensoryczna stanowiła istotny element prac badawczych prowadzonych w ramach zadania 9.5, umożliwiając ocenę wpływu składu recepturowego oraz parametrów sterylizacji na jakość gotowych produktów warzywnych na bazie zielonego groszku. Ze względu na aplikacyjny charakter zadania oraz jego ukierunkowanie na przetwórstwo małoskalowe i Rolniczy Handel Detaliczny, ocena sensoryczna została potraktowana jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji technologicznych.

Oceny sensoryczne przeprowadzono dla wybranych wariantów produktów w formie past warzywnych po procesie sterylizacji oraz po określonym czasie przechowywania. Analizie poddano podstawowe wyróżniki jakości sensorycznej, obejmujące barwę, zapach, smak, konsystencję oraz ogólną akceptację produktu. Szczególną uwagę zwrócono na identyfikację ewentualnych zmian sensorycznych wynikających z intensywnej obróbki cieplnej, takich jak pojawienie się nut gotowanych, pogorszenie tekstury lub zmiany barwy.

Ocena sensoryczna prowadzona była w warunkach laboratoryjnych przez przeszkolonych oceniających, z zastosowaniem uproszczonej skali punktowej, umożliwiającej porównanie badanych wariantów produktów. Uzyskane wyniki pozwoliły na wskazanie różnic pomiędzy produktami o zróżnicowanym składzie recepturowym oraz na ocenę wpływu sterylizacji na ich cechy organoleptyczne.

Wyniki oceny sensorycznej wykazały, że zarówno skład recepturowy, jak i pojemność opakowania oraz przebieg procesu sterylizacji miały istotny wpływ na postrzeganą jakość produktów. Produkty o bardziej jednorodnej strukturze i dodatkach poprawiających profil

smakowy charakteryzowały się wyższą ogólną akceptacją oraz stabilnością sensoryczną w trakcie przechowywania.

Elementy oceny konsumenckiej miały charakter wstępny i orientacyjny, a ich celem było określenie potencjalnej akceptacji opracowanych produktów przez odbiorców końcowych. Uzyskane obserwacje wskazały, że przetwory warzywne na bazie zielonego groszku, utrwalane metodą sterylizacji, mogą stanowić atrakcyjną grupę produktów dla konsumentów poszukujących gotowych, bezpiecznych i prostych składowo wyrobów warzywnych.

Uwzględnienie oceny sensorycznej oraz elementów oceny konsumenckiej umożliwiło kompleksową ocenę opracowanych produktów, łączącą aspekty bezpieczeństwa mikrobiologicznego, jakości technologicznej oraz akceptowalności sensorycznej. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do dalszych decyzji technologicznych oraz opracowania rekomendacji dla przetwórstwa małoskalowego i Rolniczego Handlu Detalicznego.

3.1 Przygotowanie prób badawczych

W ramach zadania 9.5 przeprowadzono badania procesu sterylizacji przetworów warzywnych o wysokim pH, opracowanych na bazie zielonego groszku (*Pisum sativum* L.). Monitorowano czas niezbędny do osiągnięcia temperatury sterylizacji 113°C w geometrycznym środku opakowania oraz analizowano wpływ czasu przetrzymania w temperaturze docelowej (warianty: 10 i 20 min) na stabilność mikrobiologiczną oraz jakość fizykochemiczną i sensoryczną produktów. Proces prowadzono w autoklawie z ciągłą rejestracją temperatury i ciśnienia w rdzeniu produktu, co umożliwiło ocenę przebiegu procesu i porównanie wariantów technologicznych.

3.1.1 Badanie procesu sterylizacji dla przetworów na bazie groszku w formie przecieru/purée

3.1.1.1 Przygotowanie surowca i produktu

Surowcem był mrożony zielony groszek. Surowiec rozmrażano w warunkach chłodniczych, a następnie poddawano obróbce cieplnej wstępnej w temperaturze ok. 80°C przez 60 minut w celu zmiękczenia struktury tkankowej i dezaktywacji enzymów. Po obróbce cieplnej groszek rozdrabniano i przecierano do uzyskania jednnorodnej konsystencji typu purée. W celu ujednolicenia lepkości oraz zapewnienia powtarzalności procesu dodawano wodę w ilości 3,0 L na 10 kg surowca. Produkt porcjowano do szklanych słoików i zamykano hermetycznie.

3.1.1.2 Dobór opakowań i etap wstępny

W etapie wstępnym oceniano wpływ objętości opakowania na czas nagrzewania i rozkład temperatury w rdzeniu produktu. Zastosowano słoiki o pojemności 250 ml, 300 ml oraz 500 ml. Analiza krzywych nagrzewania wykazała, że opakowania o pojemności 250 ml charakteryzowały się najbardziej powtarzalnym przebiegiem procesu oraz najkrótszym czasem osiągnięcia temperatury docelowej. W związku z tym do dalszych badań jakościowych wybrano opakowanie 250 ml jako wariant referencyjny.

3.1.1.3 Przebieg procesu sterylizacji

Zapełnione i zamknięte słoiki umieszczano w autoklawie wyposażonym w system rejestracji temperatury i ciśnienia. Proces sterylizacji prowadzono w temperaturze 113°C. Czas właściwej sterylizacji liczono od momentu osiągnięcia temperatury docelowej w geometrycznym środku produktu. Dla każdej partii zastosowano dwa warianty czasowe: 10 minut oraz 20 minut. Po zakończeniu procesu produkty schładzano w kontrolowanych warunkach do temperatury otoczenia i kierowano do dalszych analiz.

3.1.1.4 Rejestracja parametrów procesu

W trakcie sterylizacji rejestrowano:

- czas osiągnięcia temperatury 113°C w rdzeniu produktu,
- przebieg temperatury w czasie,
- parametry ciśnienia roboczego,
- powtarzalność krzywych nagrzewania dla poszczególnych pojemności opakowań.

3.1.1.5 Wniosek technologiczny

W przypadku przecieru groszkowego stwierdzono, że 10-minutowy wariant sterylizacji w temperaturze 113°C zapewniał skuteczną redukcję mikroflory wegetatywnej przy zachowaniu korzystnych cech sensorycznych produktu. Czas osiągnięcia temperatury 113°C wynosił średnio 28 minut dla opakowania 250 ml, 34 min dla 300 ml oraz 46 min dla 500 ml, co potwierdziło istotny wpływ objętości opakowania na przebieg procesu.

3.1.2. Określenie parametrów technicznych utrwalania gęstych produktów na bazie groszku (pasty)

W kolejnym etapie przeprowadzono badania procesu sterylizacji gęstego produktu w postaci pasty warzywnej na bazie groszku, charakteryzującego się zwiększoną lepkością oraz zwartą strukturą. Produkt wykazywał pH powyżej 4,0, co klasyfikuje go jako produkt wymagający sterylizacji.

3.1.2.1. Przygotowanie produktu

Purée groszkowe zagęszczano poprzez ograniczenie dodatku wody technologicznej oraz intensywną homogenizację, uzyskując stabilną pastę o jednolitej strukturze. Produkt porcjowano do słoików o pojemności 150 ml oraz 250 ml i zamykano hermetycznie.

3.1.2.2. Sterylizacja

Proces sterylizacji prowadzono analogicznie jak w punkcie 3.1.1, w temperaturze 113°C, w dwóch wariantach czasowych: 10 i 20 minut, liczonych od momentu osiągnięcia temperatury docelowej w rdzeniu produktu. Temperaturę monitorowano w geometrycznym środku opakowania.

3.1.2.3 Wniosek technologiczny

Ze względu na wysoką lepkość i ograniczony transfer ciepła, pasta groszkowa wymagała wydłużonego czasu sterylizacji (20 minut) w celu ograniczenia ryzyka przetrwania form

przetrawnikowych drobnoustrojów, szczególnie w opakowaniach o pojemności 250 ml. Czas osiągnięcia temperatury 113°C wynosił średnio 41 min dla opakowania 150 ml oraz 56 min dla 250 ml.

Czas osiągnięcia temperatury sterylizacji w zależności od rodzaju produktu i objętości opakowania zestawiono w tabeli 1.

Produkt	Objętość opakowania	Czas osiągnięcia 113°C (min)	Uwagi
Purée groszkowe	250 ml	28	Jednorodna konsystencja, umiarkowana lepkość
Purée groszkowe	300 ml	34	Wydłużony czas nagrzewania wraz ze wzrostem objętości
Purée groszkowe	500 ml	46	Istotnie dłuższy czas nagrzewania rdzenia
Pasta groszkowa	150 ml	41	Wysoka lepkość ograniczająca transfer ciepła
Pasta groszkowa	250 ml	56	Najdłuższy czas nagrzewania ze względu na zwartą strukturę

Tab.1



Fot. 1. Autoklaw z automatyzowaną kontrolą procesu sterylizacji.

Receptury

Receptura nr: 1

Nazwa receptury: ???

Asortyment: 0 Gramaż: 0 g

Przesyłanie: ☐ Wszystkie ☒ Jedną

Załaduj

Parametry ogólne

Rodzaj sterylizacji: Klasyczny

Czas grzania: 15 min

Czas sterylizacji: 10 min

Czas chłodzenia: 25 min

Temp. sterylizacji: 113 °C

Ciśn. sterylizacji: 220 kPa

Temp. końc. chłodz.: 45 °C

Temp.max.grz.: 40 °C

Tryb F0: Rejestruj

Sterowanie ciśnieniem:

Wg kroków

Sterowanie ciśnieniem podczas grzania

	Krok 1:	Krok 2:	Koniec grzania
Temperatura [°C]:	1	1	113
Procent ciśnienia początku steryliz.:	30 (45)	60 (90)	100% (150)

Sterowanie ciśnieniem podczas sterylizacji

Sterowanie ciśnieniem w sterylizacji: Liniowe

Ciśnienie na początku sterylizacji: 150 kPa

	Krok 1:	Krok 2:	Ostatni krok:
Ciśnienie [kPa]	175	200	220
Czas [min]:	0	1	9

Parametry chłodzenia

☐ Chłodzenie oszczędne

Parametry kr. chłodzenia: automatycznie

	Krok 1	Krok 2	Krok 3
Ciśn. chł. kr.:	240	160	100
Czas chł. kr.:	12	8	5
Temp. chł. kr.:	79	56.3	

Hasło Zapisz Ok Anuluj

Receptury

Receptura nr: 1

Nazwa receptury: ???

Asortyment: 0 Gramaż: 0 g

Przesyłanie: ☐ Wszystkie ☒ Jedną

Załaduj

Parametry ogólne

Rodzaj sterylizacji: Klasyczny

Czas grzania: 15 min

Czas sterylizacji: 10 min

Czas chłodzenia: 25 min

Temp. sterylizacji: 113 °C

Ciśn. sterylizacji: 220 kPa

Temp. końc. chłodz.: 45 °C

Temp.max.grz.: 40 °C

Tryb F0: Rejestruj

Sterowanie ciśnieniem:

Wg kroków

Sterowanie ciśnieniem podczas grzania

	Krok 1:	Krok 2:	Koniec grzania
Temperatura [°C]:	1	1	113
Procent ciśnienia początku steryliz.:	30 (45)	60 (90)	100% (150)

Sterowanie ciśnieniem podczas sterylizacji

Sterowanie ciśnieniem w sterylizacji: Liniowe

Ciśnienie na początku sterylizacji: 150 kPa

	Krok 1:	Krok 2:	Ostatni krok:
Ciśnienie [kPa]	175	200	220
Czas [min]:	0	1	9

Parametry chłodzenia

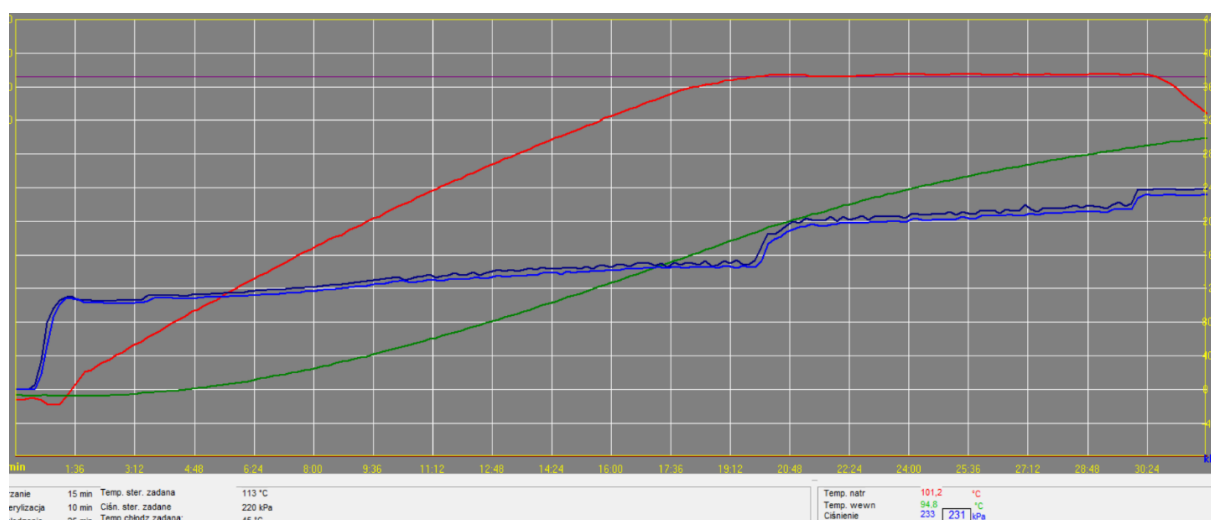
☐ Chłodzenie oszczędne

Parametry kr. chłodzenia: automatycznie

	Krok 1	Krok 2	Krok 3
Ciśn. chł. kr.:	240	160	100
Czas chł. kr.:	12	8	5
Temp. chł. kr.:	79	56.3	

Hasło Zapisz Ok Anuluj

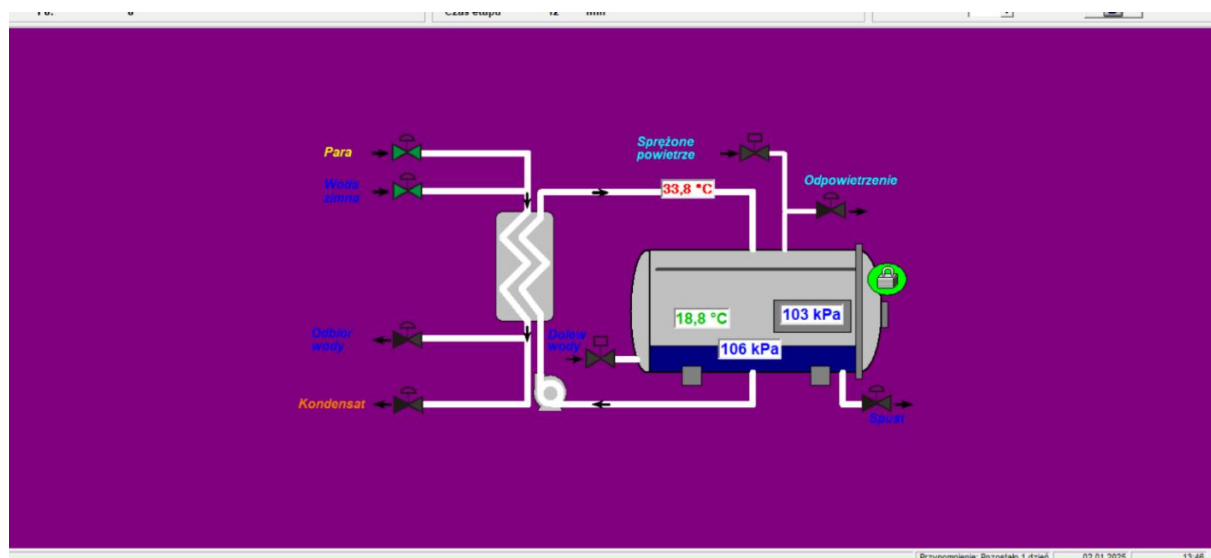
Fot. 2. Przykładowe okno z ustawień parametrów procesu ustawianych na autoklawie.



Fot. 3. Przykładowy diagram rozkładu temperatury i ciśnienia w trakcie procesu sterylizacji dyniowego soku przecierowego.



Fot. 4. Produkty po autoklawowaniu.



Fot. 5. Schemat technologiczny pracy autoklawu z uwzględnieniem rozkładu mediów

3.2 Analiza fizykochemiczna produktów po sterylizacji

Analizy fizykochemiczne wykonano w celu oceny stabilności jakościowej produktów przed i po procesie sterylizacji. Zakres analiz obejmował oznaczenie suchej masy, pH, lepkości oraz ocenę barwy.

Wartości pH dla obu produktów pozostawały stabilne i mieściły się w zakresie 6,2–6,8, niezależnie od czasu sterylizacji. Zawartość suchej masy wykazywała niewielkie zmiany po obróbce termicznej i nie różniła się istotnie pomiędzy wariantami 10- i 20-minutowymi. Lepkość purée groszkowego pozostawała względnie stabilna, natomiast w przypadku pasty groszkowej obserwowano nieznaczne obniżenie lepkości po dłuższym czasie sterylizacji, co wiązano z częściową degradacją struktur polisacharydowych.

Parametry fizykochemiczne produktów przed i po sterylizacji (113°C)

Produkt	Czas sterylizacji	Opakowanie	Sucha masa (%)	pH	Lepkość (mPa·s)	Uwagi jakościowe
Purée groszkowe	przed	–	9,7	6,65	150	Jednorodna struktura
Purée groszkowe	10 min	250 ml	9,6	6,62	148	Brak istotnych zmian
Purée groszkowe	20 min	250 ml	9,5	6,58	145	Niewielkie obniżenie lepkości
Pasta groszkowa	przed	–	11,8	6,7	220	Zwartość, wysoka lepkość
Pasta groszkowa	10 min	250 ml	11,7	6,66	215	Stabilna struktura
Pasta groszkowa	20 min	250 ml	11,6	6,61	205	Lekka degradacja struktury

Tabela 2. Parametry fizykochemiczne produktów przed i po sterylizacji (113°C)

3.2 Monitorowanie jakości mikrobiologicznej i sensorycznej

3.2.1. Ocena mikrobiologiczna

Ocena mikrobiologiczna wykazała, że 10-minutowy proces sterylizacji był wystarczający do eliminacji drobnoustrojów wegetatywnych w purée groszkowym. W przypadku pasty groszkowej obecność struktur o ograniczonym przewodnictwie cieplnym uzasadniała zastosowanie 20-minutowego wariantu, który skutecznie ograniczał ryzyko przetrwania form przetrwalnikowych.

Wyniki analiz mikrobiologicznych zestawiono w tabeli 3.

Produkt	Czas sterylizacji	Ogólna liczba drobnoustrojów przed (CFU/g)	Po sterylizacji (CFU/g)	Drożdże i pleśnie po (CFU/g)	Formy przetrwalnikowe
Purée groszkowe	10 min	$1,2 \times 10^5$	<10	<10	Nie wykryto
Purée groszkowe	20 min	$1,2 \times 10^5$	<10	<10	Nie wykryto
Pasta groszkowa	10 min	$8,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^2$	<10	Wykryto śladowo
Pasta groszkowa	20 min	$8,5 \times 10^4$	<10	<10	Nie wykryto

Tabela 3. Wyniki analiz mikrobiologicznych produktów po sterylizacji

3.2.2. Ocena sensoryczna

Równolegle przeprowadzono ocenę sensoryczną w 10-osobowym panelu. Produkty sterylizowane przez 10 minut uzyskały wyższe noty za barwę, konsystencję i naturalność smaku. Wydłużenie czasu sterylizacji powodowało nieznaczne ściemnienie barwy oraz zwiększenie wrażenia zbitości, szczególnie w przypadku pasty groszkowej, jednak wszystkie warianty zachowały akceptowalny poziom jakości sensorycznej.

Wyniki oceny sensorycznej produktów po sterylizacji przedstawiono w tabeli 4.

Produkt	Czas sterylizacji	Barwa	Zapach	Smak	Konsystencja	Ogólna akceptacja
Purée groszkowe	10 min	4,8	4,7	4,9	4,8	4,8
Purée groszkowe	20 min	4,6	4,5	4,7	4,6	4,6
Pasta groszkowa	10 min	4,2	4,3	4,1	4	4,1
Pasta groszkowa	20 min	3,6	3,9	3,7	3,6	3,7

Tabela 4. Ocena sensoryczna produktów po sterylizacji (panel 10 osób, skala 1–5)

4.1 Rezultaty

Analiza wyników procesu sterylizacji produktów warzywnych o wysokim pH, przeprowadzonych w warunkach Rolniczego Handlu Detalicznego (RHD), pozwoliła nie tylko na ocenę skuteczności utrwalania, lecz także na identyfikację mechanizmów fizycznych i chemicznych decydujących o jakości końcowej produktów na bazie groszku. Uzyskane rezultaty wskazują, że czas i temperatura sterylizacji oddziałują na produkt pośrednio – poprzez zmianę jego struktury, gęstości, składu molekularnego oraz dostępności związków odpowiedzialnych za smak i teksturę.

Znaczenie gęstości i lepkości produktu w procesie sterylizacji

Gęstość i lepkość produktów groszkowych okazały się kluczowymi parametrami determinującymi przebieg procesu sterylizacji. Groszek, jako surowiec bogaty w skrobię, białko oraz frakcje błonnikowe, tworzy po rozdrobnieniu i obróbce cieplnej matrycę o ograniczonej zdolności do przewodzenia ciepła. W produktach o wyższej gęstości, takich jak pasty warzywne, transfer ciepła do geometrycznego środka opakowania zachodzi wolniej niż w produktach półpłynnych (purée).

Ograniczony transfer ciepła powoduje, że rdzeń produktu przez dłuższy czas pozostaje w temperaturze subletalnej dla mikrobioty, co zwiększa ryzyko jej przetrwania. Z tego względu obserwowana konieczność wydłużenia czasu sterylizacji w produktach o zwartej strukturze nie wynika z samego pH produktu, lecz z fizycznej bariery, jaką stanowi gęsta matryca żywnościowa. Mechanizm ten wyjaśnia, dlaczego produkty o tej samej reakcji środowiska, lecz różnej konsystencji, wymagają odmiennych parametrów procesu.

Rola dodatków technologicznych i modyfikacji receptury

Zastosowane modyfikacje receptury, w tym regulowany dodatek wody lub składników poprawiających jednorodność struktury, miały istotne znaczenie technologiczne. Ich celem nie było wyłącznie kształtowanie cech sensorycznych, lecz przede wszystkim kontrola lepkości i gęstości produktu, co bezpośrednio wpływało na przebieg sterylizacji.

Dodatki te sprzyjały ujednoliceniu struktury, ograniczeniu lokalnych stref o zwiększonej gęstości oraz poprawie przewodnictwa cieplnego w całej objętości produktu. Jednocześnie wpływały one na percepcję smaku i tekstury, łagodząc wrażenie nadmiernej zbitości oraz poprawiając kremowość produktu po obróbce termicznej. W kontekście RHD takie podejście ma istotne znaczenie, ponieważ pozwala na osiągnięcie stabilnego i powtarzalnego produktu bez konieczności nadmiernego wydłużania czasu sterylizacji.

Znaczenie oceny sensorycznej w analizie technologicznej

Ocena sensoryczna pełniła w badaniach rolę narzędzia weryfikującego skutki zmian zachodzących w produkcie na poziomie molekularnym i strukturalnym. Jej celem nie była jedynie subiektywna ocena akceptowalności, lecz identyfikacja konsekwencji obróbki termicznej dla związków odpowiedzialnych za smak, zapach i teksturę.

Wydłużenie czasu sterylizacji prowadziło do obserwowanych zmian sensorycznych, takich jak osłabienie świeżego, roślinnego profilu smakowego, zwiększenie wrażenia zbitości oraz obniżenie intensywności barwy. Zjawiska te wynikają z degradacji związków lotnych odpowiedzialnych za aromat groszku, modyfikacji struktur skrobiowych oraz częściowego rozpadu chlorofilu. Ocena sensoryczna pozwoliła więc na powiązanie parametrów procesu z rzeczywistym odbiorem produktu przez konsumenta, co ma kluczowe znaczenie w przetwórstwie małoskalowym.

Powiązanie wyników z praktyką RHD

Uzyskane rezultaty jednoznacznie wskazują, że w warunkach Rolniczego Handlu Detalicznego optymalizacja procesu sterylizacji nie może opierać się wyłącznie na wartościach temperatury i czasu, lecz musi uwzględniać właściwości fizyczne produktu, skład recepturowy oraz

oczekiwany profil sensoryczny. Ocena gęstości, lepkości oraz zachowania produktu po obróbce termicznej stanowi niezbędny element projektowania procesu technologicznego.

Zrozumienie mechanizmów leżących u podstaw obserwowanych zmian jakościowych pozwala na racjonalne formułowanie zaleceń technologicznych, które zostały przedstawione w kolejnym rozdziale. W tym kontekście ocena sensoryczna, analiza struktury oraz obserwacja przebiegu transferu ciepła tworzą spójny zestaw narzędzi wspierających bezpieczne i jakościowe przetwarzanie produktów groszkowych w RHD.

Znaczenie wyników badań w kontekście doradztwa i szkoleń dla producentów RHD

Istotnym uzupełnieniem analiz technologicznych była weryfikacja wyników badań w trakcie szkoleń, wykładów oraz konsultacji prowadzonych w ramach współpracy z ośrodkami doradztwa rolniczego. Dyskusje z producentami działającymi w systemie Rolniczego Handlu Detalicznego potwierdziły, że zagadnienia związane z doбором parametrów sterylizacji produktów o wysokim pH, wpływem gęstości i konsystencji na bezpieczeństwo mikrobiologiczne oraz interpretacją przebiegu procesu termicznego stanowią istotne wyzwanie w praktyce małoskalowego przetwórstwa.

Doświadczenia zdobyte podczas zajęć szkoleniowych wykazały, że producenci RHD często opierają się na uproszczonych schematach technologicznych, nieuwzględniających zróżnicowania właściwości fizycznych produktów ani wpływu receptury na transfer ciepła. Wyniki przeprowadzonych badań stanowiły merytoryczne potwierdzenie potrzeby pogłębionego doradztwa technologicznego, szczególnie w zakresie interpretacji parametrów procesu sterylizacji oraz świadomego projektowania produktów pod kątem ich struktury i stabilności.

Przeprowadzone szkolenia i wyjazdy doradcze pozwoliły na bezpośrednie skonfrontowanie wyników badań z realnymi problemami zgłaszanymi przez producentów, co jednoznacznie wskazało na zwiększone zapotrzebowanie na konsultacje terenowe oraz indywidualne wsparcie technologiczne. Wnioski te potwierdzają zasadność łączenia badań procesowych z działaniami szkoleniowymi i doradczymi jako integralnego elementu rozwoju bezpiecznego i jakościowego przetwórstwa w ramach RHD.

5. Rekomendacje

Na podstawie przeprowadzonych badań procesu sterylizacji produktów warzywnych o wysokim pH oraz ich analizy mikrobiologicznej, fizykochemicznej i sensorycznej opracowano zestaw zaleceń technologicznych dedykowanych producentom działającym w ramach Rolniczego Handlu Detalicznego (RHD). Rekomendacje te uwzględniają zarówno bezpieczeństwo mikrobiologiczne, jak i zachowanie jakości sensorycznej oraz stabilności strukturalnej produktów.

Czas i temperatura sterylizacji – znaczenie gęstości i struktury produktu

Produkty o niższej gęstości i półpłynnej konsystencji (np. purée groszkowe, przecierowe produkty warzywne) charakteryzują się korzystniejszym transferem ciepła, co umożliwia skuteczną inaktywację mikroflory wegetatywnej już przy krótszym czasie sterylizacji. W takich przypadkach rekomenduje się prowadzenie procesu w temperaturze 113°C przez 10

minut, co pozwala zachować korzystne cechy sensoryczne i ograniczyć nadmierną degradację składników strukturalnych.

Produkty o zwartej konsystencji (np. pasty warzywne na bazie groszku) wykazują ograniczony transfer ciepła w rdzeniu produktu, wynikający z wysokiej lepkości i obecności rozbudowanej matrycy polisacharydowo-białkowej. W tych przypadkach zaleca się wydłużenie czasu sterylizacji do 20 minut w temperaturze 113°C, co znacząco zmniejsza ryzyko przetrwania form przetrwalnikowych drobnoustrojów.

Znaczenie receptury i dodatków technologicznych

Dobór receptury produktu, w tym ilość dodanej wody, sposób rozdrobnienia surowca oraz ewentualne dodatki smakowo-funkcjonalne, ma istotny wpływ na lepkość i strukturę produktu, a tym samym na przebieg procesu sterylizacji. Badania wykazały, że nawet niewielkie zmiany konsystencji mogą istotnie zmieniać czas osiągnięcia temperatury sterylizacji w geometrycznym środku opakowania.

Z tego względu rekomenduje się projektowanie receptur z uwzględnieniem nie tylko walorów sensorycznych, lecz także właściwości termicznych produktu.

Dobór opakowań a bezpieczeństwo procesu

Zaleca się stosowanie szklanych słoików z metalowymi zakrętkami o pojemności 150–250 ml, które zapewniają najbardziej przewidywalny przebieg nagrzewania oraz ograniczają ryzyko niedostatecznego ogrzania rdzenia produktu. Większe opakowania, choć możliwe do zastosowania, wymagają indywidualnej walidacji procesu i dostosowania czasu sterylizacji.

Znaczenie oceny sensorycznej w procesie decyzyjnym

Ocena sensoryczna stanowi istotne narzędzie uzupełniające analizę mikrobiologiczną i fizykochemiczną. Wyniki badań potwierdziły, że wydłużenie czasu sterylizacji może prowadzić do pogorszenia barwy, konsystencji oraz intensywności smaku, szczególnie w produktach o wysokiej lepkości. Z tego względu rekomenduje się traktowanie oceny sensorycznej jako elementu decyzyjnego przy wyborze optymalnego wariantu procesu, umożliwiającego osiągnięcie kompromisu pomiędzy bezpieczeństwem mikrobiologicznym a akceptowalnością konsumencką.

Kontrola procesu i potrzeba wsparcia doradczego

W warunkach RHD szczególnego znaczenia nabiera regularne monitorowanie parametrów procesu sterylizacji z wykorzystaniem prostych, niskokosztowych narzędzi, takich jak rejestratory temperatury czy wskaźniki sterylizacji. Doświadczenia zdobyte podczas szkoleń i konsultacji terenowych prowadzonych we współpracy z ośrodkami doradztwa rolniczego potwierdziły zwiększone zapotrzebowanie producentów RHD na indywidualne wsparcie technologiczne. Wynika ono z konieczności interpretacji przebiegu procesu sterylizacji w odniesieniu do konkretnych produktów, receptur i warunków produkcyjnych.