

Kisz-Misz

Raport końcowy z realizacji operacji – Etap II

Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania innowacyjnych past na bazie ogórka pozaasortymentowego i warzyw uzyskanych w wyniku ukierunkowanej fermentacji wspomaganej ultradźwiękami jako szansa na wzmocnienie pozycji producentów rolnych na rynku (Kisz-Misz)



Raport końcowy z operacji – Etap 2

Tytuł operacji: Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania innowacyjnych past na bazie ogórka pozaasortymentowego i warzyw uzyskanych w wyniku ukierunkowanej fermentacji wspomaganej ultradźwiękami jako szansa na wzmocnienie pozycji producentów rolnych na rynku (Kisz-Misz)

Akronim: KiszMisz

Grupa operacyjna (konsorcjum) pod nazwą KiszMisz obejmująca:

Przedsiębiorcę: RUNOLAND Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Spółka Jawna – Lider Operacji

Rolnika: Gospodarstwo Rolne Marek Biesiada

Jednostkę naukowo-badawczą: Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Jednostkę doradczą: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie

Raport z realizacji Etapu 2 - Wytypowanie surowców, wskazanie warunków prowadzenia fermentacji oraz koncepcji linii technologicznej do produkcji past z warzyw fermentowanych

Założenia etapu 2

Etap 2 zakładał kontynuację doświadczeń polowych poprzez prowadzenie upraw ogórka na przygotowanych stanowiskach oraz gromadzenie danych klimatyczno-glebowych z poprzedniego sezonu w celu opracowania cyfrowego narzędzia wspierającego dalsze działania projektu. W ramach etapu dokonano zakupu i instalacji kluczowych maszyn i urządzeń, co umożliwiło przygotowanie kompletnej linii technologicznej do produkcji past z warzyw fermentowanych z niemal bezodpadowym przetwarzaniem surowców. Wytypowano różnorodne surowce warzywne – ogórka pozaasortymentowego, warzywa korzeniowe (marchew purpurowa, burak ćwikłowy), dyniowate (dynia, cukinia) oraz psiankowate (pomidor, papryka) – i opracowano receptury trzech wariantów past warzywnych. Założono również opracowanie optymalnych warunków fermentacji dla poszczególnych gatunków warzyw, obejmujących temperaturę, czas oraz zastosowanie starterów probiotycznych, a także opracowanie koncepcji linii technologicznej umożliwiającej homogenizację, zagęszczanie i łagodną pasteryzację w celu uzyskania past o odpowiedniej konsystencji i trwałości.

Cel etapu 2

Celem Etapu 2 było wypracowanie podstaw do produkcji innowacyjnych past z warzyw fermentowanych poprzez wytypowanie odpowiednich surowców, ustalenie optymalnych warunków fermentacji oraz opracowanie koncepcji linii technologicznej.

1. Wytypowanie i przetestowanie surowców warzywnych o wysokiej wartości odżywczej i odpowiednich właściwościach fermentacyjnych, z uwzględnieniem wpływu obróbki ultradźwiękowej i starterów probiotycznych.
2. Opracowanie i weryfikacja receptur trzech wariantów past warzywnych, różniących się składem, cechami sensorycznymi i właściwościami reologicznymi.
3. Ustalenie optymalnych warunków fermentacji dla każdego rodzaju warzywa, zapewniających prawidłowe ukwaszenie, bezpieczeństwo mikrobiologiczne i wysoką zawartość związków bioaktywnych.

4. Przygotowanie koncepcji kompletnej linii technologicznej do produkcji past z warzyw fermentowanych, uwzględniającej niemal bezodpadowe przetwarzanie surowców.
5. Weryfikacja jakości uzyskanych produktów poprzez analizę fizykochemiczną, sensoryczną i reologiczną w celu wytypowania wariantów rekomendowanych do produkcji przemysłowej.

Wybrane wyniki badań:

Kontynuacja doświadczenia polowego

W ramach Etapu 2 kontynuowano prac uprawowe ogórka na przygotowanych wcześniej stanowiskach oraz prowadzono jego uprawę w sezonie 2023. Jednocześnie gromadzono dane klimatyczno-glebowe z pierwszego sezonu uprawy, które posłużyły do opracowania cyfrowego rozwiązania wspierającego dalsze etapy projektu - Rolnik

1.2. Dostosowanie infrastruktury i przygotowanie linii technologicznej

Na tym etapie dokonano zakupu i instalacji kolejnych maszyn i urządzeń niezbędnych do opracowania innowacyjnej linii technologicznej oraz wdrożenia innowacji produktowej. Działania te umożliwiły przygotowanie kompletnej linii technologicznej do produkcji past z warzyw fermentowanych - Przedsiębiorca

1.3. Wytypowanie surowców, opracowanie receptur i warunków fermentacji oraz koncepcji linii technologicznej - UPP

Przeprowadzono wytypowanie surowców warzywnych i opracowano receptury trzech różnych past z warzyw fermentowanych na bazie ogórka pozaasortymentowego. W recepturach uwzględniono warzywa z różnych grup użytkowych, w tym korzeniowe (marchew purpurowa, burak), psiankowate (pomidor, papryka) oraz dyniowate (dynia, cukinia). Skomponowane pasty poddano ocenie sensorycznej, której wyniki pozwoliły wybrać trzy warianty różniące się cechami smakowymi i zapachowymi, stanowiące podstawę do dalszego projektowania produktu.

Wskazano także optymalne warunki prowadzenia fermentacji poszczególnych gatunków warzyw, obejmujące temperaturę, czas oraz zastosowanie kultur starterowych fermentacji mlekowej, z uwzględnieniem aspektu bezodpadowego przetwarzania surowców. Wytypowane warianty fermentacji zweryfikowano doświadczalnie, co umożliwiło przygotowanie receptur półproduktów dla dalszej produkcji past.

Opracowano koncepcję linii technologicznej przeznaczonej do produkcji trzech różnych past z warzyw kiszonych na bazie ogórka, uwzględniając zwiększenie strumienia surowcowego poprzez niemal bezodpadowe przetwarzanie warzyw pozaasortymentowych. Linia technologiczna obejmowała operacje homogenizacji, zagęszczania i łagodnej pasteryzacji, zapewniające odpowiednią konsystencję, obniżenie aktywności wody oraz wydłużenie trwałości produktu.

Wykonawca: UPP we współpracy z Przedsiębiorcą i Rolnikiem

1. Dobór warunków fermentacji warzyw

Do produkcji past z warzyw fermentowanych wytypowano kilka gatunków surowców z różnych grup użytkowych. Oprócz ogórka, z grupy warzyw dyniowatych zaproponowano cukinię oraz dynię, natomiast z grupy warzyw psiankowatych pomidora oraz paprykę. Oprócz tego zaproponowano

jeszcze warzywa korzeniowe – buraka ćwikłowego oraz marchew purpurową. Większość z tych warzyw nie jest poddawana kwaszeniu na szerszą skalę przemysłową. Dla warzyw tych opracowano warunki prowadzenia fermentacji, a następnie przetestowano je w warunkach przemysłowych. W uzyskanych warzywa fermentowanych analizowano takie podstawowe parametry, jak wartość pH oraz zawartość ekstraktu. Analizowano też zawartość związków polifenolowych oraz barwników karotenoidowych metodą HPLC. W uzyskanych ekstraktach metanolowych analizowano zdolność przeciwutleniającą metodą z kationorodnikiem ABTS. Za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC analizowano zawartość cukrów oraz kwasów organicznych po fermentacji. Oprócz parametrów fizykochemicznych warzyw poddanych fermentacji analizowano również ich jakość sensoryczną oraz barwę. Sprawdzone również jakość mikrobiologiczną kiszonek po fermentacji. Analizowano zawartość różnych frakcji błonnika pokarmowego w fermentowanych warzywach. Wyniki przedstawiono w poniższych tabelach i wykresach.

Warzywa do fermentacji myto w myjce szczotkowej, wyposażonej w generator ultradźwiękowy o mocy 2×4 kW i częstotliwości 25 kHz. W przypadku warzyw poddawanych obróbce ultradźwiękowej czas obróbki podczas mycia wynosił 5 minut. Warzywa takie jak pomidory, cukinia, papryka, burak ćwikłowy i marchew poddawano myciu w całości. Przed myciem surowce jedynie przebiegano oraz ogławiano. W przypadku dyni usuwano miąższ wraz z nasionami i krojono na mniejsze części, które poddawano myciu i obróbce. Umyte warzywa krojono na plastry w przypadku cukinii, buraka ćwikłowego i marchwi. W przypadku papryki usuwano gniazda nasienne i krojono na mniejsze części. Natomiast pomidory fermentowano w całości. Do warzyw dodawano zalewę, którą stanowił 3% roztwór soli spożywczej (NaCl). Zalewę dodawano w proporcji 1:1 w stosunku do masy warzyw. Do warzyw dodawano również inokulum z bakterii kwasu mlekowego. Zastosowano dwa szczepy o właściwościach probiotycznych *L. plantarum* 299v oraz *L. rhamnosus* GG w dawce 5 log CFU na g warzyw. Warzywa wraz z zalewą umieszczano w zamkniętych pojemnikach w temperaturze 35°C na 7 dni, aby całość uległa fermentacji. Po tym czasie próby otwierano, za pomocą sita oddzielano warzywa od zalewy. Warzywa homogenizowano za pomocą homogenizatora i umieszczano w zamykanych pojemnikach w chłodni w temperaturze ok. 4°C. Tak przygotowane rozdrobnione warzywa zostały użyte do przeprowadzenia oznaczeń, a także jako składniki do komponowania past.



Ryc. 1. Mycie wybranych warzyw w myjce szczotkowej wraz z obróbką ultradźwiękową

Tab. 1. Parametry fizykochemiczne warzyw przed i po fermentacji z sezonu 2023

Gatunek warzyw	Próba	pH	Ekstrakt [°Brix]	Zawartość polifenoli mg/100g	Zdolność przeciwutleniająca [μmol/g]	Zawartość karotenoidów mg/100g
Dyńia	Surowiec	7.08±0.00	6.45±0.07	nb	nb	nb
	<i>L. plantarum</i> 299v	4.00±0.22	5.33±0.10	5.3±0.2	1.88±0.22	33±4 ·10 ⁻³

	US <i>L. plantarum</i> 299v	4.08±0.00	5.40±0.00	2.8±0.3	0.76±0.08	45±3·10 ⁻³
	<i>L. rhamnosus</i> GG	4.07±0.27	5.68±0.32	4.9±0.1	2.19±0.08	36±2 ·10 ⁻³
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	4.15±0.00	5.20±0.00	1.8±0.1	1.93±0.03	29±3 ·10 ⁻³
Cukinia	Surowiec	6.69±0.00	4.85±0.07	nb	nb	nb
	<i>L. plantarum</i> 299v	3,67±0.04	3.68±0.44	37±4	1.96±0.19	38±4 ·10 ⁻³
	US <i>L. plantarum</i> 299v	3,75±0.00	3.45±0.07	23±4	1.66±0.16	23±4·10 ⁻³
	<i>L. rhamnosus</i> GG	3.66±0.02	4.08±0.67	32±1	1.93±0.42	32±5·10 ⁻³
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	3.75±0.00	4.03±0.06	13±1	1.43±0.09	13±0·10 ⁻³
Pomidor	Surowiec	4.72±0.00	5.85±0.07	nb	nb	nb
	<i>L. plantarum</i> 299v	3,94±0.04	4.80±0.18	37.1±1.1	3.02±0.40	0.61±0.06
	US <i>L. plantarum</i> 299v	4.11±0.00	4.20±0.00	24.9±0.3	2.43±0.15	0.40±0.15
	<i>L. rhamnosus</i> GG	3.96±0.04	4.98±0.05	51.7±0.2	2.31±0.68	0.29±0.00
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	4.21±0.00	4.40±0.14	29.7±0.1	2.74±0.01	0.57±0.03
Papryka czerwona	Surowiec	6.69±0.00	5.87±0.07	nb	nb	nb
	<i>L. plantarum</i> 299v	3,66±0.04	4.93±0.10	21.5±0.2	17.4±4.3	2.36±0.07
	US <i>L. plantarum</i> 299v	3,53±0.00	5.05±0.07	29.6±0.7	14.5±2.4	2.16±0.06
	<i>L. rhamnosus</i> GG	3.61±0.09	4.53±0.17	24.1±0.5	13.2±0.4	2.45±0.12
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	3.48±0.00	4.95±0.07	17.1±0.2	15.9±1.9	1.93±0.30
Burak ćwikłowy	Surowiec	5.99±0.05	7.67±0.06	nb	nb	nb
	<i>L. plantarum</i> 299v	3,66±0.01	5.60±0.20	54.0±1.3	7.86±2.23	nb
	US <i>L. plantarum</i> 299v	3,69±0.02	5.43±0.23	64.1±2.3	6.24±0.57	nb
	<i>L. rhamnosus</i> GG	3.83±0.13	4.20±0.00	56.1±0.6	8.17±0.57	nb
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	3.40±0.01	6.03±0.12	67.0±0.3	6.57±0.18	nb
Marchew purpurowa	Surowiec	5.73±0.01	14.4±0.3	nb	nb	nb
	<i>L. plantarum</i> 299v	3,75±0.03	7.40±0.10	122±14 (93±11*)	18.4±0.6	1.37±0.25
	US <i>L. plantarum</i> 299v	3,75±0.02	7.30±0.00	108±7 (99±11*)	17.8±1.5	1.64±0.08
	<i>L. rhamnosus</i> GG	3.77±0.02	7.40±0.10	116±12 (95±4*)	18.8±0.3	1.42±0.04
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	3.77±0.00	7.73±0.06	128±0 (82±8*)	18.6±0.5	1.60±0.04

* dla marchwi purpurowej podano zawartość barwników antocyjanowych

Zapoczątkowanie fermentacji w przypadku niektórych surowców może być utrudnione, dlatego zdecydowano się na zastosowanie inokulum ze szczepami bakterii kwasu mlekowego. W przypadku wszystkich zastosowanych surowców doprowadziło to do uzyskania prawidłowo ukwaszonego produktu o pH poniżej 4,0 (jedynie w przypadku dyni i pomidora uzyskane wartości były nieznacznie wyższe od 4,0, Tab. 11.). W żadnym przypadku nie doszło do rozwoju innej mikroflory, a przez to zepsucia produktu. We wszystkich przypadkach bakterie kwasu mlekowego zużywały składniki ekstraktu, co powodowało jego obniżanie w warzywach fermentowanych. Fermentowane warzywa to również dobre źródło związków polifenolowych. Szczególnie duże ich ilości stwierdzono w warzywach korzeniowych – buraku ćwikłowym i marchwi purpurowej. W przypadku tych warzyw po fermentacji zawartość polifenoli była znacznie wyższa niż w pozostałych surowcach. Marchew i papryka to z kolei bogate źródło związków karotenoidowych. Barwnikami zawartymi w korzeniach marchwi purpurowej, zapewniającymi im charakterystyczną ciemną barwę, są antocyjany. Ich zawartość wynosiła w zależności od wariantu fermentacji od 82 do 99 mg/100 g. Marchew purpurowa była jedynym surowcem, który zawierał te barwniki w znaczących ilościach. Antocyjany marchwi purpurowej są bardzo cenione w przemyśle, ze względu na swoją dużą stabilność w porównaniu z antocyjanami pochodzącymi z innych źródeł. Zastosowanie obróbki ultradźwiękowej przed fermentacją dawało pozytywny efekt w przypadku surowców o zwartej teksturze, takich jak burak czy marchew. W próbach tych warzyw poddanych obróbce ultradźwiękowej stwierdzono wyższe zawartości związków

polifenolowych czy karotenoidów w porównaniu z próbami fermentowanymi z zastosowaniem tych samych szczepów bakteryjnych nie poddanych obróbce ultradźwiękowej (Tab. 11).

Oznaczano również zawartość cukrów prostych, takich jak glukoza i fruktoza oraz dwucukru sacharozy w warzywach przed fermentacją oraz po fermentacji. Oznaczano również zawartość głównych kwasów organicznych, takich jak cytrynowy i jabłkowy oraz powstający głównie w czasie fermentacji kwa mlekowy. Wyniki tych oznaczeń dla surowców z sezonu 2023 przedstawiono w tabeli 13. W przypadku większości analizowanych warzyw dominującym cukrem była sacharoza. Jedynie w przypadku pomidora stwierdzono większy procentowy udział fruktozy. We wszystkich surowcach, oprócz marchwi purpurowej stwierdzono również obecność glukozy. To właśnie ten cukier może być bezpośrednio wykorzystywany przez bakterie kwasu mlekowego w procesie fermentacji. Ponadto pożywką dla niektórych szczepów bakterii mlekowych może być fruktoza, jak również sacharoza, która w wyniku hydrolizy rozkłada się do tych dwóch cukrów prostych. W wyniku fermentacji zawartość cukrów prostych oraz sacharozy w warzywach spadała. Pojawił się za to kwas mlekowy, który nie był obecny w surowcach przed fermentacją. Spadała również zawartość innych kwasów organicznych, co również może być wynikiem metabolizmu i wzrostu bakterii kwasu mlekowego, które są zdolne do przekształcania innych kwasów w kwas mlekowy.



Ryc. 2. Próby warzyw fermentowanych przygotowane do przeprowadzenia oceny pożądalności
Tab. 2. Wyniki analizy konsumenckiej pożądalności sensorycznej warzyw fermentowanych z sezonu 2023

Gatunek warzyw	Próba	Barwa	Zapach	Smak	Ogólna
Dyńia	<i>L. plantarum</i> 299v	8,0	6,0	4,4	4,5
	US <i>L. plantarum</i> 299v	7,4	6,5	4,7	4,5
	<i>L. rhamnosus</i> GG	7,5	5,4	6,0	6,0
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	7,4	5,3	5,5	6,0
Cukinia	<i>L. plantarum</i> 299v	5,5	5,0	6,0	6,0
	US <i>L. plantarum</i> 299v	6,0	6,0	6,8	6,5
	<i>L. rhamnosus</i> GG	6,4	5,0	4,3	4,3
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	5,5	5,0	4,6	4,2
Pomidor	<i>L. plantarum</i> 299v	7,0	6,5	4,5	5,0
	US <i>L. plantarum</i> 299v	7,0	5,0	5,3	4,8
	<i>L. rhamnosus</i> GG	7,5	6,5	5,0	4,5
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	6,8	5,6	5,0	4,5
Papryka czerwona	<i>L. plantarum</i> 299v	8,0	7,0	4,5	4,4
	US <i>L. plantarum</i> 299v	7,1	5,0	5,0	5,0
	<i>L. rhamnosus</i> GG	6,4	5,5	4,6	4,5
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	6,8	6,0	6,0	6,0
	<i>L. plantarum</i> 299v	8,0	6,9	4,4	5,0

Burak ćwikłowy	US <i>L. plantarum</i> 299v	6,0	4,5	5,5	5,0
	<i>L. rhamnosus</i> GG	6,2	5,5	4,5	5,0
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	7,8	4,8	5,5	5,0
Marchew purpurowa	<i>L. plantarum</i> 299v	6,0	5,8	3,5	3,6
	US <i>L. plantarum</i> 299v	6,4	4,0	3,0	4,0
	<i>L. rhamnosus</i> GG	7,0	5,0	3,6	5,0
	US <i>L. rhamnosus</i> GG	6,0	3,8	3,0	3,5

Na podstawie uzyskanych wyników badań oceny konsumenckiej pożądalności sensorycznej (Tab. 14) warzyw po fermentacji potwierdzono najmniejszą różnorodność w ocenie dla barwy oraz zapachu. Potwierdzono deklarowaną przez konsumentów pożądalność wobec barwy na poziomie 5,5 – 8,0 pkt. Niższą pożądalność potwierdzono w przypadku zapachu ocenianych próbek. Najniższą pożądalność sensoryczną wobec zapachu potwierdzono dla próbek marchwi purpurowej fermentowanej z wykorzystaniem szczepu *L. rhamnosus* GG i poddanej obróbce ultradźwiękowej podczas mycia (3,8 pkt), najwyższą dla papryki fermentowanej z wykorzystaniem szczepu *L. plantarum* 299v bez obróbki ultradźwiękowej (7,0 pkt). Nie były to jednak różnice statystycznie istotne. Ocena pożądalności smaku potwierdziła najwyższą pożądalność, wobec prób cukinii, papryki i dyni. W obrębie poszczególnych warzyw, w przypadku dyni najwyższą ocenę ogólną oraz za smak uzyskał produkt fermentowany z wykorzystaniem szczepu *L. rhamnosus* GG (zarówno po obróbce ultradźwiękowej, jak i bez niej) mimo, że próby te uzyskały nieco niższe noty za barwę. W przypadku cukinii także próby fermentowane szczepem *L. plantarum* 299v zdecydowanie wyróżniały się pod względem smaku i ogólnej pożądalności. Najbardziej wyrównane pod względem sensorycznym były próby fermentowanego pomidora. W przypadku papryki, wyróżniające się na tle smaku oraz oceny ogólnej były próby fermentowane z szczepem *L. rhamnosus* GG po obróbce ultradźwiękowej. Zbliżone cechy sensoryczne posiadały fermentowane buraki. Jednak fermentacja z wykorzystaniem *L. plantarum* 299v dawała najlepszą barwę i zapach. Dla marchwi purpurowej natomiast, najlepszym szczepem okazał się *L. rhamnosus* GG. Próba z tymi bakteriami uzyskała najlepsze wyniki we wszystkich badanych parametrach poza zapachem.



Ryc. 3. Warzywa przygotowane do fermentacji w pojemnikach fermentacyjnych

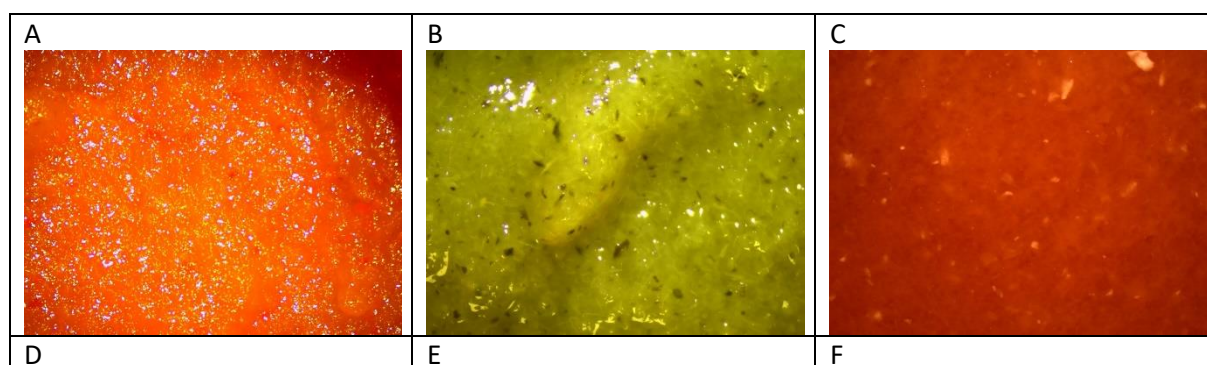


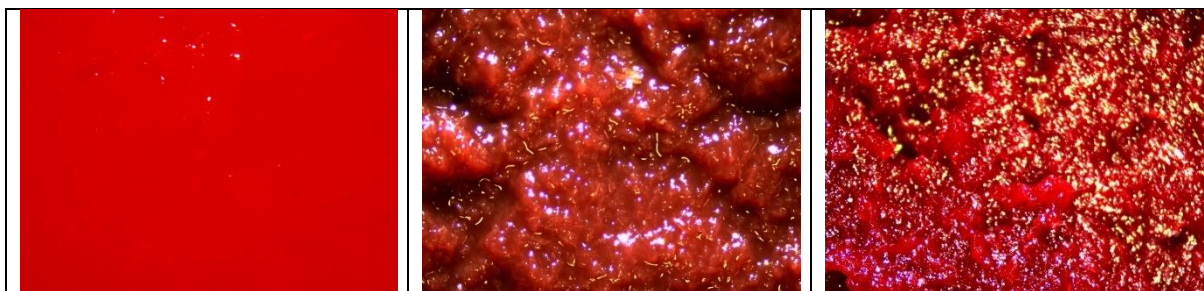
Ryc. 4. Warzywa bezpośrednio po fermentacji, podczas homogenizacji oraz w słoikach po zhomogenizowaniu przeznaczone do konstruowania past

Tab. 3. Lepkość warzyw po fermentacji z sezonu 2024

Gatunek warzyw	Próba	η [mPa·s]
Dynia	<i>L. rhamnosus</i> GG	37040±524
Cukinia	US <i>L. plantarum</i> 299v	5631±1410
Pomidor	US <i>L. plantarum</i> 299v	142±46
Papryka czerwona	US <i>L. plantarum</i> 299v	2798±80
Burak ćwikłowy	US <i>L. plantarum</i> 299v	581100±24265
Marchew purpurowa	US <i>L. plantarum</i> 299v	101097±5728

Analizując parametry lepkości fermentowanych warzyw po homogenizacji (Tab. 20) można stwierdzić, że najwyższą lepkością charakteryzowały się fermentowane korzenie marchwi purpurowej. Dość dużą lepkość wykazywały też fermentowane buraki i dynia. Natomiast bardzo płynną konsystencję posiadały fermentowane pomidory, cukinie oraz papryka. Komponując finalne składniki past parametry te były brane pod uwagę dobierając dodatki poprawiające teksturę produktu.





Ryc. 5. Zdjęcia mikroskopowe obrazujące mikrostrukturę warzyw po fermentacji i homogenizacji A – dynia, B – cukinia, C – pomidor, D – papryka, E – burak ćwikłowy, F – marchew purpurowa

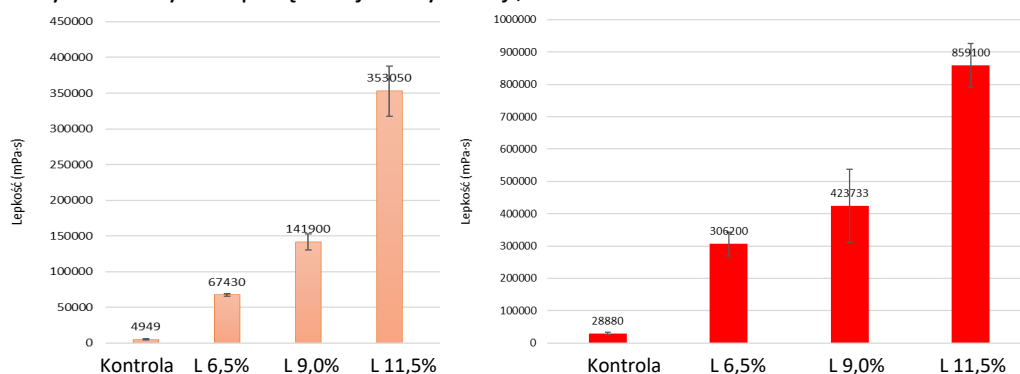
Tab. 4. Wyniki oceny jakości sensorycznej na podstawie analizy konsumenckiej pożądalności pasty czerwonej z dodatkiem mączki z odtłuszczonych ziaren lnu złotego

Próby	Barwa	Zapach	Smarowność /konsystencja	Smak	Konsystencja (w ustach)	Ogólna
Bez dodatku	8,0	7,0	3,0	5,0	3,0	4,0
L 6,5%	8,0	7,0	5,5	6,0	5,0	6,5
L 9,0%	7,0	7,0	7,5	6,0	6,0	6,5
L 11,5%	4,0	6,8	5,2	4,5	4,0	4,0



Ryc. 6. Modelowa pasta warzywna o składzie 50% ogórka fermentowanego, 30% fermentowanego buraka oraz 20% fermentowanej marchwi purpurowej (pasta czerwona) z różnym dodatkiem mączki z odtłuszczonych ziaren lnu złotego

Oceniane warianty past z fermentowanych warzyw uzyskały wysokie noty oceny pożądalności za barwę oraz zapach. Szczególnie wysokie oceny uzyskała pasta pomarańczowa. Bardzo dobrze też oceniono smak, odczucie w ustach oraz konsystencję przy 9,0% procentowym dodatku mączki z lnu. Również w przypadku pasty czerwonej, zastosowanie dodatku mączki w ilości 9,0% pozwalało na uzyskanie wysoce pożądanej konsystencji, smaku i odczucia w ustach.



Rys. Parametry lepkości past pomarańczowej (po lewej) oraz czerwonej (po prawej) w zależności od poziomu dodatku mączki z lnu

Dodatek mączki z lnu do past powodował zmiany właściwości reologicznych otrzymanych produktów. Im większy dodatek mączki zastosowano tym bardziej zwiększała się lepkość pasty. W przypadku pasty pomarańczowej początkowa wartość lepkości była około 6 krotnie niższa w porównaniu z wartością uzyskaną dla pasty czerwonej. Jak wykazano w analizach surowców, burak oraz marchew, czyli główne surowce użyte do skomponowania pasty czerwonej, posiadały początkowo wysoką wartość lepkości. Mączka z lnu bardzo dobrze nadawała się do ich dalszego zagęszczenia i wiązania wody produktu. Już przy dodatku na poziomie 6,5% uzyskano przeszło 10 krotne zwiększenie lepkości past.

Na podstawie przeprowadzonych badań rekomendowane do wytwarzania ze względu na optymalne cechy sensoryczne i konsystencje zostały pasty o składzie:

Pasta zielona – 45,5% ogórka kiszzonego pozaasortymentowego, 45,5% fermentowanej cukinii, 9% mączki z odłuszczonego siemienia lnianego;

Pasta pomarańczowa – 45,5% ogórka kiszzonego pozaasortymentowego, 27,3% fermentowanej dyni, 18,2% fermentowanej papryki, 9% mączki z odłuszczonego siemienia lnianego;

Pasta czerwona – 45,5% ogórka kiszzonego pozaasortymentowego, 27,3% fermentowanego buraka, 18,2% fermentowanej marchwi purpurowej, 9% mączki z odłuszczonego siemienia lnianego.

Opracowane receptury past poddano weryfikacji i ocenie wybranych parametrów jakościowych po produkcji. Wyniki tych analiza zamieszczono w poniższych tabelach i na rycinach.

Tab. Wartości pH oraz lepkości uzyskanych past

Rodzaj pasty	pH	η [mPa·s]
zielona	4,23	111400±9417
pomarańczowa	4,10	54470±550
czerwona	3,91	208800±4200



Rys. Mikrostruktura uzyskanych past (od lewej zielona, pomarańczowa, czerwona)

Wnioski i podsumowanie

1. Wszystkie wytworzone pasty charakteryzowały się niskim pH, poniżej 4,5 co wynikało z zastosowania surowców fermentowanych i umożliwia utrwalenie past na drodze pasteryzacji. Najbardziej zwartą konsystencją charakteryzowała się pasta czerwona. Mniejszą lepkość wykazywała pasta zielona, a najmniej zwartą konsystencję posiadała pasta pomarańczowa
2. W ramach Etapu 2 kontynuowano uprawę ogórka na przygotowanych stanowiskach, a równocześnie gromadzono dane klimatyczno-glebowe z poprzedniego sezonu, które zostały wykorzystane do opracowania cyfrowego narzędzia wspierającego dalsze etapy projektu.
3. Dokonano zakupu i instalacji kluczowych maszyn i urządzeń, co umożliwiło przygotowanie kompletnej linii technologicznej do produkcji past z warzyw fermentowanych. Linia obejmuje m.in. ocieraczkę do warzyw, dozownicę, pompę do mas gęstych, myjkę słoików z generatorem ultradźwięków, detektor metali i zakręcarce parową, zapewniającą niemal bezodpadowe przetwarzanie surowców.

4. Wytypowano i przetestowano różnorodne surowce warzywne do fermentacji, w tym ogórka pozaasortymentowego, warzywa korzeniowe (marchew purpurowa, burak ćwikłowy), dyniowate (dynia, cukinia) oraz psiankowate (pomidor, papryka). Opracowano receptury trzech wariantów past warzywnych, które różniły się składem i cechami sensorycznymi, a następnie poddano je ocenie sensorycznej i fizykochemicznej.
5. Zidentyfikowano optymalne warunki fermentacji dla poszczególnych gatunków warzyw, obejmujące temperaturę, czas i zastosowanie starterów probiotycznych (*L. plantarum* 299v i *L. rhamnosus* GG). W wyniku fermentacji uzyskano prawidłowo ukwaszone produkty o pH poniżej 4,0, bez rozwoju niepożądanego mikroflory, z zachowaniem wysokiej zawartości polifenoli, karotenoidów i antyoksydantów. Obróbka ultradźwiękowa przed fermentacją poprawiała ekstrakcję związków bioaktywnych w warzywach o zwartej strukturze.
6. Na podstawie analiz fizykochemicznych, sensorycznych i reologicznych wybrano trzy rekomendowane pasty:
 - **Pasta zielona:** 45,5% ogórka kiszzonego, 45,5% fermentowanej cukinii, 9% mączki z lnu;
 - **Pasta pomarańczowa:** 45,5% ogórka, 27,3% fermentowanej dyni, 18,2% fermentowanej papryki, 9% mączki z lnu;
 - **Pasta czerwona:** 45,5% ogórka, 27,3% fermentowanego buraka, 18,2% fermentowanej marchwi purpurowej, 9% mączki z lnu.Wszystkie pasty charakteryzowały się niskim pH (<4,5) i odpowiednią konsystencją zapewniającą stabilność produktu, przy czym pasta czerwona wykazała najwyższą zawartość i lepkość.

Etap 2 pozwolił na kompleksowe opracowanie koncepcji linii technologicznej oraz receptur trzech wariantów past z warzyw fermentowanych na bazie ogórka pozaasortymentowego. Przeprowadzone prace umożliwiły ustalenie warunków fermentacji, ocenę jakości sensorycznej i fizykochemicznej surowców oraz produktów finalnych. Uzyskane rezultaty stanowią podstawę do wdrożenia innowacyjnej produkcji past warzywnych w kolejnym etapie projektu Kisz-Misz, zwiększając wartość dodaną surowców pozaasortymentowych i wspierając pozycję producentów rolnych na rynku.