

## **INNOWACYJNE TECHNOLOGIE SZYBKO MROŻONYCH PÓLFABRYKATÓW Z WARZYSW I GRZYBÓW**

**Belinska S. O., Kamieniewa N. W., Nesterenko N. A., Moroz O. O.,  
Kepko W. M., Rogalskiy S. W.**

### **WSTĘP**

Orientacja ludności na zwiększenie udziału świeżych owoców i warzyw w diecie, wyrównanie sezonowości ich spożycia oraz rosnące zainteresowanie spożyciem przetworzonych produktów z surowców roślinnych wykonanych przy użyciu oszczędzających sposobów konserwowania, które zapewniają zachowanie indywidualnych właściwości organoleptycznych charakterystycznych dla różnych rodzajów owoców i warzyw, rośnie z roku na rok. Wynika to z szeregu czynników, w tym promowania zdrowego trybu życia i zrozumienia znaczenia owoców i warzyw jako źródła substancji biologicznie czynnych, które mogą zwiększać odporność organizmu ludzkiego na różne choroby, co jest niezwykle istotne w kontekście pandemii Covid-19.

Skutecznym sposobem na zachowanie konsumentnych właściwości surowców roślinnych, urozmaicenie asortymentu przetworzonych owoców i warzyw jest mrożenie, które w porównaniu z innymi metodami przetwarzania ma szereg zalet: zachowanie wysokiego poziomu wartości odżywczej i biologicznej, gwarantowane wskaźniki sanitarne i higieniczne, komfort i kompletność użytkowania, właściwości ergonomiczne, szeroki asortyment produktów, niezależnie od sezonowości i geografii rosnących surowców roślinnych. Analiza źródeł naukowych wykazała, że Ukraina i zagranica zgromadziły wystarczające doświadczenie teoretyczne i praktyczne w polepszeniu jakości szybko mrożonych produktów z owoców i warzyw. W szczególności należy zauważyć podstawowe badania Sokolovoj Ye.B., Simakhinoj G.O.,

Grigorenko O.V., Serdyuk M.Ye., Orlovoji N.Ya., Chaves A., Wu X-F.<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>

W kontekście jakości rozwiązywane są rzeczywiste zadania: ustalenie przydatności rodzajów i odmian owoców i warzyw do zamrażania, opracowywanie nowych technologii zamrażania, pakowania itp.<sup>8,9,10,11,12</sup>

---

<sup>1</sup> Соколова Є. Б. Дослідження показників якості замороженого напівфабрикату для смузі. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. № 27. С. 15-21. DOI: 10.36477/2522-1221-2021-27-02.

<sup>2</sup> Сімахіна Г. О., Науменко Н.В. Удосконалений спосіб отримання заморожених ягідних напівфабрикатів. *Харчова промисловість*. 2020. Вип. 27. С. 80–87. DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-11

<sup>3</sup> Григоренко О. В., Загорко Н. П. Збереженість біологічної цінності компонентів заморожених ягідних сумішей за тривалого низькотемпературного зберігання. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. Т. 1. С. 164–169.

<sup>4</sup> Сердюк М. Є., Григоренко О. В., Сухаренко О. І., Коляденко В. В. Зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Нові рішення в сучасних технологіях»*. № 2 (4). 2020. С. 126-132. DOI:10.20998/2413-4295.2020.02.16.

<sup>5</sup> Nesterenko N., Orlova N., Belinska S., Motuzka Iu., Ivanyuta A., Menchynska A. Biological Value of Protein of Quick-Frozen Semi-finished Products from Cultivated Champignons. *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 5. №4. P. 89–93. DOI:10.11648/j.ijfsb.20200504.17.

<sup>6</sup> Chaves A., Zaritzky N. Cooling and Freezing of Fruits and Fruit Products // *Food Engineering Series*. 2018. P. 127–180. DOI:10.1007/978-1-4939-3311-26

<sup>7</sup> Wu X-F., Zhang M., Adhikari B., Sun J. Recent developments in novel freezing and thawing technologies applied to foods. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol. 57(17). P. 3620-3631. DOI: 10.1080/10408398.2015.1132670

<sup>8</sup> Cheng L., Sun D-W., Zhu Z., Zhang Z. Emerging techniques for assisting and accelerating food freezing processes: a review of recent research progresses. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. № 57(4). P. 769–781. DOI: 10.1080/10408398.2015.1004569.

<sup>9</sup> Zhang P., Zhu Z., Sun D-W. Using power ultrasound to accelerate food freezing processes: Effects on freezing efficiency and food microstructure. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. Vol. 58(16). P. 2842-2853. DOI:10.1080/10408398.2018.1482528.

<sup>10</sup> R. G. M. van der Sman. Impact of Processing Factors on Quality of Frozen Vegetables and Fruits. 2020. *Food Engineering Reviews*. Vol.12. P. DOI: 399–420. 10.1007/s12393-020-09216-1.

<sup>11</sup> Demir E., Dymek K., Galindo F. Technology allowing baby spinach leaves to acquire freezing tolerance. *Food and bioprocess technology*. 2018. Vol. 11(4). P. 809–817. DOI: 10.1007/s11947-017-2044-7.

<sup>12</sup> Bilbao-Sainz C., Sinrod A., Powell-Palm M., Dao L. T., Takeoka G. R., Williams T. G., Wood D. F., Ukpai G., Aruda J., Bridges D. F., Wu V. C., Rubinsky B., McHugh T. H. Preservation of sweet cherry by isochoric (constant volume) freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. Vol. 52. P. 108–115. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.10.016.

Науковці wykazali, że niektóre rodzaje warzyw ze względu na specyfikę ich struktury, składu chemicznego nie podlegają konserwacji w niskich temperaturach, ponieważ jakość mrożonych produktów, w porównaniu ze świeżymi surowcami, jest zasadniczo niższa. W związku z tym pomidory, ogórki, cukinia, grzyby, dynie, melony warto wykorzystywać w składzie szybko zamrożonych półproduktów. Głównym czynnikiem tego, czemu wyżej wymienione typy surowców roślinnych nie stały obiektem masowego zamrażania, jest ich niska kriooporność. Dlatego są one najczęściej spotykane w mieszankach mrożonych lub półproduktach<sup>13,14,15</sup>.

W ostatnich latach produkcja i konsumpcja półproduktów pierwszych i drugich dań, deserów, soków znacznie wzrosła na Ukrainie i na świecie. Każdy kraj wytwarza produkty uwzględniające specyfikę regionu, klimatu, tradycje narodowe, rodzaje owoców i warzyw przystosowanych do uprawy w różnych warunkach agroklimatycznych<sup>16,17,18,19</sup>.

W związku z tym problem rozszerzenia asortymentu mrożonych produktów roślinnych i opracowanie innowacyjnych skutecznych

---

<sup>13</sup> Li J., Chotiko A., Kyereh E., Zhang J., Liu C., Ortega V., Vandeker R., Bankston D., Sathivel S. Development of a combined osmotic dehydration and cryogenic freezing process for minimizing quality changes during freezing with application to fruits and vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017. Vol. 41(1). e12926. DOI: 10.1111/jfpp.12926.

<sup>14</sup> I. Marco, R. Iannone. Production, packaging and preservation of semi-finished apricots: A comparative Life Cycle Assessment study. *Journal of Food Engineering*. 2017. Vol 206. P. 106-117 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.03.009.

<sup>15</sup> Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції: Монографія / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, С.В. Кюрчев, В.Г. Тарасенко, Л.М. Кюрчева, С.Ф. Буденко, О.В. Григоренко, М.І. Стручас, В.О. Верхоланцева. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. – 214 с.

<sup>16</sup> Свистун Т. В., Туз К. В. Аналіз ринку заморожених напівфабрикатів України. *Економіка харчової промисловості*. 2017. Т. 9. Вип. 2. С. 19-23.

<sup>17</sup> Сало І.А., Попова О.П. Розвиток українського ринку плодів і ягід в умовах глобалізації. Садівництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2019. Вип. 74. С. 160–170. DOI: 10.35205/0558-1125-2019-74-160-170.

<sup>18</sup> Сімахіна Г.О., Камінська С.В. Ринок заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів в Україні. *Технологія харчової та легкої промисловості*. 2020. Том 31 (70). Ч. 2. № 3. С. 67-71. DOI: 10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/12.

<sup>19</sup> Олійник Н. М., Тарасюк А. В., Макаренко С. М., Котик О. А. Проблеми та перспективи розвитку ринку заморожених напівфабрикатів. Підприємництво і торгівля: збірник наукових праць. 2019. Вип. 24. С. 127-131. DOI: 10.36477/2522-1256-2019-24-19.

sposobów stabilizacji właściwości organoleptycznych, wartości pokarmowej i biologicznej mrożonych półproduktów nie traci na znaczeniu. Zastosowanie polisacharydów pochodzenia naturalnego (guma ksantanowa, guma guar, alginian sodu itp.) w technologiach półproduktów pozwala uzyskać produkty o zachowanej strukturze, konsystencji, jednocześnie pozytywnie wpływając na właściwości smakowe gotowego produktu.

### **1. Konsumentne właściwości szybko mrożonych półproduktów z pomidorów**

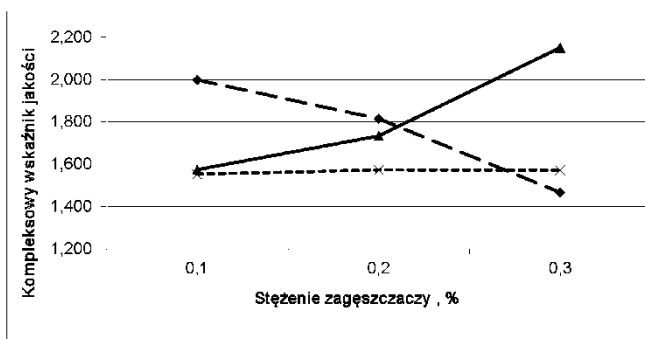
Asortyment szybko mrożonych półproduktów z pomidorów, papryki i bakłażanów, które są niezbędnym źródłem przydatnych substancji ludzkich: łatwo strawnych węglowodanów, witaminów, elementów mineralnych i błonnika pokarmowego są zbyt ograniczone.

Aby zwiększyć odżywczość i biologiczną wartość szybko mrożonych półproduktów z warzyw oraz poprawić właściwości organoleptyczne produktu, opracowaliśmy recepturę półproduktu „Leczo warzywne” w skład którego wchodziły: sok pomidorowy (36,5%), bakłażan (30,4%), cebula zwyczajna (2,5%), papryka słodka (30,4%), papryka ostra (0,02%), czosnek (0,06%), cukier biały (0,1%), sól stołowa (0,02%). Dodawanie bakłażanów, które są bogate w substancje pektynowe, wzbogaciło półprodukt błonnikami pokarmowymi i miało pozytywny wpływ na konsystencję półproduktu. Cebulę, paprykę ostrą i czosnek dodano, aby zwiększyć ilość witaminów w półproduktach i wzmocnić smak i zapach.

Badania partii próbnych produktów wykazały, że półprodukt po rozmrożeniu i ugotowaniu miał rozrzedzoną konsystencję, co negatywnie wpłynęło na smak i wygląd produktu. W celu polepszenia właściwości konsumenckich, czyli konsystencji, naszym zdaniem celowe było wprowadzenie do receptury jako zagęszczaczy – polisacharydów pochodzenia naturalnego: gumy ksantanowej, gumy guar i alginianu sodu.

W celu ustalenia zależności jakości leczy od rodzaju i stężenia zagęszczacza zbadano właściwości organoleptyczne oraz określono najważniejsze wskaźniki fizyko-chemiczne dla kształtowania właściwości konsumpcyjnych głęboko mrożonych półproduktów warzywnych: ułamek wagowy, lepkość, zawartość wody oraz zawartość witaminy C, na podstawie których obliczono kompleksowy wskaźnik jakości (KWJ) (tabela 1).

Uzyskane dane umożliwiły określenie zależności kompleksowego wskaźnika jakości półproduktu od rodzaju i stężenia zagęszczaczy (wykres 1).



**Wykres 1. Zależność kompleksowego wskaźnika jakości szybko mrożonych półproduktów warzywnych od rodzaju i stężenia zagęszczaczy**

$$Y_1 = 0,082x_1^2 + 0,0626x + 2,0167, \quad R_1^2 = 0,95 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,1287x_2^2 - 0,2268x_2 + 1,6717, \quad R_2^2 = 0,98 \quad (2)$$

$$Y_3 = 0,011x_3^2 + 0,0532x + 1,5101, \quad R_3^2 = 0,97 \quad (3)$$

gdzie:  $Y_1, Y_2, Y_3$  – kompleksowy wskaźnik jakości;

$x_1$  – zawartość gumy ksantanowej, %;

$x_2$  – zawartość alginianu sodu, %;

$x_3$  – zawartość gumy guar, %.

$R_1^2, R_2^2, R_3^2$  – wiarygodność aproksymacji odpowiednich równań.

Tym samym ustaliliśmy optymalne rodzaje i stężenia zagęszczaczy, dodatek których pozwolił uzyskać produkt wysokiej jakości: guma ksantanowa – 0,1%, alginian sodu 0,3%.

Eksperymentalne partie szybko zamrożonych półproduktów warzywnych były przechowywane przez 12 miesięcy, w temperaturze minus  $18 \pm 20$  ° C. Przechowywanie w tym okresie nie prowadziło do zauważalnego pogorszenia organoleptycznych parametrów produktu.

Ustalono, że po zamrożeniu najlepszy ogólny wygląd zewnętrzny miały warianty eksperymetalne z dodatkiem zagęszczaczy (tabela 2).

Tabela 1

### Kompleksowy wskaźnik jakości szybko mrożonego półproduktu „Leczo warzywne”

Eksperyment	Stężenie zagęszczaczy, %	Parametry organoleptyczne, punkty					Parametry fizykochemiczne				KWJ
		Ogólny wygląd zewnętrzny	Kolor	Smak	Zapach	Konsystencja	Utrata wagi, % podczas zamrażania	Lepkość, Pa*s po rozmrożeniu	Zawartość wody, %	Zawartość witaminy C mg na 100 g	
Współczynnik wagi	0,1	0,1	0,14	0,06	0,15	0,14	0,07	0,1			
	4,32	4,15	4,12	4,10	3,90	5,94	0,019	6,10	42,80	1,139	
	0,1	4,35	4,18	4,15	4,12	3,98	3,81	0,064	6,30	48,26	2,028
Guma ksantanowa	0,2	4,35	4,20	4,10	4,15	4,00	3,85	0,051	6,00	44,43	1,616
	0,3	4,39	4,23	4,00	4,15	4,10	3,89	0,050	6,20	43,56	1,545
	0,1	4,73	4,65	4,50	4,78	4,43	4,45	0,057	5,20	42,85	1,560
Guma guar	0,2	4,70	4,65	4,40	4,75	4,45	4,40	0,051	5,40	43,00	1,580
	0,3	4,74	4,65	4,30	4,70	4,50	4,37	0,048	5,60	43,34	1,626
	0,1	4,60	4,30	4,10	4,35	4,20	3,82	0,065	5,90	43,00	1,549
Algimian sodu	0,2	4,75	4,40	4,30	4,56	4,25	3,69	0,063	6,00	43,60	1,707
	0,3	4,80	4,50	4,52	4,67	4,45	3,54	0,083	6,20	44,90	1,958

Tabela 2

**Ocena organoleptyczna jakości półproduktu „Leczo warzywne”  
(w 5-stopniowej skali)**

Eksperyment		Ogólny wygląd zewnątrzny	Kolor	Smak	Zapach	Konsystencja	Średni wynik
Świeżo mrożone							
Kontrola		4,37	4,18	4,10	4,07	3,92	4,13
Z dodatkiem	0,1 % GK*	4,83	4,55	4,52	4,79	4,54	4,65
	0,3 % AS**	4,91	4,60	4,64	4,83	4,63	4,72
Po 12 miesiącach przechowywania							
Kontrola		3,94	3,85	4,09	3,75	3,89	3,90
Z dodatkiem	0,1 % GK*	4,33	4,21	4,30	4,06	4,00	4,18
	0,3 % AS**	4,40	4,30	4,24	4,14	4,10	4,25

*Uwagi: \* guma ksantanowa; \*\* alginian sodu.*

Półprodukt głęboko mrożony był atrakcyjny, kawałki warzyw były równomiernie rozłożone i miały odpowiedni kształt. W próbkach wariantu kontrolnego (bez zagęszczaczy) po rozmrożeniu nastąpiło rozluźnienie konsystencji, przebarwienia i deformacje kawałków warzyw. Stwierdzono częściowe rozwarstwienie masy pomidora.

Po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wygląd próbek z zagęszczaczami prawie się nie zmienił. Istotnie niższe parametry organoleptyczne miały próbki wariantu kontrolnego.

Barwa wszystkich próbek eksperymentu po zamrożeniu była jasna, typowa dla warzyw zawartych w recepturze półproduktu, próbki wersji kontrolnej – matowe, niewyraźne i niejednorodne. Po długotrwałym przechowywaniu próbki eksperymentu Leczo nie zmieniły koloru. Smak mrożonych półproduktów na początku przechowywania był przyjemny, bogaty, wyrazisty, charakterystyczny dla warzyw zawartych w recepturze leczo, bez obcych posmaków.

W próbkach wariantu kontrolnego barwa była lekko biała, co najwyraźniej wynika z utleniania karotenoidów.

Po przechowywaniu półprodukty z wariantów eksperymentalnych różniły się najlepszym smakiem. Smak próbek kontrolnych po

przechowywaniu był nieco pusty, ze względu na znaczne zmiany biochemiczne w produkcie.

Zapach świeżo mrożonych półproduktów badanych próbek był przyjemny, kompletny, charakterystyczny dla składników receptury, bez obcych odcieni. Po przechowywaniu prawie się nie zmienił. W próbkach kontrolnych po przechowywaniu zapach był słaby, co wiąże się ze znaczną utratą substancji aromatycznych w wyniku odparowania wilgoci z powierzchni produktu.

Konsystencja próbek wersji kontrolnej po zamrożeniu była nierównomierna, płynna i niekiedy luszcząca się, eksperymentalna – galaretowata, ze względu na zdolność zagęszczaczy do wiązania wody.

Podczas przechowywania w niskich temperaturach próbki wariantu kontroli leczu ulegały największym zmianom konsystencji na skutek zniszczenia koloidalnej struktury tkanek roślinnych i uwolnienia wolnej wody. Wystąpiło również nieznaczne pogorszenie konsystencji próbek ze względu na częściową synerezę masy pomidorowej produktu po rozmrożeniu.

Zgodnie z zestawem parametrów organoleptycznych najwyższą średnią punktację po długotrwałym przechowywaniu w niskiej temperaturze uzyskały próbki eksperymentalne leczu z alginianem sodu (4,25 pkt), natomiast próbki kontrolne leczu warzywnego uzyskały wynik 3,90 pkt.

Wiadomo, że zamrożeniu surowych owoców i warzyw towarzyszą zmiany jakościowe i ilościowe w ich początkowych właściwościach. Są one związane przede wszystkim z wielkością kryształków lodu powstających podczas zamrażania, równomiernością ich rozmieszczenia w zamrożonej tkance, uszkodzeniem przez kryształki lodu elementów strukturalnych tkanek. Ustalono, że podczas długotrwałego przechowywania mrożonych surowców owocowo-warzywnych w niskich temperaturach występuje zjawisko rekrytalizacji, które niekorzystnie wpływa nie tylko na strukturę tkanek roślinnych, ale również na zmiany właściwości fizykochemicznych.

Jedną z ważnych zmian fizycznych zachodzących podczas zamrażania i przechowywania owoców i warzyw są zmiany masy, które spowodowane parowaniem wody z powierzchni produktu. Ubytki masy występują zarówno podczas procesu zamrażania, jak i podczas długotrwałego przechowywania i mają nie tylko aspekt ekonomiczny, ale również wpływają na jakość mrożonego produktu.

Największy ubytek masy podczas zamrażania wykazywały próbki wariantu Lecho kontrolnego. Można to wytłumaczyć dużą ilością receptowych składników o dużej zawartości słabo związanej wody, która



jest podatna na wymrażanie. Najniższymi stratami podczas zamrażania charakteryzowały się próbki z dodatkiem alginianu sodu. Wynika to z jego stosunkowo wysokiego stężenia, a także zdolności do tworzenia bardziej lepkich roztworów.

Utrata masy mrożonych półproduktów warzywnych podczas przechowywania w niskich temperaturach, przede wszystkim na skutek wymrażania wolnej wody. Były one największe w próbkach wariantu kontrolnego (tab. 3).

Tabela 3

**Ubytek masy półproduktów „Leczo warzywne” podczas mrożenia i przechowywania w niskich temperaturach, %**

Eksperyment		Podczas zamrażania	Czas przechowywania, miesiące		
			3	6	12
Kontrola		7,12±0,36	8,95±0,45	11,23±0,56	13,90±0,70
Z dodatkiem	0,1 % GK*	4,95±0,25	6,50±0,33	7,00±0,35	7,82±0,39
	0,3 % AS**	4,45±0,22	5,31±0,27	5,95±0,30	6,85±0,34

Uwagi: \* guma ksantanowa; \*\* alginian sodu.

W próbkach wariantu eksperymentalnego ubytek masy podczas przechowywania w niskiej temperaturze był mniejszy niż w próbkach wariantu kontrolnego. Należy zauważyć, że poziom ubytków masy zarówno w próbkach wariantu kontrolnego, jak i eksperymentalnego znacznie wzrasta w ciągu pierwszych 6 miesięcy przechowywania w niskich temperaturach. Spowalniają się podczas dalszego przechowywania.

Analiza zawartości wody wykazała, że po zamrożeniu nastąpił spadek zawartości wody na skutek zamrażania wody wolnej (tabela 4).

Najbardziej zauważalne były zmiany udziału masowego wody w próbkach bez zagęszczaczy. Największą stabilność wody wykazały próbki z gumą ksantanową i alginianem sodu. Nie stwierdzono zależności między zawartością wody a rodzajem zagęszczacza.

Podczas przechowywania we wszystkich wersjach doświadczenia następował dalszy spadek wody na skutek przemarznięcia.

Nie stwierdzono również istotnej różnicy w zawartości rozpuszczalnej suchej masy w zależności od rodzaju i stężenia zagęszczaczy.

Podczas mrożenia oraz w ciągu 6 miesięcy przechowywania w niskiej temperaturze nastąpił nieznaczny spadek ilości rozpuszczalnych ciał stałych. Po 12 miesiącach przechowywania ich liczba nieznacznie wzrasta, prawdopodobnie z powodu zamrażania wody.

Tabela 4

**Zawartość wody i rozpuszczalnej suchej masy w szybko mrożonych półproduktach „Leczo warzywne”, %**

Eksperyment		Do zamrażania	Po zamrożeniu	Czas przechowywania, miesięcy		
				3	6	12
Udział masowy wody						
Kontrola		92,24±4,61	91,42±4,57	82,42±4,12	79,24±3,96	76,14±3,81
Z dodatkiem	0,1 % GK*	92,74±4,64	91,47±4,57	86,47±4,32	84,74±4,24	82,70±4,14
	0,3 % AS**	92,55±4,63	92,00±4,60	89,26±4,46	86,12±4,31	84,15±4,21
Udział masowy rozpuszczalnej suchej masy						
Kontrola		6,07±0,30	6,00±0,30	6,10±0,31	6,40±0,32	6,70±0,34
Z dodatkiem	0,1 % GK*	6,07±0,30	5,90±0,30	5,40±0,27	5,80±0,29	6,20±0,31
	0,3 % AS**	6,90±0,35	6,40±0,32	5,90±0,30	6,30±0,32	6,60±0,30

Uwagi: \* guma ksantanowa; \*\* alginian sodu.

Badana lepkość szybko mrożonego półproduktu wykazała, że dodatek gumy ksantanowej i alginianu sodu ją zwiększał. Najwyższy był w próbkach z dodatkiem alginianu sodu. Po 12 miesiącach przechowywania w chłodni w niskich temperaturach obserwuje się spadek lepkości w próbkach wersji kontrolnej o 25,81%, w próbkach eksperymentalnych o 19,75% w stosunku do produktów świeżych przed zamrożeniem.

Wartość biologiczną półproduktów określono na podstawie zawartości kwasu askorbinowego, beta-karotenu, pierwiastków mineralnych.

Próbki przed zamrożeniem charakteryzowały się dość wysoką zawartością witaminy C (powyżej 45 mg/100 g), ze względu na obecność w składzie produktów o odpowiednio wysokiej zawartości.

Podczas mrożenia stwierdzono nieznaczny spadek zawartości witaminy C, który nadal występuje podczas przechowywania w niskich temperaturach, a po 12 miesiącach ubytek sięga 26%.

Półprodukty warzywne zawierają również niewielkie ilości beta-karotenu. Przed zamrożeniem oznaczono go na poziomie 2,78 mg/100 g. Największą zawartość  $\beta$ -karotenu stanowiły półprodukty z dodatkiem gumy ksantanowej. Po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze zawartość beta-karotenu spadła o 4,7% w wyniku jego utleniania.

Wartość biologiczna mrożonych półproduktów wynika z wysokiej zawartości składników mineralnych. Analiza składu pierwiastkowego w szybko mrożonych półproduktach wykazała, że półprodukt „Leczo warzywne” jest ważnym źródłem makro- i mikroelementów (tab. 5).

Tabela 5

**Skład pierwiastkowy półproduktów „Leczo warzywne”  
mg na 100 g produktu**

Perwiastek	Kontrola	Eksperyment	
		0,1 % GK*	0,3 % AS**
Potas	232,16	232,20	232,15
Wapń	15,18	15,18	15,20
Żelazo	2,34	2,35	2,36
Siarka	10,50	10,40	10,60
Cynk	0,292	0,290	0,291
Kuprum	0,13	0,15	0,15

*Uwagi: \* guma ksantanowa; \*\* alginian sodu.*

Opracowany produkt zawiera dużo potasu (który uczestniczy w metabolizmie i pobudzeniu układu nerwowego), wapń, siarkę, żelazo, cynk i miedź. Bogaty skład mineralny półproduktów wynika z zawartości pierwiastków popiołu w składnikach receptury. Z uzyskanych danych wynika, że spożycie 300 g półproduktów warzywnych pozwala na pokrycie dziennego zapotrzebowania na potas, żelazo, miedź o ponad 20%.

„Leczo warzywne” zapowiada się na zdrową dietę na masę i ma akceptowalne właściwości smakowe, stabilność konsystencji i skład chemiczny.

## 2. Właściwości konsumpcyjne mrożonych półproduktów z grzybów uprawnych

W ostatnich dziesięcioleciach na Ukrainie nastąpił wzrost przemysłowej uprawy pieczarek. Najważniejszymi substancjami zawartymi w owocniku grzybów są białka, tłuszcze, węglowodany, błonnik, minerały, witaminy, ekstrakty.

Analiza danych naukowych wykazała, że kompleks aminokwasów egzogennych, polisacharydy, kompleks chitynowo-glukanowy, związki fizjologicznie czynne obecne w grzybach zapewniają wysokie właściwości odżywcze, sorpcyjne, onkostatyczne, przeciwmiażdżycowe i antyoksydacyjne, które mogą zwiększać odporność na wirusy. Ze względu na niską żywotność świeżych grzybów straty produktów w ruchu towarowym wynoszą około 47%. Na Ukrainie oficjalnie dopuszczono uprawę trzech rodzajów grzybów uprawnych: pieczarki, boczniaki i shiitake. Udział pieczarek w ogólnej strukturze produkcji wynosi 84%.

Skład chemiczny pieczarek zmienia się zarówno ilościowo, jak i jakościowo w zależności od odmiany, rasy, fali owocnikowania, wieku owocnika, warunków uprawy i składu podłoża, co znacząco wpływa na

właściwości fizykochemiczne i cechy organoleptyczne zarówno grzybów, jak i półproduktów.

Wyniki własnych badań jakości mrożonych pieczarek wykazały, że zwykła metoda zamrażania nie zapewnia wysokiej jakości gotowego produktu. Po rozmrożeniu wygląd pieczarek znacznie się pogarsza. Ze względu na dużą aktywność oksydoreduktaz ciemnieją, mają słaby zapach, luźną konsystencję, a po rozmrożeniu dochodzi do nadmiernego nawilżenia z utratą cennych składników odżywczych i substancji biologicznie czynnych.

Przedmiotem badań były świeże pieczarki białe i brunatne hodowlane szczepów Hauser A-15, Sylvan 130 i №273, №117 z zamkniętymi i otwartymi kapeluszami pierwszej fali zbioru oraz półprodukty z nich głęboko mrożone.

Badania organoleptyczne jakości pieczarek przeprowadzono przed zamrożeniem i po rozmrożeniu na powietrzu. Parametry organoleptyczne oceniano w 5-stopniowej skali (tab. 6).

Wszystkie odmiany pieczarek przed zamrożeniem, niezależnie od stopnia dojrzałości, miały atrakcyjny wygląd, wyraźny naturalny kolor, czysty, przyjemny, harmonijny, charakterystyczny smak, brak obcego posmaku i zapachu, gęstą, elastyczną konsystencję.

Wyniki oceny organoleptycznej pieczarek po rozmrożeniu wskazują, że wszystkie próbki były mniej atrakcyjne z wyglądu w porównaniu ze świeżymi. Powierzchnia grzybów wyschła, kolor uległ znacznej zmianie pod wpływem reakcji enzymatycznych. Ten trend został ustalony dla wszystkich badanych próbek, niezależnie od rasy, szczepu i etapu dojrzałości.

Potwierdzeniem uzyskanych wyników oceny barwy metodą organoleptyczną było oznaczenie aktywności oksydazy polifenolowej. Stwierdzono, że najwyższą aktywnością oksydazy polifenolowej charakteryzował się szczep świeżych pieczarek białych Sylvan 130 z otwartym kapeluszem – 10,5  $\mu\text{mol}$  kwasu askorbinowego utlenionego w ciągu 1 minuty, najniższą – 3,6 – szczep nr 117 pieczarek brunatnych z zamkniętym kapeluszem. Wyniki badań aktywności enzymatycznej pieczarek mrożonych doprowadziły do wniosku, że zamrażanie nie zapewnia całkowitej dezaktywacji enzymów, a jedynie czasowe i częściowe ustanie ich aktywności. Dlatego wskazane jest stosowanie wydajniejszych operacji technologicznych mających na celu ich unieczynnienie.

Tabela 6

**Właściwości organoleptyczne szybko mrożonych pieczarek  
w zależności od stopnia dojrzałości i metody rozmrażania**

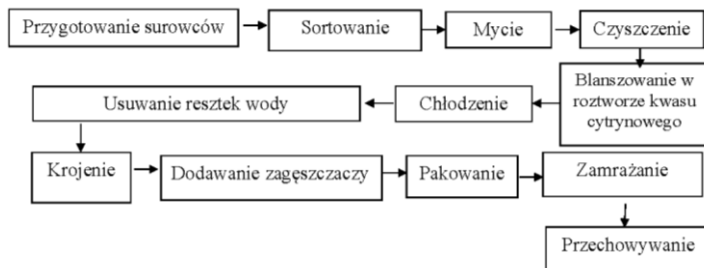
Stopień dojrzałości	Ocena degustacyjna, punkty				
	Ogólny wygląd zewnątrzny	Kolor	Aromat	Smak	Konsysten cja
<b>Biała rasa</b>					
<i>Szczep Hauser A-15</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,60±0,18	3,40±0,17	4,50±0,20	4,00±0,20	3,60±0,18
Otwarty kapelusz	3,40±0,17	3,30±0,16	4,30±0,21	3,90±0,19	3,50±0,17
<i>Szczep Sylvana 130</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,50±0,17	3,40±0,17	4,40±0,22	4,00±0,20	3,60±0,18
Otwarty kapelusz	3,30±0,16	3,30±0,16	4,30±0,21	3,90±0,19	3,50±0,17
<b>Rasa brązowa</b>					
<i>Szczep № 273</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,40±0,17	3,30±0,16	4,40±0,22	3,80±0,19	3,40±0,17
Otwarty kapelusz	3,30±0,16	3,20±0,16	4,40±0,22	3,70±0,18	3,30±0,16
<i>Szczep № 117</i>					
Przed zamrożeniem					
Zamknięty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Otwarty kapelusz	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Po rozmrożeniu					
Zamknięty kapelusz	3,50±0,17	3,30±0,16	4,40±0,22	3,90±0,19	3,50±0,17
Otwarty kapelusz	3,40±0,17	3,20±0,16	4,30±0,21	3,80±0,19	3,40±0,17

Konsystencja pieczarek po rozmrożeniu jest niezwykle ważnym wskaźnikiem jakości. Znaczące pogorszenie i rozluźnienie konsystencji stwierdzono w pieczarkach (zarówno białych, jak i brązowych) z otwartym kapeluszem. Wyznaczony wskaźnik zdolności zatrzymywania wody koreluje z wynikami oceny organoleptycznej. W celu zwiększenia zdolności zatrzymywania wody proponuje się stosowanie zagęszczaczy pochodzenia naturalnego.

Zgodnie wynikami badań organoleptycznych stwierdzono, że do produkcji mrożonych półproduktów wskazane jest stosowanie pieczarek

rasy białej szczep Hauser A-15 i rasy brązowej nr 117 z zamkniętym kapeluszem.

Schemat produkcji mrożonych półproduktów z pieczarek przed zamrożeniem przedstawiono na wykresie 2.



**Wykres 2. Schemat produkcji mrożonych półproduktów z pieczarek**

Mieszkankę gumy guar, gumy ksantanowej i lamidanu dodano jako zagęszczacz do pokrojonych pieczerek w ilości 0,1, 0,2; 0,1% odpowiednio (eksperyment).

W celu zachowania naturalnej barwy pieczarek oraz zwiększenia intensywności redukcji aktywności enzymatycznej powodującej ciemnienie barwy, surowiec pieczarkowy po oczyszczeniu był blanszowany w roztworze kwasu cytrynowego (0,1%) przez 1 min.

Kontrolne pieczarki blanszowano i zamrażano w podobnych warunkach bez użycia zagęszczaczy.

Właściwości organoleptyczne szybko mrożonych półproduktów z pieczarek białych podano w tabeli. 7.

Opracowane, adekwatne do danych eksperymentalnych modele liniowej zależności zmian właściwości organoleptycznych półproduktów próbek wariantów eksperymentalnych i kontrolnych od czasu przechowywania, wykazują ten sam kierunek przepływu, ale różną intensywność zmian. Dla próbek wariantu kontrolnego, w porównaniu z eksperymentalnym, stwierdzono istotnie wyższe tempo zmian właściwości organoleptycznych.

Należy zauważyć, że przed zamrożeniem próbki szybko mrożonych półproduktów z obu wariantów eksperymentalnych i kontrolnych miały atrakcyjny wygląd, wyraźny, naturalny kolor, czysty, przyjemny, harmonijny, nieodłączny smak, bez posmaku i zapachu, elastyczną konsystencją.

**Właściwości organoleptyczne mrożonych półproduktów  
z pieczarek białych**

Czas przechowywania, miesiące	Ogólny wygląd zewnętrzny		Kolor		Smak		Zapach		Konsystencja	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Przed zamrożeniem	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Świeżo mrożone	4.00	4.90	3.80	4.80	4.10	4.80	4.80	4.95	3.9	4.80
1	3.90	4.88	3.75	4.77	4.10	4.76	4.75	4.92	3.85	4.78
3	3.80	4.84	3.70	4.74	4.05	4.72	4.73	4.90	3.82	4.76
6	3.76	4.80	3.66	4.69	4.00	4.70	4.70	4.88	3.78	4.74
9	3.70	4.74	3.60	4.65	3.98	4.68	4.65	4.85	3.7	4.70
12	3.60	4.70	3.54	4.60	3.95	4.65	4.60	4.80	3.6	4.68

Uwagi: K – kontrola, E – eksperyment

W wyniku badań ustalono, że po zamrożeniu najbardziej zauważalne pogorszenie wyglądu zaobserwowano w próbkach wariantów kontrolnych. Próbki wariantów eksperymentalnych charakteryzowały się atrakcyjnym wyglądem zarówno po zamrożeniu, jak i po przechowywaniu. Po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach najbardziej zauważalne pogorszenie wyglądu zaobserwowano w półproduktach wariantów kontrolnych (niezależnie od rasy): ich powierzchnia wysychała na skutek zamarzania wody z powierzchni produktu.

Szczególną uwagę zwrócono na analizę barwy pieczarek w procesie przechowywania w niskiej temperaturze. Wyniki oceny degustacyjnej wykazały istotne różnice w kolorze próbek wariantów eksperymentalnych i kontrolnych półproduktów po rozmrożeniu. Tak świeżo mrożone próbki wariantów eksperymentalnych charakteryzowały się naturalnym jasnobrązowym kolorem. Próbki wariantów kontrolnych miały niejednorodną ciemnobrązową barwę. Próbki wariantów eksperymentalnych po długotrwałym przechowywaniu nie zmieniły barwy. Zakładamy, że jest to wynik pozytywnego wpływu gumy na procesy utleniania dzięki wiązaniu wolnej wody. Próbki wariantów kontrolnych miały wyraźny ciemnobrązowy kolor, nietypowy dla świeżych grzybów.

Smak próbek półproduktów wariantów eksperymentalnych na początku przechowywania był przyjemny, harmonijny bez obcych smaków i

zapachów. Smak próbek wariantów kontrolnych półproduktów po zamrożeniu był nieco pusty. Po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach najlepszy smak miały próbki eksperymentalnych. Smak próbek kontrolnych po przechowywaniu okazał się wodnisty, niewyraźny, co naszym zdaniem wynika ze zmian fizykochemicznych i biochemicznych.

Zapach świeżo mrożonych próbek wariantów eksperymentalnych był przyjemny, dobrze wyrażony, tkwiący w tym produkcie, w próbkach wariantów kontrolnych nastąpił nieznaczny spadek intensywności ekspresji aromatu. Po przechowywaniu intensywność ekspresji grzybowego zapachu w próbkach wariantu eksperymentalnego i kontrolnego zmniejszyła się, ze względu na utratę substancji aromatycznych w wyniku częściowego zamrożenia wolnej wody.

Stwierdzono wysoki poziom zachowania sprężystej konsystencji pieczarek świeżo mrożonych po zamrożeniu i w procesie przechowywania w niskich temperaturach w próbkach wariantów eksperymentalnych. W próbkach grzybów w wariantach kontrolnych obu ras zaobserwowano znaczne pogorszenie i rozluźnienie konsystencji. Po przechowywaniu największe zmiany konsystencji wystąpiły w próbkach półproduktów wariantów kontrolnych w wyniku zniszczenia koloidalnej struktury tkanek grzybów i uwolnienia wolnej wilgoci. Półprodukty charakteryzowały się luźną konsystencją, utratą elastyczności, wysoką soczystością, co wskazuje na ich niską zdolność zatrzymywania wilgoci.

Podsumowując wyniki oceny organoleptycznej pieczarek stwierdzono, że dodanie przed zamrożeniem do półproduktów pieczarkowych (niezależnie od rasy) polisacharydów pochodzenia naturalnego daje produkt szybko mrożony o wysokich właściwościach sensorycznych, który jest przechowywany w niskich temperaturach. Natomiast półprodukty z wariantów kontrolnych charakteryzowały się znacznie niższymi właściwościami organoleptycznymi w stanie rozmrożonym zarówno na początku, jak i podczas przechowywania w niskich temperaturach.

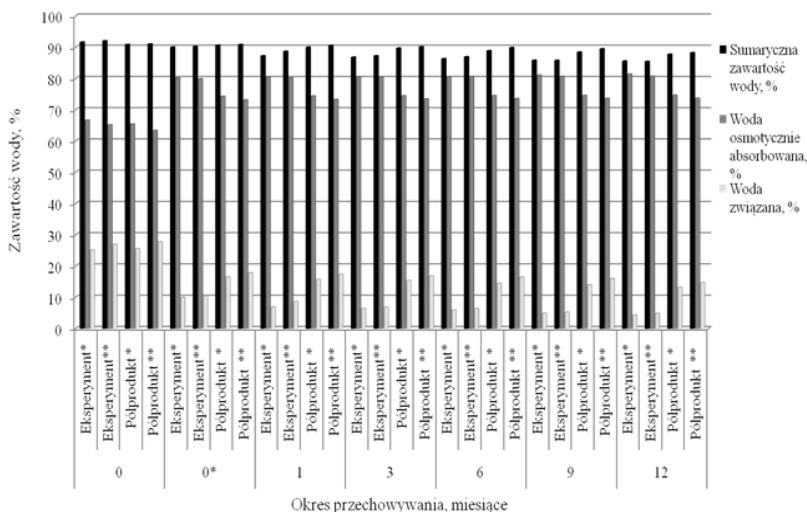
W celu określenia głównych procesów zachodzących w szybko mrożonych półproduktach z pieczarek uprawnych w procesie zamrażania i przechowywania w niskich temperaturach zidentyfikowaliśmy kilka parametrów fizykochemicznych korelujących z organoleptycznymi: udział masowy wody, zatrzymywanie wody, aktywność oksydazy polifenolowej.

Wyniki badań wskazują, że przed zamrożeniem udział masowy wody i forma jej połączenia w próbkach półproduktów grzybowych zarówno w wariancie eksperymentalnym, jak i kontrolnym nie różniły się istotnie (wykres 3). W świeżo mrożonych próbkach wersji eksperymentalnej, w



porównaniu z próbkami przed zamrożeniem, całkowita zawartość wilgoci jest praktycznie niezmienną.

Nieco większe zmiany wilgotności całkowitej charakteryzują próbki wariantów kontrolnych (niezależnie od rasy grzybów). Jednak formy wiązania wody ulegają znacznie większym zmianom podczas zamrażania, a mianowicie: zwiększa się zawartość wody wchłoniętej osmotycznie na skutek zmniejszenia udziału masowego koloidu związanego, co wskazuje na nieodwracalne procesy zachodzące w biokoloidach protoplazmatycznych, którym towarzyszy osłabienie ich siła połączenie z cząsteczkami wody.



### Wykres 3. Zawartość wody ogólna i formy jej połączenia z suchą masą

Uwagi : 0 – przed zamrożeniem; 0\* – świeżo mrożone; kontrola\* – półprodukt z pieczarek brunatnych; kontrola\*\* – półprodukt z pieczarek białych; eksperyment\* – półprodukt z pieczarek brunatnych; eksperyment\*\* – półprodukt z pieczarek białych

Badania wykazały, że ułamek masowy wody związanej z koloidami w świeżo mrożonych surowcach grzybowych wariantów rasy białej i brązowej (w porównaniu z próbkami przed zamrożeniem) jest zmniejszony odpowiednio o 61,37 i 60,51%. Próbki wariantów eksperymentalnych rasy białej i brunatnej w procesie zamrażania charakteryzowały się znacznie mniejszą redystrybucją wody (odpowiednio 35,91 i 35,68%) ze względu na ich wstępną obróbkę polisacharydami pochodzenia naturalnego. Wydłużeniu okresu trwałości

towarzyszy dalsza niewielka redystrybucja form wiązania wody, co wskazuje na zmiany w koloidach protoplazmy podczas przechowywania.

Zdolność do zatrzymywania wody jest również ważnym wskaźnikiem jakości mrożonych półproduktów pieczarkowych (tab. 8).

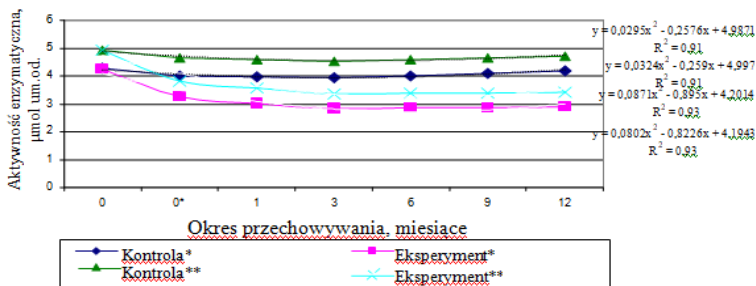
Tabela 8

**Zdolność zatrzymywania wody  
w szybko mrożonych półproduktach z pieczarek, %**

Etap badań	Szybko mrożony półprodukt z pieczarek			
	biała rasa szczep Hausera A-15		brązowa rasa szczep № 117	
	Kontrola	Eksperyment	Kontrola	Eksperyment
Świeżo mrożone	68,62±3,43	90,44±4,52	70,94±3,54	90,90±4,54
1 miesiąc przechowywania	66,44±3,32	89,75±4,45	68,15±3,40	90,05±4,50
3 miesiące przechowywania	65,11±3,25	89,45±4,47	66,43±3,32	89,32±4,46
6 miesięcy przechowywania	64,50±3,22	88,30±4,41	64,65±3,23	88,51±4,42
9 miesięcy przechowywania	62,67±3,13	87,50±4,37	61,97±3,09	88,00±4,4
12 miesięcy przechowywania	59,34±2,96	86,95±4,34	60,41±3,02	87,13±4,35

Próbki wariantów eksperymentalnych półproduktów grzybowych zarówno rasy białej jak i brunatnej charakteryzują się istotnie wyższą zdolnością zatrzymywania wody (w porównaniu z kontrolą). Wysoka zdolność zatrzymywania wody półproduktów związana jest ze zmianami ilościowego i jakościowego składu wody, a mianowicie zmniejszeniem całkowitej zawartości wody i zwiększeniem udziału koloidów związanych w wyniku wstępnej obróbki grzybów zagęstnikami bogatymi w błonnik pokarmowy i zdolne do tworzenia roztworów koloidalnych, wolnej wody. Próbki wariantów kontrolnych, niezależnie od rasy grzybów, charakteryzowały się najniższą zdolnością do zatrzymywania wody zarówno po zamrażaniu, jak i podczas przechowywania w niskich temperaturach.

Aktywność oksydazy polifenolowej koreluje ( $r = 0,91$ ) z wynikami oznaczania barwy grzybów. Wyższą aktywność oksydazy polifenolowej podczas przechowywania w niskiej temperaturze charakteryzowały próbki wariantów kontrolnych niezależnie od rasy, co wiąże się z zachowaniem aktywności enzymatycznej i utlenianiem związków fenolowych pod wpływem oksydazy polifenolowej do chinonów (wykres 4). Próbki rasy białej i brązowej miały mniejszą aktywność enzymatyczną.



**Wykres 4. Aktywność oksydazy polifenolowej**

*Uwagi* : 0 – przed zamrożeniem; 0\* – świeżo mrożone; kontrola\* – półprodukt z pieczarek brunatnych; kontrola\*\* – półprodukt z pieczarek białych; eksperyment\* – półprodukt z pieczarek brunatnych; eksperyment\*\* – półprodukt z pieczarek białych

Analiza składu pierwiastkowego szybko mrożonych półproduktów z pieczarek wykazała, że popiół reprezentowany jest zarówno przez makro-, jak i mikroelementy. Stwierdzono, że po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach skład pierwiastkowy półproduktów szybko mrożonych nie zmienił się znacząco. W popiele wariantów eksperymentalnych i kontrolnych (niezależnie od rasy) dominują potas i fosfor zarówno przed zamrożeniem, jak i po przechowywaniu w niskiej temperaturze. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy zawartością pierwiastków mineralnych (z wyjątkiem jodu) w próbkach wariantu kontrolnego i eksperymentalnego półproduktów. Zastosowanie lamidanu w zagęszczaczach przyczynia się do wzbogacenia próbek półproduktów w jod.

Wartość witaminową szybko mrożonych półproduktów z pieczarek oceniano na podstawie zawartości kwasu askorbinowego i niacyny. Stwierdzono, że główne straty witaminy C w półproduktach występują podczas mrożenia i wahają się od 15,06 do 23,07% w zależności od rasy pieczarek. Całkowity ubytek witaminy C po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wynosi 35,48% i 33,33% dla próbek wariantów kontrolnych półproduktów rasy białej i brązowej oraz odpowiednio 21,35% i 19,86% dla próbek wariantów eksperymentalnych. Półprodukty z pieczarek rasy brunatnej, w porównaniu z białymi, charakteryzują się nieco wyższą zawartością witaminy C.

Zachowanie witaminy C po 12 miesiącach przechowywania w niskich temperaturach próbek półproduktów grzybowych obu odmian kontrolnych rasy białej i brunatnej wyniosło odpowiednio 64,51% i 66,66%. Próbkę prototypów głęboko mrożonych półproduktów z grzybów uprawnych,

zarówno białych, jak i brązowych, charakteryzowały się wyższą konserwacją kwasu askorbinowego i po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wyniosły odpowiednio 78,64% i 80,13%.

Witamina PP była mniej wrażliwa na działanie niskich temperatur. Jego straty w półproduktach pieczarek świeżo mrożonych wynoszą 5,6% i 4,21% dla próbek wariantów kontrolnych półproduktów rasy białej i brązowej oraz 2,85% i 3,31% – odpowiednio dla próbek wariantów eksperymentalnych. Straty witaminy PP po 12 miesiącach przechowywania w niskiej temperaturze wahają się w granicach 7,31% i 5,32% dla próbek wariantów kontrolnych półproduktów grzybowych rasy białej i brunatnej oraz 4,28% i 3,98% – dla próbek wariantów eksperymentalnych, odpowiednio.

Utrwalanie półproduktów pieczarkowych poprzez mrożenie wiąże się również z utratą masy, co znacząco wpływa na zachowanie cech ilościowych i jakościowych produktów (tab. 9).

Tabela 9

**Ubytki masy w głęboko mrożonych półproduktach z pieczarek w procesie przechowywania w niskiej temperaturze, %**

Etap badań	Szybko mrożony półprodukt z pieczarek			
	biała rasa		brązowa rasa	
	Kontrola	Eksperyment	Kontrola	Eksperyment
Świeżo mrożone	0,16±0,008	0,078±0,004	0,17±0,008	0,084±0,004
1 miesiąc przechowywania	1,32±0,066	0,15±0,007	1,41±0,07	0,21±0,01
3 miesiące przechowywania	2,34±0,117	0,87±0,04	2,5±0,12	0,95±0,04
6 miesięcy przechowywania	2,81±0,14	1,23±0,06	3,0±0,15	1,34±0,06
9 miesięcy przechowywania	3,15±0,15	1,85±0,09	3,31±0,16	1,96±0,09
12 miesięcy przechowywania	3,48±0,17	2,0±0,1	3,61±0,18	2,15±0,1
Całkowita utrata wagi	13,26±0,66	6,18±0,30	14,0±0,7	6,7±0,33

Największy ubytek masy podczas zamrażania wystąpił w próbkach półproduktów wariantów kontrolnych, niezależnie od rasy pieczarek, ze względu na słabe wiązanie wody i zamrażanie wilgoci swobodnej. Prototypy głęboko mrożonych półproduktów grzybowych charakteryzowały się znacznie niższymi ubytkami masy zarówno podczas zamrażania, jak i przechowywania w niskich temperaturach dzięki zdolności polisacharydów do wiązania wolnej wilgoci.

## **WNIOSKI**

Asortyment mrożonych półproduktów warzywnych i grzybowych, które są niezbędnym źródłem składników odżywczych dla organizmu człowieka: łatwo przyswajalnych węglowodanów, związków witaminopodobnych, minerałów i błonnika pokarmowego jest zbyt ograniczony i wymaga rozszerzenia. Ich produkcja jest możliwa z wykorzystaniem tych rodzajów surowców roślinnych, które ze względu na specyfikę budowy i składu chemicznego nie są wykorzystywane do produkcji monoproduktów mrożonych.

Zgodnie z uogólnieniem wyników własnych badań wykazano celowość stosowania niewielkiej ilości zagęszczaczy w produkcji mrożonych półproduktów warzywnych i grzybowych.

Potwierdzono pozytywny wpływ gumy guar, gumy ksantanowej, lamidanu, alginianu sodu jako zagęszczaczy na stabilizację wiązań wody z suchą masą. Dzięki zdolności polisacharydów do wiązania wolnej wody zwiększa się zdolność półproduktów do zatrzymywania wody, poprawia się konsystencja, a utrata masy podczas zamrażania i przechowywania w niskiej temperaturze jest znacznie mniejsza.

Półprodukty szybko mrożone z zagęszczaczami charakteryzują się stabilnością składu chemicznego oraz właściwościami organoleptycznymi, które są jak najbardziej zbliżone do właściwości surowców.

## **ABSTRAKT**

Asortyment produktów głęboko mrożonych jest stale udoskonalany. Niektóre rodzaje surowców roślinnych ze względu na specyfikę ich struktury i składu chemicznego nie nadają się do zamrażania. Dlatego istotne jest opracowanie innowacyjnych skutecznych sposobów stabilizacji właściwości organoleptycznych, wartości odżywczych i biologicznych. Zastosowanie gumy ksantanowej, gumy guar, alginianu sodu, lamidanu jako zagęszczaczy w technologii półproduktów warzywnych i grzybowych pozwala na uzyskanie produktów warzywnych o zachowanej strukturze, konsystencji, jednocześnie pozytywnie wpływając na ich walory smakowe. Dzięki zdolności polisacharydów do wiązania wolnej wody zwiększa się zdolność zatrzymywania wilgoci przez półprodukty. Straty masy podczas zamrażania i przechowywania w niskich temperaturach są znacznie mniejsze. Wyniki badań eksperymentalnych wskazują na stabilność właściwości konsumenckich produktów podczas przechowywania.

## BIBLIOGRAFIA

1. Соколова Є. Б. Дослідження показників якості замороженого напівфабрикату для смузі. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. № 27. С. 15-21. DOI: 10.36477/2522-1221-2021-27-02.

2. Сімахіна Г. О., Науменко Н.В. Удосконалений спосіб отримання заморожених ягідних напівфабрикатів. *Харчова промисловість*. 2020. Вип. 27. С. 80–87. DOI: 10.24263/2225-2916-2020-27-11.

3. Григоренко О. В., Загорко Н. П. Збереженість біологічної цінності компонентів заморожених ягідних сумішей за тривалого низькотемпературного зберігання. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. Т. 1. С. 164–169.

4. Сердюк М. Є., Григоренко О. В., Сухаренко О. І., Коляденко В. В. Зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання. *Вісник НТУ «ХПИ». Серія «Нові рішення в сучасних технологіях»*. № 2 (4). 2020. С. 126-132. DOI:10.20998/2413-4295.2020.02.16.

5. Nesterenko N., Orlova N., Belinska S., Motuzka Iu., Ivanyuta A., Menchynska A. Biological Value of Protein of Quick-Frozen Semi-finished Products from Cultivated Champignons. *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 5. №4. P. 89–93. DOI:10.11648/j.ijfsb.20200504.17.

6. Chaves A., Zaritzky N. Cooling and Freezing of Fruits and Fruit Products // *Food Engineering Series*. 2018. P. 127–180. DOI:10.1007/978-1-4939-3311-26.

7. Wu X-F., Zhang M., Adhikari B., Sun J. Recent developments in novel freezing and thawing technologies applied to foods. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol.57(17). P. 3620-3631. DOI: 10.1080/10408398.2015.1132670

8. Cheng L., Sun D-W., Zhu Z., Zhang Z. Emerging techniques for assisting and accelerating food freezing processes: a review of recent research progresses. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. № 57(4). P. 769–781. DOI: 10.1080/10408398.2015.1004569.

9. Zhang P., Zhu Z., Sun D-W. Using power ultrasound to accelerate food freezing processes: Effects on freezing efficiency and food microstructure. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. Vol. 58(16). P. 2842-2853. DOI:10.1080/10408398.2018.1482528.

10. R. G. M. van der Sman. Impact of Processing Factors on Quality of Frozen Vegetables and Fruits. 2020. *Food Engineering Reviews*. Vol.12. P. DOI: 399–420. 10.1007/s12393-020-09216-1.

11. Demir E., Dymek K., Galindo F. Technology allowing baby spinach leaves to acquire freezing tolerance. *Food and bioprocess*

*technology*. 2018. Vol. 11(4). P. 809–817. DOI: 10.1007/s11947-017-2044-7.

12. Bilbao-Sainz C., Sinrod A., Powell-Palm M., Dao L. T., Takeoka G. R., Williams T. G., Wood D. F., Ukpai G., Aruda J., Bridges D. F., Wu V. C., Rubinsky B., McHugh T. H. Preservation of sweet cherry by isochoric (constant volume) freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. Vol. 52. P. 108–115. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.10.016.

13. Li J., Chotiko A., Kyereh E., Zhang J., Liu C., Ortega V., Vandeker R., Bankston D., Sathivel S. Development of a combined osmotic dehydration and cryogenic freezing process for minimizing quality changes during freezing with application to fruits and vegetables. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017. Vol. 41(1). e12926. DOI: 10.1111/jfpp.12926.

14. I. Marco, R. Iannone. Production, packaging and preservation of semi-finished apricots: A comparative Life Cycle Assessment study. *Journal of Food Engineering*. 2017. Vol 206. P. 106-117 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.03.009.

15. Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції: Монографія / В.Ф. Ялпачик, Н.П. Загорко, С.В. Кюрчев, В.Г. Тарасенко, Л.М. Кюрчева, С.Ф. Буденко, О.В. Григоренко, М.І. Стручаєв, В.О. Верховланцева. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. – 214 с.

16. Свистун Т. В., Туз К. В. Аналіз ринку заморожених напівфабрикатів України. *Економіка харчової промисловості*. 2017. Т. 9. Вип. 2. С. 19-23.

17. Сало І.А., Попова О.П. Розвиток українського ринку плодів і ягід в умовах глобалізації. *Садівництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. 74. С. 160–170. DOI: 10.35205/0558-1125-2019-74-160-170.

18. Сімахіна Г.О., Камінська С.В. Ринок заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів в Україні. *Технологія харчової та легкої промисловості*. 2020. Том 31 (70). Ч. 2. № 3. С. 67-71. DOI: 10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/12.

19. Олійник Н. М., Тарасюк А. В., Макаренко С. М., Котик О. А. Проблеми та перспективи розвитку ринку заморожених напівфабрикатів. *Підприємництво і торгівля: збірник наукових праць*. 2019. Вип. 24. С. 127-131. DOI: 10.36477/2522-1256-2019-24-19.

**Information about the authors:**

**Belinska Svitlana Omelianivna,**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor at the Department of Commodity Science,  
Safety and Quality Management  
State University of Trade and Economics,  
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

**Kamienieva Nataliia Viktorivna,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Poland

**Nesterenko Nataliia Anatoliivna,**

Candidate of Technical Sciences,  
Assistant at the Department of Commodity Science,  
Safety and Quality Management  
State University of Trade and Economics,  
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

**Moroz Olena Omelianivna,**

Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Head of the Department of Business, Logistics and Management,  
Vinnytsia National Technical University,  
95, Khmelnytske shose str., Vinnytsia, 21000, Ukraine

**Kepko Valentyna Mykolaiivna,**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Business, Trade and Exchange  
Activity,  
Bila Tserkva National Agrarian University  
8/1, Soborna Sqr., Bila Tserkva, Kyiv Region, 09117, Ukraine

**Rogalskiy Serhii Vladislavovich,**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Plant Breeding,  
Uman National University of Horticulture,  
1, Instytutska str., Uman, Cherkasy Region, 20305, Ukraine