

УДК 619

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.19>

## ВИЗНАЧЕННЯ ГІГРОСКОПІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РИБНИХ ОБ'ЄКТІВ КРІОКОНСЕРВУВАННЯ

**Приліпко Т. М.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації  
харчових продуктів  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-8178-207X

**Косташ В. Б.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
асистент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації  
харчових продуктів  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-2182-7723

**Семенов О. М.** – кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації  
харчових продуктів  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-9990-2658

**Підлісний В. В.** – кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації  
харчових продуктів  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-4718-7787

Наведені результати вивчення гігроскопічних властивостей та термодинамічний аналіз рибних об'єктів кріоконсервування при використанні рослинних порошкових добавок. Досліджувані зразки були обрані фарші з судака і сазана, в отриманій фарші, відповідно до плану експериментальних досліджень, вносили відповідним чином підготовлений порошок білокачанної капусти, отриманий конвективною сушкою. Встановлено, що введення сухої добавки в тому чи іншому відсотковому співвідношенні призводить до зменшення вільної вологи в суміші за рахунок її часткового зв'язування експериментальної добавки. Верхня межа вмісту добавки в суміші обмежена двома показниками, з одного боку максимальною сорбційною здатністю добавки (гігроскопічна вологість), з другого боку сенсорної оцінкою, оскільки при перевищенні певного вмісту сухого компонента показники отриманого напівфабрикату можуть відрізнятися кардинально від модельного зразка. Для обґрунтування та рекомендації щодо кількості внесення порошкової капусти білокачанної у фаршеву суміш, була проведена органолептична оцінка якості готових напівфабрикатів у порівнянні з контрольним зразком. Оскільки базові характеристики для кожного класу вимог мають різні одиниці виміру, то для зручності вирішення поставлених завдань, наприклад, для уніфікації показників технології та якості готової продукції, що залежать від різних факторів, усі одиниці виміру наведені до безрозмірного виду за допомогою ентропійної оцінки показників якості, що дозволяє їх порівнювати та пов'язувати між собою, що особливо важливо при комплексному проектуванні багатокomпонентних та багатofазних харчових систем. У контексті цього дослідження достатньо розглянути сатисфакторні, передусім органолептичні вимоги до продукту харчування. З наведених даних випливає, що для раціонального проведення процесів отримання заморожених

напівфабрикатів, а також збереження їх органолептичних показників відносний зміст рослинної добавки має перебувати в інтервалі від 15 до 20% від маси сухих речовин нативного фаршу. У разі коли добавка не використовується доцільно застосовувати попереднє підсушування фаршу.

**Ключові слова:** органолептична оцінка, риба, фарш, структура, смак, колір, рослинна добавка.

***Prylipko T. M., Kostash V. B., Semenov A. M., Pidlisnyj V. V. Determination of hygroscopic properties and thermodynamic analysis of fish objects of cryopreservation***

*The results of the study of hygroscopic properties and thermodynamic analysis of cryopreservation fish objects with the use of herbal powder additives are given. The studied samples were mincemeat from pike perch and carp. in accordance with the plan of experimental research, appropriately prepared white cabbage powder, obtained by convective drying, was added to the resulting minced meat. It was established that the introduction of a dry additive in one or another percentage ratio leads to a decrease in free moisture in the mixture due to its partial binding of the experimental additive. The upper limit of the content of the additive in the mixture is limited by two indicators, on the one hand, by the maximum sorption capacity of the additive (hygroscopic moisture), and on the other hand, by sensory evaluation, since when a certain content of the dry component is exceeded, the indicators of the obtained semi-finished product may differ radically from the model sample. In order to justify and recommend the amount of adding powdered white cabbage to the minced meat mixture, an organoleptic evaluation of the quality of the ready-made semi-finished products was carried out in comparison with the control sample. Since the basic characteristics for each class of requirements have different units of measurement, for the convenience of solving the tasks, for example, for the unification of indicators of technology and quality of finished products, which depend on various factors, all units of measurement are reduced to a dimensionless form using entropy evaluation of quality indicators, which allows them to be compared and connected with each other, which is especially important in the complex design of multi-component and multi-phase food systems. In the context of this study, it is enough to consider the satisfactorily, primarily organoleptic requirements for a food product. From the given data, it follows that for the rational implementation of the processes of obtaining frozen semi-finished products, as well as the preservation of their organoleptic indicators, the relative content of the vegetable additive should be in the range from 15 to 20% of the mass of dry substances of the native minced meat.*

**Key words:** organoleptic assessment, fish, minced meat, structure, taste, color, vegetable supplement.

**Постановка проблеми.** Перспективи розвитку вітчизняної переробної промисловості в рибній галузі безпосередньо пов'язані з тенденцією зростання виробництва заморожених фаршових продуктів, розпочатою в 1965 р. в Японії, крім якої до провідних країн, що виробляють рибний фарш можна віднести Канаду, Ісландію, Данію, Норвегію, Англію, Польщу та Південної Африки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У традиційну вітчизняну технологічну схему виробництва фаршевих продуктів при механічному подрібненні рибної сировини, включаючи операції грубої дезінтеграції з відділенням пресепацією кісток та шкіри та подальшого подрібнення. Отримання готової продукції здійснюється на спеціалізованому устаткуванні: протирочних агрегатах, колоїдних, дзигах і куттерах. Отримання рибних фаршових продуктів з використанням пресепації застосовують і в зарубіжних країнах виробників даної продукції, внаслідок можливості утилізувати виробничих відходів при обробці риби [7, с. 39, 9, с. 17, 10, с. 312]. При цьому такий фарш має порівняно низькі технологічні характеристики, що перешкоджають його широкому використанню при виробництві формованих виробів [8, с. 14].

Відомі технології фаршових виробів базуються переважно на використанні енергоємного механічного подрібнення рибної сировини [2, с. 251, 6, с. 19]. При цьому, коли подрібнення високов'язких пластичних середовищ, зокрема, м'язової рибних тканин реалізується в позитивному температурному діапазоні, значна

частка споживаної енергії витрачається на пружнопластичне деформування та компенсування зовнішнього тертя, і лише частина її витрачається на корисну роботу освіти нової поверхні.

Відомо [3, с. 171, 6, с. 21], що з різних видів організації процесу і режимів заморожування відносний вміст летких азотистих основ у рибному м'ясі залишається незмінним, але при швидкому заморожуванні в порівняно із заморожуванням у плитковому агрегаті, формується дрібнодисперсна кристалічна крижана структура, що забезпечує велику збереження функціональних показників сировинних ресурсів. Екструдуювання рибного м'яса для виробництва рибних паличок веде до зменшення білкової розчинності та здатності утримувати вологу, але до підвищення якісних та смакових показників готової продукції.

Перспективний спосіб холодної екструзії (кріоекструдуювання), який передбачає варіювання рецептури шляхом дозованого введення у заморожений рибний фарш пластифікуючих наповнювачів, що фарбують речовин, а також пластифікацію та перемішування оброблюваного матеріалу, його пропускання через формуючу матрицю та інші необхідні операції [1, с. 191].

Значні фізико-хімічні зміни рибного фаршу спостерігаються на початку процесу зберігання (до 1 місяця). Сепарація також веде до частково, негативним в аспекті безпеки, змін хімічного складу фаршу, внаслідок відділення від шкіри підшкірного жиру, більш інтенсивно ніж при філетуванні. До того ж, у процесі сепарації частково вдається сполучна тканина [7, с. 43, 8, с. 17]. Вищезазначені явища негативно впливають на якість фаршу термін його збереження. Зазначимо, що шкіра є основним каталізатором окислення жиру, особливо підшкірного.

Консервуючий ефект при заморожуванні обумовлений тим, що при низьких температурах уповільнюються мікробіологічні та біохімічні зміни, внаслідок чого зростає до декількох місяців термін зберігання продукції. Внаслідок відведення тепла від поверхні блоку рибного фаршу над нею починається льодоутворення, тоді як глибші шари, ще не досягли кріоскопічної температури, залишаються незамороженими. Переміщення кордону льодоутворення пов'язане з утворенням концентрованого пересиченого розчину. Концентрація низькомолекулярних та дисоційованих речовин у тканинних розчинах зазвичай буває вище 0,13 (моль/л) [7, с. 41].

**Постановка завдання.** На основі математичної обробки та системного аналізу кривих рівноваги визначають вид та енергію зв'язку вологи з матеріалом, а також ряд термодинамічних параметрів на різних стадіях поглинання, видалення або виморожування вологи. Гігроскопічний вологовміст продукту визначає його властивість утримувати вологу і відіграє велику роль при виборі режимних параметрів сушіння та заморозки. Тому нами вивчалися гігроскопічних властивості та термодинамічний аналіз рибних об'єктів кріоконсервування при використанні рослинних порошкових добавок.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Досліджувані зразки були обрані фарші з судака і сазана, для приготування яких використовувалася свіжа риба, яку розбирали на філе. Філе подрібнювали на вовчку з діаметром отвору у решітці 3,5÷4мм, і в отриманий фарш, відповідно до плану експериментальних досліджень, вносили відповідним чином підготовлений порошок білокачанної капусти, отриманий конвективною сушкою.

Рибні фарші без внесення порошку капусти білокачанної, з внесенням 10, 20 і 30% до сухих речовин і безпосередньо порошкоподібний капустяний інгредієнт з вологістю  $W_{зразка} = 0.05\text{кг/кг}$  витримувалися в ексикаторі над водним розчином

сірчаної кислоти, при цьому для кожної концентрації розчинів відповідало значення відносної вологості повітря  $\phi\%$  (при заданій температурі  $T$ ,  $^{\circ}\text{C}$  усередині ексикатора).

Наявність води в харчових продуктах грає, як вже зазначалося, роль, тобто обумовлює консистенцію і структуру продукту, а її взаємодії з присутніми компонентами визначає стійкість продукту при зберіганні у замороженому вигляді. Загальна вологість продукту вказує на кількість води в ньому, але не характеризує її причетність до хімічних, біохімічних та мікробіологічних змін у продукті. Розрізняють прямі та непрямі методи визначення вологості. Прямими методами вміст води у продукті знаходять шляхом прямого вимірювання її кількості після попередньої відгонки. При непрямих методах вміст води в продукті можна судити по його сухому залишку після висушування, електропровідності, щільності, діелектричної постійної, коефіцієнта заломлення та ін.

Таблиця 1

**Дані експериментів щодо визначення вологості досліджуваних матеріалів**

<b>Об'єкт дослідження</b>	<b>Вологість матеріалу, %</b>	<b>Відносний вміст зв'язаної води, %</b>	<b>Відносний вміст вільної води, %</b>
Капуста білокачанна	89,3	41,5	47,8
Фарш із судака без добавок	75,4	28,5	46,9
Фарш із судака з додаванням 10% капусти.	72,2	31,3	40,9
Фарш із судака з додаванням 20% капусти.	69,8	33,1	36,7
Фарш із судака з додаванням 30% капусти.	67,7	34,8	32,9
Фарш із сазана без добавок	76,7	25,1	51,6
Фарш із сазана з додаванням 10% капусти.	72,5	26,6	45,9
Фарш із сазана з додаванням 20% капусти.	67,2	28,1	39,1
Фарш із сазана з додаванням 30% капусти.	64,9	29,7	35,2

У забезпеченні стійкості під час заморожування важливу роль відіграє співвідношення вільної та пов'язаної води у фаршевих продуктах. Це пояснюється тим, що пов'язана вода – це асоційована вода, що має міцний контакт із різними компонентами – білками, ліпідами та вуглеводами за рахунок хімічних та фізичних зв'язків, а вільна вода не пов'язана тепловим ефектом із сухим скелетом і більш доступна для зміни свого агрегатного стану. З отриманих даних випливає, що введення сухої добавки в тому чи іншому відсотковому співвідношенні призводить до зменшення вільної води в суміші за рахунок її часткового зв'язування експериментальної добавки. Верхня межа вмісту добавки в суміші обмежена двома показниками, з одного боку максимальною сорбційною здатністю добавки (гігроскопічна вологість), з другого боку сенсорної оцінкою, оскільки при перевищенні певного вмісту сухого компонента показники отриманого напівфабрикату можуть відрізнитися кардинально від модельного зразка.

Для обґрунтування та рекомендації щодо кількості внесення порошкової капусти білокачанної у фаршеву суміш, була проведена органолептична оцінка якості готових напівфабрикатів у порівнянні з контрольним зразком.

З теоретичної точки зору будь-які зміни показників якості в харчовій системі визначаються вимогами термодинамічного, компонентного та сатисфакторного класу [10, с. 231], домінуючим з яких є термодинамічний клас, стан якого описується рівнянням Гіббса-Гельмгольца, де вільна енергія системи складається з внутрішньої енергії та ентропійної складової. Оскільки базові характеристики

Таблиця 2

**Зведена таблиця поставлених сатисфакторних показників фаршу замороженого із судака, експертною комісією з методики [101], де:**  
**Бср – середній бал; Е – ентропійна трансформація; І – відсоток наближеності сатисфакторних вимог до стандарту**

	Результати експертної оцінки замороженого фаршу з рослинною добавкою залежно від її процентного вмісту в суміші								
	10%			20%			30%		
	Бср	Е	І	Бср	Е	І	Бср	Е	І
Зовнішній вигляд штрангу	3,79	4,29	93,73	4,71	4,52	98,68	4,07	4,37	95,37
Зовнішній вигляд фаршу на зрізі	3,79	4,29	93,73	4,64	4,50	98,33	4,00	4,35	94,97
Колір	3,43	4,19	91,48	4,49	97,99	97,99	4,07	4,37	95,37
Запах	3,43	4,19	91,48	4,21	4,40	96,15	4,00	,35	94,97
Консистенція	2,86	4,00	87,31	4,50	4,47	97,63	4,21	4,40	96,15
Смак після варіння	3,71	4,27	93,29	4,50	4,47	97,63	4,07	4,37	95,37

Таблиця 3

**Зведена таблиця поставлених сатисфакторних показників фаршу замороженого із сазана, експертною комісією з методики [101], де:**  
**Бср – середній бал; Е – ентропійна трансформація; І – відсоток наближеності сатисфакторних вимог до стандарту**

	Результати експертної оцінки замороженого фаршу з рослинною добавкою залежно від її процентного вмісту в суміші								
	10%			20%			30%		
	Бср	Е	І	Бср	Е	І	Бср	Е	І
Зовнішній вигляд штрангу	3,00	4,05	88,43	4,43	4,45	97,27	3,86	4,31	94,15
Зовнішній вигляд фаршу на зрізі	3,21	4,12	90,01	4,43	4,45	97,27	3,79	4,29	93,73
Колір	3,36	4,17	91,00	4,50	4,47	97,63	3,86	4,31	94,15
Запах	3,57	4,23	92,40	4,36	4,44	96,90	4,07	4,37	95,37
Консистенція	3,43	4,19	91,48	4,79	4,53	99,02	4,21	4,40	96,15
Смак після варіння	3,43	4,19	91,48	4,64	4,50	98,33	3,93	4,33	94,56

для кожного класу вимог мають різні одиниці виміру, то для зручності вирішення поставлених завдань, наприклад, для уніфікації показників технології та якості готової продукції, що залежать від різних факторів, усі одиниці виміру наведені до безрозмірного виду за допомогою ентропійної оцінки показників якості, що дозволяє їх порівнювати та пов'язувати між собою, що особливо важливо при комплексному проектуванні багатокomпонентних та багатofазних харчових систем. У контексті цього дослідження достатньо розглянути сатисфакторні, передусім органолептичні вимоги до продукту харчування. Вимоги даного класу пов'язані з певними очікуваннями, пов'язаними з наявністю готового продукту або напівфабрикату певних властивостей (смакових, візуальних, нюхових та ін). Необхідні властивості досягаються на основі певної технології, порушення якої може призвести до невідповідності результатів вимогам.

З наведених даних випливає, що для раціонального проведення процесів отримання морожених напівфабрикатів, а також збереження їх органолептичних показників відносний зміст рослинної добавки має перебувати в інтервалі від 15 до 20% від маси сухих речовин нативного фаршу. У разі коли добавка не використовується доцільно застосовувати попереднє підсушування фаршу.

**Висновки.** При використанні рослинної добавки необхідність застосування попереднього підсушування фаршу або відпадає зовсім, або знижується час і енергоємність процесу підсушування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дітріх І. В., Ільчук Н. В., Єфімович П. Є. Капуста сорту Романеско у рецептурі рибних напівфабрикатів. *Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг* : матер. VI міжн. наук.-практ. конф. Львів : видавництво «Растра-7», 2018. С. 191–194.
2. Корнейко О.А., Васюкова Г.Т., Медведовський Я.С., Коган М.Г. Вивчення можливості використання екстрактів рослинної сировини як оксидантів окиснення жиромісних продуктів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Тематичний збірник наукових праць. Донецьк : ДонДУЕТ, 1999. Випуск 3. С. 251–255.
3. Мацук Ю. А., Іщенко Н. В., Супрун Е. М., Пасічний В. М. Теоретичні та прикладні аспекти виробництва м'ясо-рибних напівфабрикатів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Житомирського*. Серія: Харчові технології. 2016. № 18. С. 171–173.
4. Приліпко Т.М., Федорів В.М., Косташ В.Б. Амінокислотний склад м'ясної сировини за тривалого холодильного зберігання. *Таврійський науковий вісник. Технічні науки. Харчові технології*. 2022. № 4. С. 82–88.
5. Пасічний В. М., Степаненко І. О., Міщук М. Ю., Макарчук М. Р., Вишнівенко С. В., Ястреба Ю. А. Удосконалення технологій м'ясо-рибних напівфабрикатів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2015. № 1. С. 116–120.
6. Prylipko T.M. Culinary and technological properties of the meat of steers fed in a diet with modern balancing additives. *Modern engineering and innovative technologies. International periodic scientific journal* (online). – October 2022. Issue Nr. 23. Part 1. Karlsruhe, Germany 2022. P. 19–25.
7. Букалова Н., Богатко Н., Лясота В., Приліпко Т. Моніторинг критичних контрольних точок під час виробництва харчових тваринних гідробіонтів та продуктів їхнього перероблення. Частина 1. *Управління якістю (спеціалізований журнал для підвищення конкурентоспроможності підприємства, за інформаційної підтримки Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів)*. Київ, № 9, вересень 2022. С. 39–46.

8. Safety of minced for sale in supermarkets (Безпека фаршу для продажу в супермаркетах) / Bogatko N., Bukalova N., Prylipko T., Lyasota V., Bogatko A., *Samoray M Scientific progress: innovations, achievements and prospects : Proceedings of the 4th International scientific and practical conference*. MDPC Publishing. Munich, Germany. 09–11 January 2023. P. 14–18.

9. Fellows P.J. Food Processing Technology – Principles and Practice. 2<sup>nd</sup> Edition. London, 2000. P. 27.

10. Fereidoon Shahidi. Maximising the Value of Marine By-Products Woodhead Publishing. 2006. 560 c.

#### REFERENCES:

1. Ditrikh I. V., Ilchuk N. V., Yefimovych P. Ye. (2018) Kapusta sortu Romanesko u retsepturi rybnykh napivfabrykativ. *Innovatsii v upravlinni asortymentom, yakistiu ta bezpekoiu tovariv i posluh* : mater. VI mizhn. nauk.-prakt. konf. Lviv : vydavnytstvo «Rastra-7». S. 191–194.

2. Korneiko O.A., Vasiukova H.T., Medvedovskyi Ya.S., Kohan M.H. (1999) Vyvchennia mozhlyvosti vykorystannia ekstraktiv roslynnoi syrovyny yak oksydantiv oksy-nennia zhyrovnisnykh produktiv. *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv*. Tematychnyi zbirnyk naukovykh prats. Donetsk: DonDUET,. Vypusk 3. S. 251–255.

3. Matsuk Yu. A., Ishchenko N. V., Suprun E. M., Pasichnyi V. M. . (2016). Teor-etychni ta prykladni aspekty vyrobnytstva miaso-rybnykh napivfabrykativ. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoimedysyny ta biotekhnologii imeni SZ Gzhytskoho. Serii: Kharchovi tekhnologii*. № 18. S. 171–173.

4. Prylipko T.M., Fedoriv V.M., Kostash V.B. (2022). Aminokyslotnyi sklad miasnoi syrovyny za tryvaloho kholodylnoho zberihannia. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Tekh-nichni nauky. Kharchovi tekhnologii*. № 4. S. 82–88.

5. Pasichnyi V. M., Stepanenko I. O., Mishchuk M. Yu., Makarchuk M. R., Vysh-nyvenko S. V., Yastreba Yu. A. (2015). Udoskonalennia tekhnologii miaso-rybnykh-napivfabrykativ. *Tekhnologii vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnytstva*. № 1. S. 116–120.

6. Prylipko T.M. (2022). Culinary and technological properties of the meat of steers fed in a diet with modern balancing additives. *Modern engineering and innovative technologies. International periodic scientific journal* (online). October 2022. Issue Nr. 23. Part 1. Karlsruhe, Germany P. 19–25.

7. Bukalova N., Bohatko N., Liasota V., Prylipko T. (2022). Monitorynh krytych-nykh kontrolnykh tochok pid chas vyrobnytstva kharchovykh tvarynnykh hidrobiontiv ta produktiv yikhnoho pereroblennia. Chastyna 1. Upravlinnia yakistiu (spetsializov-anyi zhurnal dlia pidvyshchennia konkurentospromozhnosti pidpriemstva, za infor-matsiinoi pidtrymky Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z pytan bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachiv). Kyiv, № 9, 2022. S. 39–46.

8. Safety of minced for sale in supermarkets (Безпека фаршу для продажу в супермаркетах) / Bogatko N., Bukalova N., Prylipko T., Lyasota V., Bogatko A. (2023). *Samoray M Scientific progress: innovations, achievements and prospects* : Pro-ceedings of the 4th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. P. 14–18.

9. Fellows P.J. (2000). Food Processing Technology – Principles and Practice. 2nd Edition. London, P. 27.

10. Fereidoon Shahidi. (2006). Maximising the Value of Marine By-Products Wood-head Publishing. 560 s.