

УДК 664.95-027.38]-047.37
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.25>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РИБНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ДОДАВАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ГІДРОБІОНТІВ

Стукальська Н. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6590-7170

Нєміріч О. В. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0005-3479-1466

Грицкевич А. О. – магістр
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0009-3105-9914

У рамках вирішення проблеми забезпечення комплексного харчування споживачів досліджуються різні підходи щодо її вирішення шляхом розширення асортименту продукції з використанням рибної сировини. Обґрунтовано необхідність розробки рибних напівфабрикатів шляхом поєднання інгредієнтів рослинного походження із сировиною тваринного походження з ефективною заміною компонентів рослинного походження. Такий підхід дозволяє збільшити споживання харчових волокон і знизити калорійність продукту, одночасно збагативши рибний фарш вуглеводами (такими як полісахариди і харчові волокна), амінокислотами, а також необхідними макро- і мікроелементами.

Ретельне дослідження амінокислотного складу м'язової тканини риби хека виявило підвищену концентрацію незамінних амінокислот, зокрема лейцину, лізину, треоніну та фенілаланіну. Ці амінокислоти демонструють значну кількість з точки зору їх біологічної цінності, г/100 г білка: лізин – 11,6, метіонін – 3,3 та триптофан – 1,1.

Аналіз даних показує позитивну кореляцію між рівнем рН м'яса риби та його еластичністю. Однак, коли рівень рН перевищує 7,5 і стає більш лужним, еластичність м'яса знижується, незважаючи на вивільнення міозину.

Було виявлено, що додавання 3–5% функціональної добавки порошку ламінарії, призвело до вологоутримуючої здатності рибного напівфабрикату на рівні 48,6% з рівнем рН 6,67. Крім того, додавання 4–8% гідролізату рибного колагену, призвело до вологоутримуючої здатності рибного напівфабрикату на рівні 49,27% з рівнем рН 6,04. Додавання порошку ламінарії та гідролізату рибного колагену до рибних напівфабрикатів дозволяє отримувати продукти високої біологічної цінності з високим вмістом осматично-зв'язаної вологи, відповідної текстури, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування.

Ключові слова: збалансоване харчування, хек, фаршевий напівфабрикат, порошок ламінарії, гідролізат рибного колагену, амінокислотний склад, вологозв'язуюча здатність.

Stukalska N. M., Niemirich O. V., Hrychkevych A. O. Study of the functional and technological properties of fish semi-finished products with the addition of hydrobiont processing products

As part of solving the problem of providing consumers with comprehensive nutrition, various approaches to solving it by expanding the range of products using fish raw materials are being studied. The need for the development of composite semi-finished products by combining ingredients of plant origin with raw materials of animal origin with effective replacement of components of plant origin is substantiated. This approach allows you to increase the consumption

of dietary fiber and reduce the calorie content of the product, while enriching the minced fish with carbohydrates (such as polysaccharides and dietary fiber), amino acids, as well as the necessary macro- and microelements.

A careful study of the amino acid composition of hake muscle tissue revealed a slightly increased concentration of essential amino acids, including leucine, lysine, threonine and phenylalanine. These amino acids show a significant amount in terms of their biological value, g/100 g of protein: lysine – 11.6, methionine – 3.3 and tryptophan – 1.1.

Data analysis shows a positive correlation between the pH level of fish meat and its elasticity. However, when the pH level exceeds 7.5 and becomes more alkaline, the elasticity of the meat decreases despite the release of myosin. Minced hake fish was used in our research. It was found that the addition of 3–5% of the functional additive of kelp powder led to the moisture retention capacity of the fish semi-finished product at the level of 48.6% with a pH level of 6.67. In addition, the inclusion of 4–8% of fish collagen hydrolyzate resulted in a moisture-retaining capacity of the fish semi-finished product at the level of 49.27% with a pH level of 6.04. The addition of kelp powder and fish collagen hydrolyzate to fish semi-finished products allows you to obtain products of high biological value with a juicy, appropriate texture, which corresponds to modern trends in healthy nutrition.

Key words: *balanced nutrition, hake, minced semi-finished product, kelp powder, fish collagen hydrolyzate, amino acid composition, moisture-binding capacity.*

Вступ. Одним з можливих шляхів вирішення проблеми забезпечення населення білковими харчовими продуктами – є збільшення вирощування риби та виробництва кулінарної продукції з неї.

Постановка проблеми. Враховуючи сучасні світові тенденції у виробництві та дистрибуції харчових продуктів, значний акцент приділяється впровадженню профілактичних заходів для гарантування безпечності та якості виробництва харчових продуктів. Тому, ринкова конкурентоспроможність рибної продукції значною мірою залежить від її якості та безпеки.

Для досягнення даної мети необхідний системний підхід, який передбачає проведення комплексного аналізу та оцінки харчової цінності кінцевого продукту. Важливо зазначити, що виробництво продуктів на основі риби передбачає використання різноманітної сировини – фактор, який може суттєво вплинути на цінову стратегію. Отже, ми зосередилися на розробці рибних напівфабрикатів, які не тільки мають підвищену поживну цінність, але й є економічно ефективними. Таким чином, дане дослідження присвячено визначенню найкращої рибної сировини, яка є не тільки економічно вигідною, але й має високі стандарти якості, оптимальний хімічний склад і органолептично приваблива для споживача.

Рибні продукти служать життєвоважливим джерелом необхідних для споживання людиною поживних речовин, включаючи йод, фосфор, білки, поліненасичені жирні кислоти (такі як ейкозапентаєнова, докозагексаєнова, лінолева, ліноленова, арахідонова) і жиророзчинні вітаміни. Тому, доцільно включати рибні продукти в раціон людей з ослабленим імунітетом та людей різного віку, наприклад, дітей, людей похилого віку, вагітних. Це підтверджує про необхідність забезпечення населення рибними продуктами, які відповідають суворим стандартам якості.

Проте, рибні продукти, завдяки великій кількості цінних поживних речовин, таких як білки, жири та вітаміни, сприйнятливі до мікробного псування. Це не тільки призводить до швидкого зниження органолептичних властивостей, але й сприяє росту патогенних мікроорганізмів. Крім того, сама риба може містити небезпечні паразити, такі як трематоди, цестоди, скребки та нематоди, а також токсини, такі як тетродотоксин, альготоксин, тирамін, путресцин, кадаверин та іхтіотоксин. Також, рибні продукти в своєму складі можуть містити важкі метали,

насамперед ртуть і пестициди. Тому, під час виробництва та зберігання нітрозаміни, бензопірен і важкі метали можуть потрапляти або утворюватися в рибних продуктах.

Аналізуючи об'єми продажів рибної сировини, можна стверджувати, що останніми роками зростає попит на рибну продукцію з високим ступенем обробки, зокрема рибні котлети, бургери, палички і ін., які широко купуються споживачами як у роздрібній торгівлі, так і споживаються в підприємствах швидкого обслуговування.

З метою збагачення даної кулінарної продукції, науковці намагаються додавати до фаршевих рибних напівфабрикатів різноманітну сировину, яка містить велику кількість вітамінів, харчових волокон, макро та мікроелементів. Одними з таких компонентів можна вважати це продукти переробки гідробіонтів, а саме: гідролізат рибного колагену та ламінарія. Дана сировина являє собою значний резервуар біологічно активних сполук і має безліч переваг: біологічна доступність, повноцінний набір амінокислот, багатий вміст макро- та мікроелементів: містить йод, калій, кальцій, магній, залізо та інші мінерали. А також високий вміст вітамінів: містить вітаміни А, С, Е, В1, В2, В6, В12.

Самостійне споживання даних компонентів не дуже заохочується людьми через особливий, специфічний смак, а ось додавання їх до повсякденних продуктів харчування є цікавим і перспективним завданням. Включення даної сировини до фаршевих рибних напівфабрикатів спонукає до збільшити вмісту цінних сполук в кулінарній продукції, тим самим протидіючи згубному впливу факторів навколишнього середовища та покращення самопочуття людини. Крім того, ці речовини мають здатність виводити радіонукліди з організму і сприяти загальному фізіологічному поліпшенню організму людини.

Тому **метою** роботи є розробка функціонального продукту – фаршевого рибного напівфабрикату з додаванням продуктів переробки гідробіонтів підвищеної харчової цінності. Соціальний ефект від удосконалення полягає в тому, що очікується збільшення амінокислотного складу та мінеральних речовин у готовому продукті після додавання функціональної добавки з порошку ламінарії та гідролізату рибного колагену.

Об'єкт дослідження – технологія фаршевого напівфабрикату з додаванням продуктів переробки гідробіонтів, а саме порошку ламінарії та гідролізату рибного колагену.

Предметами дослідження виступали: порошок ламінарії, гідролізат колагену з риби, фаршеві напівфабрикати з використанням продуктів переробки гідробіонтів.

Методи та матеріали дослідження – аналіз літературних джерел, власні дослідження органолептичні, фізико-хімічні, математична обробка експериментальних даних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для приготування рибних напівфабрикатів використовується широкий спектр рибної сировини, а саме: жирна риба, до якої відноситься лосось (сьомга, горбуша, кета), осетер, скумбрія, салака, сардини; нежирна риба: тріска, пікша, мінтай, хек та рибні відходи: обрізки філе, голови, хвости, кістки.

Вибір рибної сировини залежить від виду напівфабрикату, способу приготування та очікуваної вартості. Для виробництва фаршевих рибних напівфабрикатів: котлет, пельменів та фаршу звертають увагу на вміст жиру, кількість кісток. Під час виготовлення рибних паличок звертають увагу на щільність риби та

відсутність кісток. Рибні відходи використовуються для виробництва дешевих напівфабрикатів.

Для удосконалення рибних фаршевих напівфабрикатів було обрано риба – хек, одна з найпопулярніших видів риби. Вона має ряд переваг, які роблять її ідеальною для розробки фаршевого напівфабрикату. Перш за все це – «цінова політика», хек відносно недорога риба, що робить напівфабрикати з нього доступними для широкого кола споживачів. По-друге хімічний склад, даний вид риби є високобілковою сировиною, містить близько 17% білка, 1% жиру, що відповідає поставленій меті – попередження дефіциту повноцінних (тваринних) білків у раціоні населення України.

Уся риба поділяється на складові: голова, тулуб та хвіст. У табл. 1 наведені усереднені дані щодо масового складу різних відділів риби хек.

Таблиця 1

Масовий склад риби хек, %

Сировина	М'язова тканина	Голова	Нутрощі, шкіра, луска, кістки, плавники	Втрати
Хек	38,20	20,06	38,19	3,01

Аналіз даних, що стосуються масового складу риби, показує, що відносна маса чистого м'яса (без шкіри) досліджуваної риби хек становить 36,90% від загальної маси.

У виробництві рибних напівфабрикатів найбільший інтерес представляє м'язова тканина. До складу м'язової тканини входить багато хімічних речовин, серед яких переважають вода, білки, ліпіди, мінеральні речовини. Склад основних компонентів значно варіюється в залежності від багатьох факторів таких як: **вид, вік, стать, сезон, умови довілля та спосіб вилову.**

Хімічний склад м'язової тканини рибної сировини оцінювали за середніми значеннями, отриманими під час аналізу середніх проб риби, відібраних за методикою [1–2]. Усереднений хімічний склад м'язової тканини представлений у табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний склад м'язової тканини риби хек, %

Показник	Вміст
Вода	78,50
Білки	18,8
Жири	0,88
Мінеральні речовини	1,13

Дослідження хімічного складу риби демонструє кількісну взаємозалежність між основними складовими м'язової тканини, а саме водою, жиром і білком. Так як хек відноситься до пісних риб то в ньому більший вміст вологи та білка у порівнянні з рибою, яка має високий вміст жиру.

Для характеристики м'язової тканини риби використовуються такі критерії, як співвідношення білок/волога, жир/білок і жир/волога. Вищезазначені критерії були визначені шляхом використання даних, отриманих у результаті комплексного аналізу хімічного складу, які представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Критерії оцінки якісних показників м'язової тканини риби хек, %

Риба	Критерії		
	білок/волога	жир/волога	жир/білок
Хек	0,23	0,01	0,04

Дані, представлені в таблиці 3, дають розуміння, що вміст білок/волога має найвище співвідношення тобто найбільше в рибі міститься – білка, що призведе до кращої текстури напівфабрикату, оскільки білок за своєю природою є біо-полімером з величезною кількістю гідрофільних, а також гідрофобних угруповань та має здатність до набухання та утворення стабільних колоїдних систем і взаємодії з ліпідами, а також позитивно вплине на смак та поживну цінність готового продукту.

Для повної характеристики біологічної цінності досліджено амінокислотний склад м'язової тканини риби хек (табл. 4).

Таблиця 4

Амінокислотний склад білків м'яса риби хек, г/100 г білка амінокислоти

Показник	Вміст
Валін	6,6
Ізолейцин	5,1
Лейцин	9,2
Лізин	11,6
Метіонін	3,3
Треонін	5,9
Триптофан	1,1
Фенілаланін	5,1
Всього незамінних амінокислот	47,9
Аланін	6,9
Аргінін	6,0
Аспарагінова кислота	10,9
Гістидин	2,2
Гліцин	3,7
Глутамінова кислота	16,6
Пролін	3,1
серин	5,0
Тирозин	3,8
Цистин	-
Оксипролін	-
Всього взаємозамінних амінокислот	58,2

Табличні результати показують, що у складі риби хек має широкий асортимент незамінних амінокислот, присутніх у білках досліджуваної риби. При проведенні порівняльного аналізу вмісту незамінних амінокислот у м'язовій тканині риб було виявлено, що концентрації таких амінокислот, як лейцин, лізин, треонін і фенілаланін, були дещо вищими (табл. 4). Дана риба відрізняється підвищеним

рівнем незамінних амінокислот, які відіграють вирішальну роль у визначенні їх біологічної цінності, вимірної в грамах на 100 грамів білка: лізину 11,6; метіонін 3,3; триптофан 1,1. Дані показники говорять про те, що вибір риби хек є перспективною сировиною для виробництва різноманітних фаршевих рибних напівфабрикатів.

При розробці рецептур рибних фаршевих напівфабрикатів слід враховувати вплив факторів, що впливають на еластичність фаршу. Було досліджено, що хімічний склад, а саме вміст міозину та зміна рН середовища м'язової тканини риби впливають на еластичність м'язів і відповідно на в'язкість, адгезійні властивості фаршу та вологозв'язуючу здатність.

Аналіз даних показує позитивну кореляцію між вищими значеннями рН м'яса риби хек та підвищенням еластичності. Однак коли значення рН перевищує 7,5 і зміщується в бік лужного стану, це призводить до зниження еластичності м'яса, незважаючи на те, що він сприяє вивільненню міозину. Діапазон значень рН від 3,32 до 4,12 демонструє найвищий рівень еластичності. Крім того, значення рН м'яса риби також впливає на його здатність зв'язувати вологу, яка демонструє тенденцію до зростання зі збільшенням значення рН. На коливання пружності м'язової тканини одного виду риби, впливає кілька факторів: включаючи вік риби, сезон і глибина її проживання, тривалість зберігання та спосіб обробки сировини.

Тому, для підвищення вологозв'язуючої здатності фаршу можна використовувати м'ясо хека з більш високим значенням рН.

Також під час розробки фаршевих рибних напівфабрикатів високої якості доцільно введення продуктів переробки гідробіонтів, що дає можливість отримати новий продукт – з функціональними властивостями. В якості функціональних компонентів було обрано додавання зневодненої ламінарії та гідролізований колаген з риби.

Під час проведення досліджень до рибного фаршу з хека додавали від 3 до 5% ламінарії та від 4 до 8% рибного колагену як заміну частини рибного фаршу. Отриманий комбінований фарш оцінювали за поживною цінністю (табл. 5 та рис. 1)

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники рибного напівфабрикату

Зразок	Масова частка, %			Вміст клітковини, %
	Білки	Волога	Жир	
Контрольний зразок	16,5	53,72	9,84	2,21
Зразок рибного фаршу із 3% ламінарії	17,7	46,33	9,62	3,14
Зразок рибного фаршу із 5% ламінарії	18,2	56,09	9,76	5,44
Зразок рибного фаршу із 4% гідролізату рибного колагену	18,59	54,1	9,33	2,92
Зразок рибного фаршу із 8% гідролізат рибного колагену	57,1	46,91	9,72	4,31

На рівень якості рибних фаршевих напівфабрикатів також впливають вологозв'язуюча здатність (ВЗЗ), вологоутримуюча здатність (ВУЗ), жирутримуюча здатність (ЖУЗ) та рівень рН фаршу. Дані проведених досліджень наведено в табл. 6.

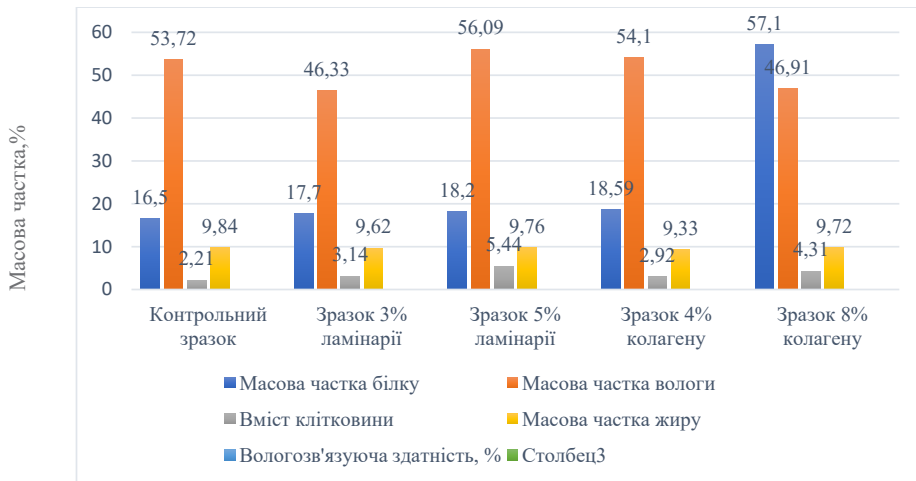


Рис. 1. Динаміка змін фізико-хімічних показників рибного напівфабрикату

Таблиця 6

Функціонально-технологічні показники фаршевого рибного напівфабрикату

Показники	Контрольний зразок	Зразок			
		Порошок ламінарії		Гідролізат рибного колагену	
		3%	5%	4%	8%
Вологозв'язуюча здатність, %	49,27	59,54	62,48	50,66	59,84
Вологоутримуюча здатність, %	45,51	46,72	48,60	47,34	49,27
Жирутримуюча, здатність, %	69,06	50,82	40,68	60,68	50,73
pH	6,7	6,66	6,67	6,24	6,04

Дослідження функціонально-технологічних показників рибного фаршу підтверджують, що рівень вологозв'язувальної здатності та рН залежить від кількості функціональних складових. Здатність рибного фаршу зв'язувати та утримувати вологу, а також його стійкість під час термічної обробки коливається відповідно до морфологічного складу, рН, вмісту білка, жиру, вологи та харчових волокон у фарші, а також їх відповідних пропорцій.

Додавання до рибного фаршу функціональних інгредієнтів, таких як порошок ламінарії та гідролізат риб'ячого колагену, забезпечує найвищу здатність зв'язувати вологу та рівень рН. Зокрема, додавання 5% порошку ламінарії, здатність зв'язувати вологу досягає 48,6%, а рівень рН становить 6,67. Так само, при додаванні 8% гідролізату риб'ячого колагену, здатність зв'язувати вологу становить 49,27%, а рівень рН – 6,04.

Рівень рН підвищується до певної максимальної точки, яка відповідає максимальній розчинності білків. Збільшення розчинності білка впливає на гідрофільність рибних білків, тим самим підвищуючи здатність зв'язувати вологу комбінованої системи. Значну роль у підвищенні цих показників відіграє введення в фарш колагену та харчових волокон з інноваційних компонентів. Ці компоненти

сприяють утворенню білково-полісахаридних комплексів, які мають покращені емульгуючі та стабілізуючі властивості. Крім того, вони впливають на стабілізацію структури і осматичнозв'язану вологу. Отже, підвищену здатність зв'язувати вологу комбінованого фаршу можна пояснити процесами набухання.

При додаванні інноваційних інгредієнтів покращується і мінеральний та амінокислотний склад фаршевих напівфабрикатів з риби хек (табл. 7).

Таблиця 7

Динаміка змін вмісту мінеральних речовин та амінокислотного складу фаршевих рибних напівфабрикатів залежно від частки внесення інноваційних інгредієнтів

Показники	Контрольний зразок	Інноваційний зразок (5% порошку ламінарії та 8% гідролізату риб'ячого колагену)
Мінеральні елементи, мг/100 г		
Калій	281,25	487,88
Магній	35,14	75,60
Залізо	0,58	5,21
Натрію	55,32	194,72
Кальцій	53,75	49,63
Цинк	1,2	1,2
Йод	0,038	0,78
Фосфор	267,22	323,55
Масова частка амінокислот, %		
Аргінін	0,44	0,54
Лізин	0,50	0,35
Тирозин	0,14	0,17
Фенілаланін	0,26	0,17
Гістидин	0,07	0,13
Лейцин+ізолейцин	0,39	0,24
Метіонін	0,21	0,15
Валін	0,41	0,22
Пролін	0,28	0,15
Треолайн	0,33	0,15
Серин	0,24	0,16
Аланін	0,42	0,26
гліцин	0,44	0,20

На основі аналізу даних, наведених у таблиці 7, можна зробити остаточний висновок, що введення інноваційних компонентів призводить до підвищення поживних якостей продукту. Зокрема, рибний фарш з хеку з додаванням 5% ламінарії та 8% гідролізату рибного колагену найкраще впливає на якість фаршевого напівфабрикату. Додавання цих інноваційних інгредієнтів призводить до збільшення як мінерального складу, так і вмісту амінокислот. У вищезазначених зразках спостерігалось помітне підвищення вмісту заліза, важливого мікроелемента, необхідного для здоров'я людини.

Висновок. Ретельне дослідження амінокислотного складу в м'язовій тканині хека виявило підвищену концентрацію незамінних амінокислот, включаючи лейцин, лізин, треонін і фенілаланін. Ці амінокислоти мають значну присутність з точки зору їх вмісту, вираженого в грамах на 100 грамів білка: лізину – 11,6, метіоніну – 3,3 і триптофану приблизно – 1,1.

Аналіз даних показує позитивну кореляцію між рівнем рН м'яса риби та його еластичністю. Однак, коли рівень рН перевищує 7,5 і стає більш лужним, еластичність м'яса знижується, незважаючи на вивільнення міозину. Додавання функціональних інгредієнтів до рибного фаршу в концентрації: порошку ламінарії 5 % та гідролізату риб'ячого колагену 8% забезпечує найвищу здатність зв'язувати вологу та рівень рН. Зокрема, додавання порошку ламінарії та гідролізату риб'ячого колагену спонукає до підвищення вологосв'язуючої здатності фаршу до 48,94% та рН фаршу набуває значень 6,36.

Використовуючи продукти переробки гідробіонтів у виробництві фаршевих рибних напівфабрикатів дає можливість отримувати фаршеві рибні напівфабрикати з високою поживною цінністю, соковитою текстурою, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДСТУ ISO 1442:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT). [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 8 с. (Інформація та документація).
2. ДСТУ ISO 1443:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту жиру (ISO 1443:1973, IDT). [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 8 с. (Інформація та документація).
3. W.E. Waterlander., C. Ni Mhurchu., H. Eyles., S. Vandevijvere., C. Cleghorn, P. Scarborough., B. Swinburn., J. Seidell. Food Futures: Developing effective food systems interventions to improve public health nutrition. *Agricultural Systems*. Volume 160, February 2018, Pages 124–131.
4. E. Huff-Lonergan, S.M. Lonergan. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. Volume 71, Issue 1, September 2005, Pages 194–204.

REFERENCES:

1. DSTU ISO 1442:2005. Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennia vmistu volohy (kontrolnyi metod) (ISO 1442:1997, IDT). [Chynnyi vid 2007-04-01]. Kyiv, 2007. 8 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
2. DSTU ISO 1443:2005. Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennia zahalnoho vmistu zhyru (ISO 1443:1973, IDT). [Chynnyi vid 2007-04-01]. Kyiv, 2007. 8 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
3. W.E. Waterlander., C. Ni Mhurchu., H. Eyles., S. Vandevijvere., C. Cleghorn, P. Scarborough., B. Swinburn., J. Seidell. Food Futures: Developing effective food systems interventions to improve public health nutrition. *Agricultural Systems*. Volume 160, February 2018, Pages 124–131.
4. E. Huff-Lonergan, S.M. Lonergan. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. Volume 71, Issue 1, September 2005, Pages 194–204.