

ВЕТЕРИНАРНА ГІГІЄНА, САНІТАРІЯ ТА ЕКСПЕРТИЗА

УДК 340.6:613.26/.29-043.98:664.955

Виявлення фальсифікації зернистої ікри лососевих риб за вмістом крохмалю**Козакова Н.О.** , **Яценко І.В.** *Державний біотехнологічний університет*

E-mail: Козакова Н.О. dgany30@gmail.com; Яценко І.В. yacenko-1971@ukr.net



Козакова Н.О., Яценко І.В. Виявлення фальсифікації зернистої ікри лососевих риб за вмістом крохмалю. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2025. № 1. С. 6–18.

Kozakova N., Yatsenko I. Detection of granular salmon fish caviar falsification by starch content. *Nauk. visn. vet. med.*, 2025. № 1. PP. 6–18.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

Doi: 10.33245/2310-4902-2025-196-1-6-18

Зерниста ікра лососевих риб є одним із найбільш цінних, поживних і корисних харчових продуктів для здоров'я людей, адже містить повноцінні білки, жири, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни, мікро- і макроеlementи. Нині на українському ринку з'являються нові різновиди ікряної продукції. Основними причинами виробництва й реалізації червоної ікри, що не відповідає нормативним вимогам, є недосконалість державного контролю під час виробництва й реалізації цих продуктів, з одного боку, і бажання недобрсовісних виробників здешевити виробництво через часткову підміну натурального продукту штучним, з метою отримання надприбутку, з іншого боку, а також підміну натуральної ікри штучною тощо.

Мета дослідження – розробити спосіб виявлення в натуральній зернистій ікрі лососевих риб домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю.

Матеріалом для дослідження були зразки натуральної зернистої ікри лососевих риб (n=16): кети (n=4), горбуші (n=4), форелі (n=4), нерки (n=4), придбаних у торговельній мережі м. Харкова. Також досліджували зразки імітованої ікри (n=10), що були об'єктами дослідження у судовій експертизі харчових продуктів, яку проводили в Національному науковому центрі «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бораріуса» Міністерства юстиції України. В маркуванні імітованої ікри було зазначено про те, що це ікра натуральна, проте вона не відповідала нормативним вимогам, що висуваються до ікри натуральної. Для виявлення в натуральній зернистій ікрі лососевих риб домішки штучної зернистої ікри, препарати гомогенізованих зерен ікри забарвлювали розчином Люголя.

У роботі обґрунтовано та розроблено спосіб виявлення в натуральній зернистій ікрі лососевих риб домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю за допомогою фарбування гомогенату із зерен ікри розчином Люголя з експозицією 1,0–1,5 хв.

Спосіб виявлення домішки крохмалю у зернистій ікрі лососевих риб полягає в тому, що досліджувану пробу зернистої ікри гомогенізують, додають 1–2 краплі розчину Люголя, накривають покривним скельцем, витримуючи 1,0–1,5 хв, мікроскопують, використовуючи стереомікроскоп (збільшення $\times 5,5$, окуляр $\times 10$), оглядають не менше 3 полів зору, виводять середнє арифметичне значення клітин крохмалю, що фарбуються у синій колір та/або фрагментів зерен модифікованого крохмалю, що забарвлюються у фіолетовий колір на 1 поле зору. У разі відсутності домішки крохмалю в ікрі (як нативного так і модифікованого) – у полі зору мікроскопа забарвлених зерен крохмалю чи їх фрагментів не спостерігається.

Розроблений спосіб може бути використаний з метою встановлення натуральності червоної ікри, для виявлення невідповідності ікри зернистої лососевих риб нормативним вимогам під час визначення її безпечності та якості у виробничих лабораторіях на потужностях з виробництва ікри, супермаркетах, оптових базах, магазинах, державних лабораторіях Держпродспоживслужби України, державних лабораторіях ветеринарно-санітарної експертизи на агропродовольчих ринках, в лабораторіях на призначених прикордонних інспекційних постах для проведення експресних досліджень, в лабораторіях науково-дослідних установ, а також у спеціалізованих судово-експертних установах під час проведення судової експертизи ікри у разі підозри на її фальсифікацію. За допомогою розробленого способу можна отримати якісні та кількісні показники для оцінки якості зернистої ікри лососевих риб.

Ключові слова: судова експертиза харчових продуктів, зерниста ікра лососевих риб, якість, натуральність, фальсифікація, діагностичні дослідження, кримінальне провадження.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Продовольча безпека як України, так і зарубіжних країн, а також здоров'я, повноцінне та збалансоване життя кожної людини обумовлені виробництвом, обігом, реалізацією та споживанням населенням безпечних і якісних харчових продуктів, з-поміж яких – риба та інші харчові тваринні гідробіонти [1, 2]. Одним із цінних рибних продуктів є ікра лососевих риб, яку отримують із ястиків, піддаючи складному технологічному процесу обробки ікорних зерен. З харчовою метою використовують ікру лососевих (кети, горбуші, сьомги, форелі, нерки та ін.).

Харчова цінність цього дієтичного продукту обумовлена його особливим хімічним складом, зокрема вмістом повноцінних білків, ліпідів, особливо поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних (А, D, E) та водорозчинних (B_1 , B_3 , B_6 , B_{12} , PP, C) вітамінів, макро- та мікроелементів, насамперед, Натрію, Калію, Фосфору, Кальцію, Магнію, Феруму, Цинку, Кремнію [5]. Крім того, важливе значення мають специфічні біосенсорні властивості цього харчового продукту [6, 7]. Слушно зауважити, що зазначені вище властивості ікри лососевих риб завжди обумовлювали високий попит серед населення на цей харчовий продукт. Попри все, ікра лососевих риб є делікатесним продуктом, мало доступним для широкого загалу [8].

У зв'язку із зазначеним вище, особливої актуальності набирає нарощування потенціалу виробництва ікри імітованої, яка попри значно нижчу вартість, має подібні смакові властивості, у порівнянні з натуральною. Проте хімічний склад та фізичні властивості такого продукту значно відрізняються від хімічного складу ікри натуральної [9].

Відповідно, під час споживання штучної ікри, людина не отримує всіх тих поживних речовин, які містяться в натуральному продукті. Врешті розвиток сучасних технологій у харчовій промисловості привів до того, що з метою отримання надвисоких прибутків недобросовісні виробники виготовляють і випускають на ринок фальсифікований продукт з низькою собівартістю, проте його ціна і маркування такі ж, як і в натуральній ікри. Тож споживач за ціною натуральної червоної ікри може придбати імітований ікорний продукт, який має низьку харчову цінність, спричиняє негативні моральні й фізіологічні наслідки, а також може нести загрозу здоров'ю і життю людини [10].

Домішування будь-яких сторонніх речовин, зокрема й штучної ікри, в натуральну зернисту ікру, заборонено як вітчизняними, так і міжнародними правилами. Попри це, високий попит на натуральну зернисту ікру призводить до шахрайства на ринку, через що у невідповідному становищі перебуває виробництво високоякісної натуральної зернистої ікри риб [11]. Фальсифікацією ікри риб є умисне додавання до його складу інгредієнтів, не передбачених Національним стандартом чи технічними умовами, або заміщення високоякісних інгредієнтів у складі продукту на інгредієнти низької якості [12].

Низьку публікацій з приводу аналізу безпечності та якості зернистої ікри риб можна знайти на шпальтах наукових українських та зарубіжних журналів. Відтак, наукові підходи під час визначення фальсифікації ікри зернистої лососевих риб окреслили Н. І. Кляп із співавт. [13]; сучасні методи виявлення фальсифікації харчової ікри – С. В. Мідик та ін. [14], Н. В. Недашківська та ін. [15]; оцінку

якості ікри риби аргументували А. В. Клименко [16], Л. П. Король-Безпала та ін. [17]; комбінований підхід *Multi-omics* для аналізу механізму еволюції смаку в ікрі осетрових (*Acipenser gueldenstaedtii*) під час зберігання в холодильнику обґрунтували L. Liu et al. [18]; спосіб ідентифікації видів ікри на основі декількох штрих-кодів ДНК розробили Q. Hu et al. [19]; оцінку потенційного ризику для здоров'я важких металів через споживання ікри деталізував S. Sobhanardakani et al. [20]; фотоакустичну лазерну систему для виявлення шахрайства з продуктами харчування розробили L. Fiorani et al. [21]; використання молекулярних маркерів для перевірки автентичності риби і морепродуктів та виявлення фальсифікації запропонували K. V. Kotsanopoulos et al. [22]; звіти про шахрайство з морепродуктами в глобальному ланцюжку поставок представили S. Lawrence et al. [23]; якість і методи фальсифікації рибних продуктів на польському ринку в 2010–2020 роках проаналізував S. Kowalczyk [24]; порівняння хімічного складу та питань безпеки рибної ікри шляхом застосування хемометрики до хімічних даних обґрунтували M. Vasconi et al. [25]; використання біомаркерів ікри та *Acipenser ruthenus* дослідили А. Е. Rudchenko et al. [26].

Звичайні процедури хімічного аналізу використовують для перевірки якості та ідентифікації різних харчових продуктів, зокрема й натуральної ікри зернистої. Проте є деякі недоліки окремих методів дослідження, зокрема: трудомісткість, інвазивність і складна підготовка проб, вибірковість дії, вартісне обладнання, значна тривалість визначення, потреба в кваліфікованих кадрах і спеціалізованих лабораторіях ускладнюють організаційні заходи щодо аналізу цього харчового продукту [27].

Під час розслідування правопорушень щодо виробництва та обігу харчових продуктів, для встановлення фактів і обставин, що мають юридичне значення, найбільш кваліфікованою формою використання спеціальних знань у судочинстві як України, так і зарубіжних країн є судова експертиза [28, 29].

Проте в сучасній науковій літературі дослідниками недостатньо приділено уваги розробці експрес-методів виявлення фальсифікації натуральної зернистої ікри лососевих риби у системі контролювання її безпечності та якості в лабораторіях Держпродспоживслужби, призначених прикордонних інспекційних пунктах, під час експорту цього харчового продукту на митну територію України, а також за проведення судової експертизи харчових продуктів.

Отже, розробка методологічної концепції та створення бази методик з виявлення невідповідності нормативним вимогам зернистої ікри лососевих риби буде сприяти реалізації безпечних та якісних продуктів для споживача, підвищить достовірність, об'єктивність і точність результатів судової експертизи, у разі її проведення.

Мета дослідження – розробити спосіб виявлення домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю у натуральній зернистій ікрі лососевих риби.

Матеріал і методи дослідження. Матеріалом для дослідження були 16 зразків натуральної зернистої ікри лососевих риби, зокрема: кети (n=4), горбуші (n=4), форелі (n=4), нерки (n=4), придбаних у торговельній мережі м. Харкова. Також досліджували 4 зразки імітованої ікри (зразки різних торговельних марок, із позначкою в маркуванні що це імітована ікра, проте у складі якої наявний крохмаль), придбані у торговельній мережі м. Харкова. 10 зразків продуктів, у маркуванні яких було зазначено що це ікра натуральна, проте вони не відповідали нормативним вимогам, що ставляться до ікри натуральної, були надані як об'єкти дослідження у судовій експертизі харчових продуктів, яку проводили в Національному науковому центрі «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бораріуса» Міністерства юстиції України.

Досліджували препарати гомогенізованих зразків ікри, які наносили на предметне скельце, додавали розчин Люголя, накривали покривним скельцем та експонували 1,0–1,5 хв, після чого мікроскопували з використанням стереомікроскопа KERN OZP 558 з камерою ODC-82/ODC-83. Зерна крохмалю забарвлювались у синій колір, а фрагменти зерен модифікованого крохмалю – у фіолетовий колір.

Результати дослідження. Для розробки способу виявлення в складі натуральної зернистої ікри лососевих риби домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю використовували гомогенізовану пробу ікри зернистої у кількості 0,1–0,2 г, яку скляною паличкою наносили на предметне скельце і додавали 1–2 краплі розчину Люголя, накривали покривним скельцем, витримували 1,0–1,5 хв і мікроскопували (дослід 1); гомогенізовану пробу ікри зернистої у кількості 0,02–0,03 г, яку скляною паличкою наносили на предметне скельце і додавали 1–2 краплі розчину Люголя, накривали покривним скельцем, витримували 0,5–1,0 хв і мікроскопували (дослід 2); гомогенізовану пробу ікри зернистої у кількості 0,05–0,06 г, яку скляною паличкою наносили на предметне

скельце і додавали 1–2 краплі розчину Люголя, накривали покривним скельцем, витримували 1,0–1,5 хв і мікроскопували (дослід 3). Для мікроскопії застосовували стереомікроскоп з окуляром $\times 10$, збільшення $\times 5,5$. Оглядаючи не менше 3 полів зору, підраховували загальну кількість клітин крохмалю і виводили середнє арифметичне значення кількості цих клітин, що фарбувалися у синій колір та/або фрагментів зерен модифікованого крохмалю, що забарвлювалися у фіолетовий колір.

За відсутності домішки крохмалю у складі ікри зернистої – у полі зору зерен крохмалю чи їх фрагментів не спостерігалось.

Порівняльну оцінку результатів випробування зазначених вище способів виявлення домішки крохмалю у зернистій ікрі лососевих риб до контролю наведено в таблиці 1.

Дані таблиці 1 свідчать, що стабільність показників інтенсивності синього кольору під час виявлення домішки крохмалю у зернистій ікрі лососевих риб мікроскопічним методом була найвищою у досліді 3 – 99,9 %.

Слід підкреслити, що під час фарбування ікринок натуральної зернистої ікри лососевих риб та імітованої ікри встановлено наступне. Протоплазма та оболонка натуральної ікри не містять зерен крохмалю чи їх фрагментів, тому й не забарвлюються у синій чи фіолетовий колір (рис. 1 а, в). Проте, в зернах імітованої ікри спостерігаються множинні вclusions зерен крохмалю та їх фрагментів, які фарбуються у синій чи фіолетовий колір (рис. 1 б, г).

Наявність цілих зерен крохмалю у зернах штучної ікри зумовлено наявністю у її складі нативного (немодифікованого) крохмалю – інгредієнта, що на етапі виробництва додають до багатокомпонентної суміші, з якої виготовляють імітовану ікру, з метою формування необхідної консистенції та текстури готового продукту. Проте, у рецептурі таких продуктів можливе використання складників, що в результаті фізико-хімічних процесів, перебіг яких зумовить зниження значень рН, зниження здатності до комплексоутворення, буде перешкоджати колоїдній стабільності готового продукту. У цьому випадку альтернативою є використання модифікованого крохмалю (фізично, хімічно, ферментативно), оскільки його здатність до забезпечення колоїдної стабільності та заданих технологічних властивостей готового продукту значно вище. У свою чергу, особливість фізичної модифікації нативного крохмалю, під час якої проводять гідро-термообробку певної тривалості, зерна крохмалю вибухають і відбувається частковий гідроліз та достатнє розчинення складових зерен, також, за певних умов відбувається їх дифузія у водний простір [31]. У цьому випадку, наявність у складі досліджуваного продукту модифікованого крохмалю буде визначатися візуально не як зерна забарвлені у синій колір, а як часточки неправильної форми (фрагменти клітин), забарвлені у фіолетовий колір із одночасним забарвленням середовища у світло-блакитний колір.

Таблиця 1 – Порівняння методів виявлення домішки крохмалю у зернистій ікрі лососевих риб

№ з/п	Показники, що порівнюють	Контроль	Дослід		
			1	2	3
1	Складові методу: кількість досліджуваної проби, г	0,1–0,2	0,1–0,2	0,02–0,03	0,05–0,06
	Додавання реактиву: Розчин Люголя, кількість, крапель	1–2	1–2	1–2	1–2
2	Експозиція витримання препарату, хв	0,5–1,0	1,0–5	0,5–1,0	1,0–1,5
3	Мікроскопування у 5-х полях зору	збільшення $\times 40$, окуляр $\times 15$	–	–	–
	Стереомікроскопування у 3-х полях зору	–	окуляр $\times 10$; збільшення $\times 5,5$		
4	Тривалість визначення, хв	3–4	9–10	5–6	4–5
5	Стабільність показників інтенсивності фарбування клітин крохмалю чи їх фрагментів, %	75	94,4	92,5	99,9

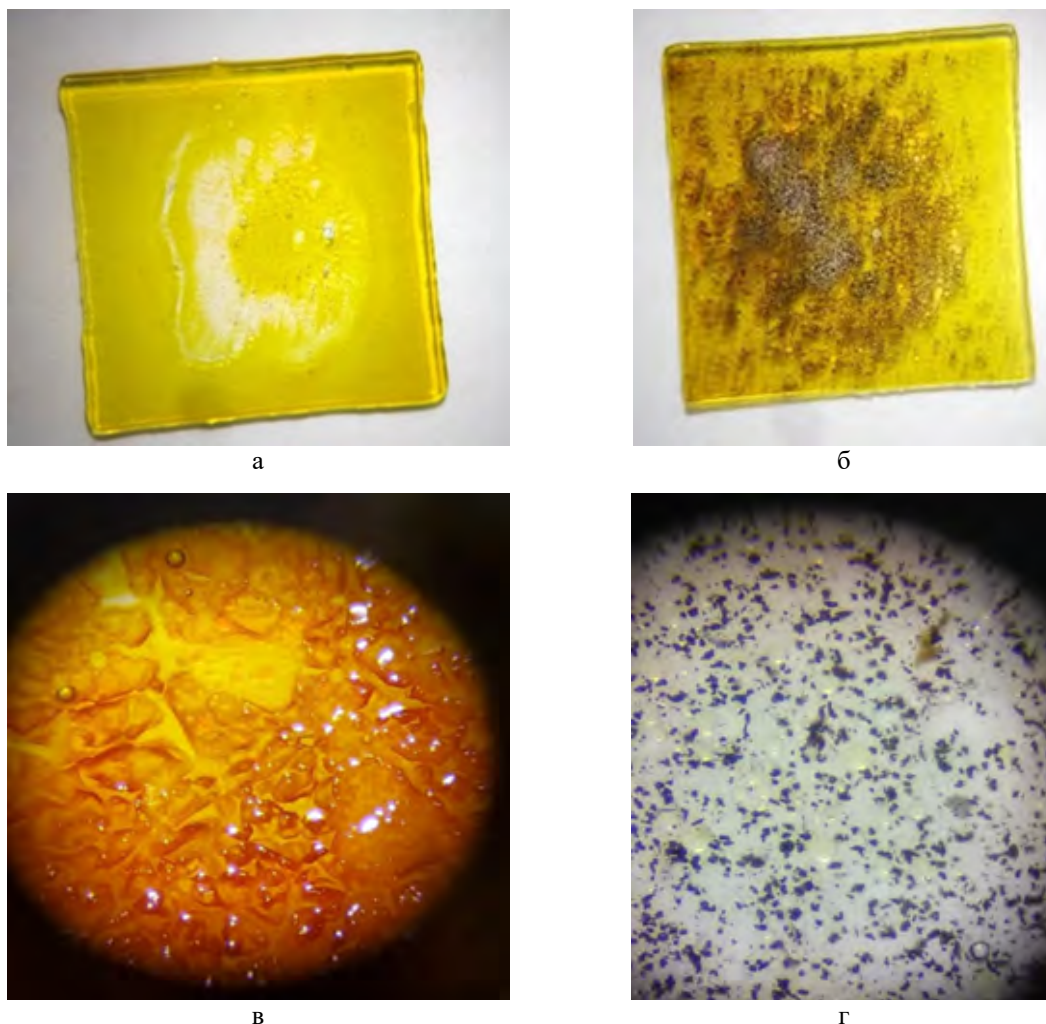


Рис. 1. Ікринки лососевих риб:

а – протоплазма натуральної ікри; б – протоплазма імітованої ікри; в – роздавлена ікринка з оболонкою; г – штучна ікра із включенням пофарбованих у синій колір зерен крохмалю. Стереомікроскоп *KERN OZP 558* з камерою *ODC-82/ODC-83*.

Збільшення $\times 5,5$, окуляр $\times 10$. Забарвлення розчином Люголя.

Водночас відсутність будь-якого виду крохмалю у зернах натуральної ікри лососевих риб пов'язано з тим, що морфологічно ікринка є яйцеклітиною, до складу якої крохмаль як рослинний високомолекулярний полісахарид не входить. Отже, встановлений факт наявності нативного або модифікованого крохмалю у досліджуваних зразках червоної ікри запропонованим методом, може бути одним із достовірних критеріїв підробки цього продукту.

Використовуючи спосіб у досліді 3, було виявлено наявність крохмалю у 27 пробах із 44, що становить 61,4 %.

Результати дослідження наведено у таблиці 2.

Отже, проведеними дослідженнями встановлено, що найбільше середньоарифме-

тичне значення клітин крохмалю синього кольору у 1 полі зору було встановлено у імітованій ікрі, на етикетці якої було зазначено, що у складі продукту міститься крохмаль – 106 ± 13 , найменше – у зразках продуктів, які мали на етикетці маркування з позначенням «ікра натуральна», проте не відповідали нормативним вимогам до ікри натуральної – 67 ± 12 . Ці дані за інтенсивності синього кольору клітин крохмалю були стабільними та достовірними. У зразках натуральної ікри лососевих риб (кети, горбуші, форелі, нерки) клітин крохмалю синього кольору чи їх фрагментів фіолетового кольору не виявлено. З огляду на це, запропонований спосіб можна використовувати для визначення натуральності, якості зернистої ікри лососевих риб та її відповідності нормативним вимогам.

Таблиця 2 – Показники наявності домішки крохмалю у зернистій ікри лососевих риб мікроскопічним методом за інтенсивністю фарбування клітин крохмалю та їх кількістю

№ з/п	Вид досліджуваного продукту та кількість проб	Середнє арифметичне значення кількості клітин крохмалю чи їх фрагментів у 1 полі зору у досліді 3
1	Натуральна зерниста ікра кети, n=4	У 3-х полях зору клітин крохмалю синього кольору чи їх фрагментів фіолетового кольору не виявлено
2	Натуральна зерниста ікра горбуші, n=4	
3	Натуральна зерниста ікра форелі, n=4	
4	Натуральна зерниста ікра нерки, n=4	
5	Імітована ікра різних торгових марок (на етикетці зазначено, що у складі продукту міститься крохмаль), n=4	Виявлені клітини крохмалю синього кольору у кількості 106 ± 13
6	Зразки продуктів, які мали на етикетці маркування, що це ікра натуральна, проте не відповідали нормативним вимогам до ікри натуральної, n=4	Виявлені клітини крохмалю синього кольору у кількості 67 ± 12

Використовуючи запропонований спосіб у досліді 3, визначено межі виявлення домішки штучної ікри, що має у своєму складі нативний або модифікований крохмаль, до натуральної зернистої ікри лососевих риб мікроскопічним методом за інтенсивністю фарбування клітин крохмалю, їх фрагментів та їх кількістю у 30 пробах із 30 зразків (100 %), що містили таку домішку. Результати дослідження наведено у таблиці 3.

Відтак, проведеними дослідженнями встановлено, що найбільша кількість клітин нативного крохмалю, забарвлених у синій колір у 1 полі зору була встановлена у зразках натуральної зернистої ікри з 50 % домішкою штучної ікри, що містить у своєму складі крохмаль – 63 ± 4 , найменша – у зразках натуральної зернистої ікри з менше ніж 10 % домішкою штучної ікри, що містить у своєму складі крохмаль – 28 ± 2 . Найбільша кількість фрагментів клітин модифікованого крохмалю, забарвлених у фіолетовий колір, у 1 полі зору була встановлена у зразках натуральної зернистої ікри з 50 % домішкою штучної ікри, що містить у своєму складі модифікований крохмаль – 76 ± 3 , найменша – у зразках натуральної зернистої ікри з менше ніж 10 % домішкою штучної ікри, що містить у своєму складі модифікований крохмаль – 31 ± 3 . Отримані дані щодо інтенсивності забарвлення клітин крохмалю у синій колір та фрагментів клітин у фіолетовий колір були стабільними і достовірними, отже, зазначені показники можна використовувати для визначення якості зернистої ікри лососевих риб щодо її відповідності нормативним вимогам, зокрема й виявлення домішки штучної ікри риб у натуральній.

Також було встановлено, що за відсутності домішки штучної ікри в натуральній зер-

нистій ікри, спостерігалася відсутність клітин крохмалю, забарвлених у синій колір, у 16 досліджуваних пробах (100 %).

Обговорення. Дослідженню питань виявлення невідповідності зернистої ікри лососевих риб завжди приділяли значну увагу, адже всі харчові продукти, зокрема й ікра риб, котрі призначені для споживання людьми, мають бути безпечними і якісними, тобто не завдавати шкоди здоров'ю, як після споживання, так і не справляти віддалені негативні наслідки для здоров'я людей, що розглядали й інші вчені: А. В. Клименко [16]; Король-Безпала Л. П. із співавт. [17]; G. E. Bledsoe et al. [2]; A. M. Pappalardo [9].

Варто зауважити, що Україна є імпортером ікри риб, на що вказує М. Є. Бондарчук [5]. Значний попит на цей делікатес призводить до шахрайства на ринку, яке ставить у невигідне становище виробництво високоякісної натуральної ікри риб, про що зазначає S. Kowalczyk [21]. У зв'язку з цим, Закон України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин» регламентує [32], що на державному кордоні України будуть функціонувати призначені прикордонні інспекційні пости, на яких державні ветеринарні інспектори будуть відбирати зразки харчових продуктів та проводити їх прості лабораторні дослідження, зокрема й ікри риб під час ввезення чи пересилання на митну територію України. Проте, як в чинному законодавстві України, так і в сучасній науковій літературі відсутнє розлоге тлумачення, які методи дослідження необхідно вважати простими, а також важливо зазначити, що відсутній державний реєстр таких методик. Отже, потенціал

авторів цієї наукової роботи був спрямований на розробку експрес-методу виявлення домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю у натуральній зернистій ікрі лососевих риб, адже на шпальтах періодичних наукових видань такі дані поодинокі.

Часткову підміну натуральної ікри штучною здійснюють умисно для здешевлення виробництва цього дієтичного делікатесного продукту, через недосконалість державного контролю під час виробництва й реалізації цих продуктів, а також бажання недобросовісних виробників здешевити виробництво, про що зауважують у своїх наукових роботах І. М. Новицька [12]; Н. І. Кляп із співавт. [13]; С. В. Мідик із співавт. [14]; S. Kowalczyk [24]; B. Popping et al. [10]; E. Boscarì et al. [11].

У цій роботі теоретично обґрунтовано та експериментально доведено й підтверджено, що розроблений нами спосіб виявлення домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю у натуральній зернистій ікрі лососевих риб є експресним, простим у виконанні, має переваги над наявними методами визна-

чення якості зернистої ікри лососевих риб, а також виявлення її фальсифікацій, оскільки за результатами способу можна отримати об'єктивні якісні та кількісні показники клітин крохмалю, що фарбуються у синій колір та/або фрагментів зерен модифікованого крохмалю, що забарвлюються у фіолетовий в імітованій ікрі. Показано, що у разі відсутності домішки крохмалю в ікрі (як нативного так і модифікованого) – у полі зору мікроскопа забарвлених зерен крохмалю чи їх фрагментів не спостерігається.

Водночас слушно зауважити, що аналогом розробленого способу виявлення в натуральній зернистій ікрі лососевих риб домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю є якісний метод визначення фальсифікації м'ясних фаршів крохмалем. За згаданим аналогом до фаршу додають розчин Люголя, який забарвлює клітини крохмалю, у разі їх наявності у фарші, в синій колір. Проте недоліком цього методу є те, що він громіздкий та довготривалий у підрахунку, дає похибку у визначенні 30–35 % [33].

Таблиця 3 – Межі виявлення домішки штучної ікри, що має у своєму складі крохмаль, до натуральної зернистої ікри лососевих риб мікроскопічним методом за інтенсивністю фарбування клітин крохмалю та їх кількістю

№ з/п	Загальна кількість досліджуваних проб зернистої ікри, n=46	Середнє арифметичне значення кількості клітин крохмалю у 1 полі зору за дослідом 3		
1	Кількість досліджуваних проб зернистої ікри з домішкою штучної ікри, що має у своєму складі нативний крохмаль, n=21	За наявності домішки штучної ікри, що має у своєму складі нативний крохмаль (домішка < 10 %), n=7 Виявлені клітини крохмалю синього кольору у кількості 28±2	За наявності домішки штучної ікри, що має у своєму складі нативний крохмаль (домішка 30 %), n=7 Виявлені клітини крохмалю синього кольору у кількості 42±4	За наявності домішки штучної ікри, що має у своєму складі нативний крохмаль (домішка 50 %), n=7 Виявлені клітини крохмалю синього кольору у кількості 63±4
2	Кількість досліджуваних проб зернистої ікри з домішкою штучної ікри, що має у своєму складі модифікований крохмаль, n=9	За наявності домішки штучної ікри, що має у своєму складі модифікований крохмаль (домішка < 10 %), n=3 Виявлені фрагменти клітини крохмалю фіолетового кольору у кількості 31±3	За наявності домішки штучної ікри, що має у своєму складі модифікований крохмаль (домішка 30 %), n=3 Виявлені фрагменти клітини крохмалю фіолетового кольору у кількості 58±2	За наявності домішки штучної ікри, що має у своєму складі нативний крохмаль (домішка 50 %), n=3 Виявлені фрагменти клітини крохмалю фіолетового кольору у кількості 76±3
3	Кількість проб натуральної зернистої ікри лососевих риб без домішок, n=16	У 3-х полях зору клітин крохмалю синього кольору чи їх фрагментів фіолетового кольору не виявлено		

Прототипом авторського способу є спосіб визначення фальсифікації сиру кисломолочного крохмалю з використанням розчину Люголя з подальшим мікроскопуванням та підрахунком клітин крохмалю, що забарвлюються у синій колір, проте за відсутності домішки крохмалю у сирі кисломолочному – у полі зору мікроскопа забарвлених зерен крохмалю не спостерігається. Недоліком цього методу є те, що він громіздкий та довготривалий у підрахунку. Крім того, метод дає похибку визначення 25–38 % [34].

Тож для об'єктивного визначення якості зернистої ікри лососевих риб слід застосовувати комплекс методів, зокрема, визначення масової частки вологи, азоту летких основ, вмісту уротропіну, наявності в продукті піску тощо, а також авторський спосіб виявлення в натуральній зернистій ікрі лососевих риб домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю.

Отже, запропонований авторський спосіб може бути використаний для визначення якості зернистої ікри риб під час судової експертизи харчових продуктів, а також у виробничих лабораторіях на потужностях з переробки риби, у державних лабораторіях Держпродспоживслужби та у державних лабораторіях ветеринарно-санітарної експертизи на агропродовольчих ринках, в лабораторіях на призначених прикордонних інспекційних постах для проведення експрес-досліджень, а також під час проведення судової експертизи. Розроблений спосіб запатентований [35].

Висновки.

1. Спосіб виявлення домішки крохмалю у зернистій ікрі лососевих риб полягає в тому, що досліджувану пробу зернистої ікри гомогенізують, додають 1–2 краплі розчину Люголя, накривають покривним скельцем, витримуючи 1,0–1,5 хв, мікроскопують, використовуючи стереомікроскоп (збільшення $\times 5,5$, окуляр $\times 10$), оглядають не менше 3 полів зору, виводять середнє арифметичне значення кількості клітин крохмалю, що забарвлюються у синій колір та/або фрагментів клітин крохмалю, що забарвлюються у фіолетовий колір на 1 поле зору. У разі відсутності домішки крохмалю в ікрі – у полі зору мікроскопа забарвлених зерен крохмалю чи їх фрагментів не спостерігається.

2. Розроблений спосіб дає достовірні результати, експресний, зручний у практичному використанні, не потребує витрат на реактиви і може використовуватися в комплексі з іншими способами (методами) визначення натуральності, якості зернистої ікри лососе-

вих риб, а також виявлення домішки в ній штучної ікри за наявністю нативного або модифікованого крохмалю.

3. Спосіб виявлення в натуральній зернистій ікрі лососевих риб домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю може бути використаний для визначення якості зернистої ікри риб під час судової експертизи харчових продуктів, а також у виробничих лабораторіях на потужностях з переробки риби, у державних лабораторіях Держпродспоживслужби, у державних лабораторіях ветеринарно-санітарної експертизи на агропродовольчих ринках, в лабораторіях на призначених прикордонних інспекційних постах для проведення експрес-досліджень.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці експрес-методів виявлення інших домішок в зернистій ікрі лососевих риб.

Відомості про конфлікт інтересів. Автори (Козакова Н. О., Яценко І. В.) статті «Судово-експертне виявлення в натуральній зернистій ікрі лососевих риб домішки штучної зернистої ікри за вмістом крохмалю» стверджують про відсутність конфлікту щодо їх вкладу та результатів дослідження. Матеріали статті можуть бути опубліковані.

Подяка. Автори висловлюють вдячність завідувачці кафедри ветеринарно-санітарної експертизи Інституту післядипломного навчання керівників і спеціалістів ветеринарної медицини Білоцерківського національного аграрного університету, докторці ветеринарних наук, професорці Богатко Надії Михайлівні за консультативну допомогу під час підготовки статті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Sturgeon meat and caviar production: global update / P. Bronzi et al. J. Appl. Ichthyol. 2019. 35. P. 257–266.
2. Bledsoe G.E., Bledsoe C.D., Rasco B. Caviars and fish roe products. Crit Rev. Food Sci. Nutr. 2003. 3 (3). P. 317–356. DOI:10.1080/10408690390826545.
3. Козій М.С., Кутищев П.С. Модифікація технології обробки та отримання зернистої ікри з овульованої ікри стерляді. Водні біоресурси та аквакультура. 2022. 2 (12). С. 112–122. DOI:10.32851/wba.2022.2.7.
4. Stroe Dudu A., Georgescu S.E. Exploring the Multifaceted Potential of Endangered Sturgeon: Caviar, Meat and By-Product Benefits. Animals (Basel). 2024. 14 (16). 2425 p. DOI:10.3390/ani14162425.
5. Бондарчук М.Є., Хартій М.В. Світові тенденції розвитку ринку ікряних товарів. Електронний журнал «Ефективна економіка». 2022. 2 с. DOI:10.32702/2307-2105-2022.2.77.

6. Effects of microbial diversity and phospholipids on flavor profile of caviar from hybrid sturgeon (*Huso dauricus* × *Acipenser schrencki*) / X. Xu et al. *Food Chem.* 2022. 377. DOI:10.1016/j.foodchem.2021.131969.
7. Interactions between phosvitin and aldehydes affect the release of flavor from Russian sturgeon caviar / W. Zhang et al. *Food Chem.* 2024. 437 (Part 1). DOI:10.1016/j.foodchem.2023.137904.
8. Тітова Н.В., Павлов С.В., Злепко С.М., Піротті Е.Л. Оцінювання якості ікри осетрових і білого амура на основі інформаційних і математичних моделей нечітких множин. *Вісник Хмельницького національного університету.* 2018. 5 (265). С. 146–153.
9. Pappalardo A.M., Petraccioli A., Capriglione T., Ferrito V. From Fish Eggs to Fish Name: Caviar Species Discrimination by COI Bar-RFLP, an Efficient Molecular Approach to Detect Fraud in the Caviar Trade. *Molecules.* 2019. 24 (13). 2468 p. DOI:10.3390/molecules24132468.
10. Food inauthenticity: Authority activities, guidance for food operators, and mitigation tools / B. Popping et al. *Compr Rev. Food Sci Food Saf.* 2022. 21 (6). P. 4776–4811. DOI:10.1111/1541-4337.13053.
11. Species and hybrid identification of sturgeon caviar: a new molecular approach to detect illegal trade / E. Boscarini et al. *Mol. Ecol. Resour.* 2014. 14 (3). P. 489–498. DOI:10.1111/1755-0998.12203.
12. Новицька І.М. Аналіз видів фальсифікації червоної ікри. Актуальні проблеми товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи: зб. матер. міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 20 лютого 2024 року). Полтава: ПУЕТ. 2024. Вип. 352. С. 99–102.
13. Кляп Н.І., Маслюк А.В., Сікорська Н.О., Шуляк С.В. Наукові підходи при визначенні фальсифікації ікри зернистої осетрових та лососевих риб. *Ветеринарна біотехнологія.* 2021. Вип. 38. С. 99–110. DOI:10.31073/vet_biotech.38-09.
14. Сучасні методи виявлення фальсифікації харчової ікри. «Єдине здоров'я – 2022»: міжнар. наук. конф., м. Київ, Україна, 22–24 вересня 2022 року: матеріали конференції / С.В. Мідик та ін. Київ. 2022. С. 198–199. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/161abd75-5924-44bb-b1f9-19da2b9f5b43/content#page=198>.
15. Недашківська Н.В., Мерзлова Г.В. «Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи в харчових технологіях». Способи фальсифікації ікри: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Біла Церква, 2022. С. 22–23. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/8071/1/Sposoby_falsyfik.pdf.
16. Клименко А.В. Дослідження якості ікри лососевої. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 81 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів. Київ: НУХТ, 2015. 1. 80 с.
17. Король-Безпала Л.П., Безпалый І.Ф., Бондаренко Л.В. Оцінка якості та безпеки червоної ікри лососевих риб. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Харчові технології.* 2024. 26 (101). С. 97–102. DOI:10.32718/nvvet-fl0115.
18. Multi-omics combined approach to analyze the mechanism of flavor evolution in sturgeon caviar (*Acipenser gueldenstaedtii*) during refrigeration storage / L. Liu et al. *Food. Chem. X.* 2024. 23. DOI:10.1016/j.fochx.2024.101688.
19. Species Identification of Caviar Based on Multiple DNA Barcoding. *Molecules.* 2023. 28(13):5046. DOI: 10.3390/molecules28135046.
20. Sobhanardakani S. Potential health risk assessment of heavy metals via consumption of caviar of Persian sturgeon / Q. Hu et al. *Mar Pollut Bull.* 2017. 123 (1–2). P. 34–38. DOI:10.1016/j.marpollbul.2017.09.033.
21. Photoacoustic Laser System for Food Fraud Detection / L. Fiorani et al. *Sensors (Basel).* 2021. 21 (12). 4178 p. DOI:10.3390/s21124178.
22. The use of molecular markers in the verification of fish and seafood authenticity and the detection of adulteration / K.V. Kotsanopoulos et al. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021. 20 (2). P. 1584–1654. DOI:10.1111/1541-4337.12719.
23. The 11 sins of seafood: Assessing a decade of food fraud reports in the global supply chain / S. Lawrence et al. *Compr. Rev. Food Sci Food Saf.* 2022. 21 (4). P. 3746–3769. DOI:10.1111/1541-4337.12998.
24. Kowalczyk S. Quality and methods of adulteration of meat and fish products on the Polish market in 2010–2020. *Agricultural and Food Sciences, Economics.* 2021. 72 (4). P. 361–372. DOI:10.32394/rpzh.2021.0183.
25. Comparison of Chemical Composition and Safety Issues in Fish Roe Products: Application of Chemometrics to Chemical Data / M. Vasconi et al. *Foods.* 2020. 9 (5). 540 p. DOI:10.3390/foods9050540.
26. Rudchenko A.E., Chuprov S.M., Sushchik N.N. Use of Caviar and Fillet Biomarker Fatty Acids to Determine the Origin of Sterlet *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758). *Dokl Biol Sci.* 2023. 509 (1). P. 112–115. DOI:10.1134/S00124 96623700242.
27. Оверковська Т.К. Правове забезпечення якості харчових продуктів. *Юридичний науковий електронний журнал.* 2023. 1. С. 224–227. DOI:10.32782/2524-0374/2023-1/52.
28. Яценко І.В., Козакова Н.О. Концептуальні проблеми проведення судової експертизи харчових продуктів в Україні та шляхи їх вирішення. Актуальні питання судової експертизи та криміналістики: зб. матер. міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди ювілеїв видатних учених: 95-річчя від дня народження Л.Ю. Ароцкера («Ароцкерівські читання») і 105-річчя від дня народження М.В. Салтєвського (Харків, 19.05.2023). Харків: ННЦ «ІСЕ ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса». 2023. С. 357–359.
29. Saadat S., Pandya H., Dey A., Rawtani D. Food forensics: Techniques for authenticity determi-

nation of food products. *Forensic Sci Int.* 2022. 333. DOI:10.1016/j.forsciint.2022.111243.

30. Спосіб визначення фальсифікації сиру кисломолочного крохмалем мікроскопічним методом: патент № 144926 України, МПК G01N 33/12 (2006.01); опубл. 10.11.2020, Бюл. № 21. 4 с.

31. Андреева С.С., Колесникова М.Б. Дослідження мікроструктури крохмалів фізичної модифікації для обґрунтування використання в технології соусів. *Східноєвропейський журнал передових технологій.* 2014. 5/11 (71). С. 4–8. DOI:10.15587/1729-4061.2014.27571.

32. Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, ветеринарну медицину та благополуччя тварин: Закон України від 18.05.2017 № 2042-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text>.

33. Спосіб визначення фальсифікації м'ясних фаршів крохмалем мікроскопічним методом; патент № 127925 України на корисну модель МПК.G01N 33.12 (2006.01). Опубл. 27.08.2018, Бюл. № 16.

34. Спосіб визначення фальсифікації сиру кисломолочного крохмалем мікроскопічним методом: патент № 144926 України, МПК G01N 33/12 (2006.01); опубл. 10.11.2020, Бюл. № 21.

35. Спосіб виявлення домішки крохмалю у зерністій ікрі лососевих риб мікроскопічним методом: патент 158710 України, МПК G01N 1/28 (2006.01). № у 2024 02266; заявл. 29.04.2014; опубл. 12.03.2025, Бюл. № 11. 5 с.

REFERENCES

1. Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J.T., Wei, Q., Rosenthal, H., Gessner, J. (2019). Sturgeon meat and caviar production: global update. *J. Appl. Ichthyol.*, 35, pp. 257–266.

2. Bledsoe, G.E., Bledsoe, C.D., Rasco, B. (2003). Caviars and fish roe products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 3 (3), pp. 317–356. DOI:10.1080/10408690390826545.

3. Kozii, M.S., Kutyshchev, P.S. (2022). Modyfikatsiia tekhnolohii obrobky ta otrymannia zernystoi ikry z ovulovanoi ikry sterliadi [Modification of the technology for processing and obtaining granular caviar from ovulated sterlet caviar]. *Vodni bioresursy ta akvakultura* [Aquatic bioresources and aquaculture], 2 (12), pp. 112–122. DOI:10.32851/wba.2022.2.7. (in Ukrainian).

4. Stroe Dudu, A., Georgescu, S.E. (2024). Exploring the Multifaceted Potential of Endangered Sturgeon: Caviar, Meat and By-Product Benefits. *Animals* (Basel). 14 (16), 2425 p. DOI:10.3390/ani14162425.

5. Bondarchuk, M.Ye., Khartii, M.V. (2022). Svitovi tendentsii rozvytku rynku ikrianykh tovariv [Global trends in the development of the caviar products market]. *Elektronnyi zhurnal «Efektyvna ekonomika»* [Electronic magazine "Effective Economy"], 2 p. DOI:10.32702/2307-2105-2022.2.77. (in Ukrainian).

6. Xu, X., Lu, S., Li, X., Bai, F., Wang, J., Zhou, X., Gao, R., Zeng, M., Zhao, Y. (2022). Effects of microbial diversity and phospholipids on flavor profile of caviar from hybrid sturgeon (*Huso dauricus* × *Acipenser schrencki*). *Food Chem.*, 377. DOI:10.1016/j.foodchem.2021.131969.

7. Zhang, W., Liu, L., Zhao, Y., Liu, T., Bai, F., Wang, J., Xu, H., Gao, R., Jiang, X., Xu, X. (2024). Interactions between phosvitin and aldehydes affect the release of flavor from Russian sturgeon caviar. *Food Chem.*, 437 (Part 1). DOI:10.1016/j.foodchem.2023.137904.

8. Titova, N.V., Pavlov, S.V., Zlepko, S.M., Pirotti, E.L. (2018). Otsiniuvannia yakosti ikry osetrovkykh i biloho amura na osnovi informatsiinykh i matematychnykh modelei nechitkykh mnozhyn [Assessment of the quality of sturgeon and grass carp caviar based on information and mathematical models of fuzzy sets]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu* [Bulletin of Khmelnytskyi National University], 5 (265), pp. 146–153.

9. Pappalardo, A.M., Petraccioli, A., Capriglione, T., Ferrito, V. (2019). From Fish Eggs to Fish Name: Caviar Species Discrimination by COI-Bar-FLP, an Efficient Molecular Approach to Detect Fraud in the Caviar Trade. *Molecules*, 24 (13), 2468 p. DOI:10.3390/molecules24132468.

10. Popping, B., Buck, N., Bánáti, D., Brereton, P., Gendel, S., Hristozova, N., Chaves, S.M., Saner, S., Spink, J., Willis, C., Wunderlin, D. (2022). Food inauthenticity: Authority activities, guidance for food operators, and mitigation tools. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 21 (6), pp. 4776–4811. DOI:10.1111/1541-4337.13053.

11. Boscari, E., Barmintseva, A., Pujolar, J.M., Doukakis, P., Mugue, N., Congiu, L. (2014). Species and hybrid identification of sturgeon caviar: a new molecular approach to detect illegal trade. *Mol. Ecol. Resour.*, 14 (3), pp. 489–498. DOI:10.1111/1755-0998.12203.

12. Novytska, I. M. (2024). Analiz vydiv falsyfikatsii chervonoj ikry. Aktualni problemy tovaroznavstva, biotekhnolohii, ekspertyzy ta mytnoi spravy: zb. mater. mizhnar. nauk.-prak. internet-konf. (m. Poltava, 20 liutoho 2024 roku) [Analysis of types of red caviar falsification. Current problems of commodity science, biotechnology, examination and customs: collected materials of the international scientific-practical online conference (Poltava, February 20, 2024)]. *Poltava: PUET, Issue 352*, pp. 99–102. (in Ukrainian).

13. Kliap, N.I., Masliuk, A.V., Sikorska, N.O., Shuliak, S.V. (2021). Naukovi pidkhody pry vyznachenni falsyfikatsii ikry zernystoi osetrovkykh ta lososevykh ryb [Scientific approaches to determining adulteration of granular sturgeon and salmon caviar]. *Veterynarna biotekhnolohiia* [Veterinary biotechnology], Issue 38, pp. 99–110. DOI:10.31073/vet_biotech38-09. (in Ukrainian).

14. Midyk, S.V., Korniienko, V.P., Duchenko, K.A., Ladohubets, O.V., Poltavchenko, T.V. (2022). Suchasni metody vyivlennia falsyfikatsii kharchovoi ikry. «Iedyne zdorovia – 2022»: mizhnar. nauk. konf., m. Kyiv, Ukraina, 22–24 veresnia 2022 roku: materialy konferentsii [Modern methods for detecting adulteration of food caviar. "One Health - 2022": international scientific conference, Kyiv, Ukraine, September 22–24, 2022: conference proceedings]. Kyiv, pp. 198–199. Available at: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/161abd75-5924-44bb-b1f9-19da2b9f5b43/content#page=198>. (in Ukrainian).
15. Nedashkivska, N.V., Merzlova, H.V. (2022). «Agrarna osvita ta nauka: dosjagnennja, rol', faktory rostu. Suchasnyj rozvytok tehnologij tvarynnystva. Innovacijni pidhody v harchovyh tehnologijah». Sposoby fal'syfikacii' ikry: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. ["Agricultural education and science: achievements, role, growth factors. Modern development of livestock technologies. Innovative approaches in food technologies." Methods of caviar falsification: materials of the international scientific-practical conference]. Bila Tserkva, P. 22–23. Available at: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/8071/1/Sposoby_falsyfik.pdf. (in Ukrainian).
16. Klymenko, A.V. (2015). Doslidzhennia yakosti ikry lososevoi [Research on the quality of salmon caviar]. Naukovi zdobutky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti: materialy 81 mizhnar. nauk. konf. molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv [Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the 21st century: materials of the 81st international scientific conference of young scientists, postgraduates and students]. Kyiv: NUHT, 1, 80 p. (in Ukrainian).
17. Korol-Bezpala, L.P., Bezpalyi, I.F., Bondarenko, L.V. (2024). Otsinka yakosti ta bezpeky chervonoj ikry lososevykh ryb [Assessment of the quality and safety of red salmon caviar]. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Hzyhtskoho [Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytsky]. Kharchovi tekhnolohii [Food Technologies], 26 (101), pp. 97–102. DOI:10.32718/nvlvet-fl0115. (in Ukrainian).
18. Liu, L., Liu, Y., Bai, F., Wang, J., Xu, H., Jiang, X., Lu, S., Wu, J., Zhao, Y., Xu, X. (2024). Multi-omics combined approach to analyze the mechanism of flavor evolution in sturgeon caviar (*Acipenser gueldenstaedtii*) during refrigeration storage. Food. Chem. X., 23. DOI:10.1016/j.fochx.2024.101688.
19. Hu, Q., Pan, Y., Xia, H., Yu, K., Yao, Y., Guan F. (2023). Species Identification of Caviar Based on Multiple DNA Barcoding. Molecules, 28 (13), 5046 p. DOI:10.3390/molecules 28135046.
20. Sobhanardakani, S. (2017). Potential health risk assessment of heavy metals via consumption of caviar of Persian sturgeon. Mar Pollut Bull., 123 (1–2), pp. 34–38. DOI:10.1016/j.marpolbul.2017.09.033.
21. Fiorani, L., Artuso, F., Giardina, I., Lai, A., Mannori, S., Puiu, A. (2021). Photoacoustic Laser System for Food Fraud Detection. Sensors (Basel), 21 (12), 4178 p. DOI:10.3390/s2112 4178.
22. Kotsanopoulos, K.V., Exadactylos, A., Gkafas, G.A., Martsikalis, P.V., Parlapani, F.F., Bozaris, I.S., Arvanitoyannis, I.S. (2021). The use of molecular markers in the verification of fish and seafood authenticity and the detection of adulteration. Compr Rev Food Sci Food Saf., 20 (2), pp. 1584–1654. DOI:10.1111/1541-4337.12719.
23. Lawrence, S., Elliott, C., Huisman, W., Dean, M., van Ruth, S. (2022). The 11 sins of seafood: Assessing a decade of food fraud reports in the global supply chain. Compr. Rev. Food Sci Food Saf., 21 (4), pp. 3746–3769. DOI:10.1111/1541-4337.12998.
24. Kowalczyk, S. (2021). Quality and methods of adulteration of meat and fish products on the Polish market in 2010-2020. Agricultural and Food Sciences, Economics, 72 (4), pp. 361–372. DOI:10.32394/rpzh.2021.0183.
25. Vasconi, M., Tirloni, E., Stella, S., Coppola, C., Lopez, A., Bellagamba, F., Bernardi, C., Moretti, V.M. (2020). Comparison of Chemical Composition and Safety Issues in Fish Roe Products: Application of Chemometrics to Chemical Data. Foods., 9 (5), 540 p. DOI:10.3390/foods9050540.
26. Rudchenko, A.E., Chuprov, S.M., Sushchik, N.N. (2023). Use of Caviar and Fillet Biomarker Fatty Acids to Determine the Origin of Sterlet *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758). Dokl Biol Sci., 509 (1), pp. 112–115. DOI:10.1134/S0012496623700242.
27. Overkovska, T.K. (2023). Pravove zabezpechennia yakosti kharchovykh produktiv [Legal assurance of food quality]. Yurydychnyi naukovyi elektronnyi zhurnal [Legal scientific electronic journal], 1, pp. 224–227. DOI:10.32782/2524-0374/2023-1/52. (in Ukrainian).
28. Yatsenko, I.V., Kozakova, N.O. (2023). Kontseptualni problemy provedennia sudovoi ekspertyzy kharchovykh produktiv v Ukraini ta shliakhy yikh vyrishennia [Conceptual problems of conducting forensic examination of food products in Ukraine and ways to solve them]. Aktualni pytannia sudovoi ekspertyzy ta kryminalistyky: zb. mater. mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody yuvileiv vydatnykh uchenykh: 95-richchia vid dnia narodzhennia L.Yu. Arotskera («Arotskerivski chytannia») i 105-richchia vid dnia narodzhennia M.V. Saltevsckoho (Kharkiv, 19.05.2023) [Current issues of forensic examination and forensics: collection of materials of the international scientific and practical conference on the occasion of the anniversaries of prominent scientists: the 95th anniversary of the birth of L.Yu. Arotsker ("Arotsker Readings") and the 105th anniversary of the birth of M.V. Saltevsckiy (Kharkiv, 05/19/2023)]. Kharkiv: NNC "ISE named after Honored Professor M.S. Bokarius", pp. 357–359. (in Ukrainian).

29. Saadat, S., Pandya, H., Dey, A., Rawtani, D. (2022). Food forensics: Techniques for authenticity determination of food products. *Forensic Sci Int.*, 333. DOI:10.1016/j.forsciint.2022.111243.

30. Sposib vyznachennia falsyfikatsii syru kyslomolochnoho krokhmalem mikroskopichnym metodom: patent № 144926 Ukrainy, MPK G01N 33/12 (2006.01); opubl. 10.11.2020, Biul., 21 [Method for determining the adulteration of fermented milk cheese with starch by microscopic method: patent No. 144926 of Ukraine, MPK G01N 33/12 (2006.01); publ. 10.11.2020, Bull. No. 21]. 4 p. (in Ukrainian).

31. Andreeva, S.S., Kolesnikova, M.B. (2014). Doslidzhennja mikrostruktury krokhmaliv fizychnoi' modyfikacii' dlja obgruntuvannja vykorystannja v tehnologii' sousiv [Study of the microstructure of physically modified starches to justify their use in sauce technology]. *Shidnojevropejs'kyj zhurnal peredovyh tehnologij* [Eastern European Journal of Advanced Technologies], 5/11 (71), pp. 4–8. DOI:10.15587/1729-4061.2014.27571. (in Ukrainian).

32. Pro derzhavnyi kontrol za dotrymanniam zakonodavstva pro kharchovi produkty, kormy, pobichni produkty tvarynnoho pokhodzhennia, veterynarnu medytsynu ta blahopoluchchia tvaryn: Zakon Ukrainy vid 18.05.2017 № 2042-VIII [On state control over compliance with legislation on food products, feed, animal by-products, veterinary medicine and animal welfare: Law of Ukraine dated 18.05.2017 No. 2042-VIII]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text>. (in Ukrainian).

33. Sposib vyznachennia falsyfikatsii miasnykh farshiv krokhmalem mikroskopichnym metodom: patent № 127925 Ukrainy na korysnu model MPK. G01N 33.12 (2006.01). Opubl. 27.08.2018, Biul. № 16 [Method for determining adulteration of minced meat with starch by microscopic method; patent No. 127925 of Ukraine for utility model MPK.G01N 33.12 (2006.01). Publ. 27.08.2018, Bull. No. 16]. (in Ukrainian).

34. Sposib vyznachennia falsyfikatsii syru kyslomolochnoho krokhmalem mikroskopichnym metodom: patent № 144926 Ukrainy, MPK G01N 33/12 (2006.01); opubl. 10.11.2020, Biul. № 21 [Method for determining adulteration of fermented milk cheese with starch by microscopic method: patent No. 144926 of Ukraine, MPK G01N 33/12 (2006.01); publ. 10.11.2020, Bull. No. 21]. (in Ukrainian).

35. Sposib vyivlennia domishky krokhmaliu u zernistii ikri lososevykh ryb mikroskopichnym metodom: patent 158710 Ukrainy, MPK G01N 1/28 (2006.01). № u 2024 02266; zaiavl. 29.04.2014; opubl. 12.03.2025, Biul. № 11 [Method for detecting starch impurities in granular salmon caviar by microscopic method: patent No. 158710 of Ukraine, MPK G01N 1/28 (2006.01). No. u 2024 02266; appl. 29.04.2014; published 12.03.2025, Bul. No. 11]. 5 p. (in Ukrainian).

Detection of granular salmon fish caviar falsification by starch content

Kozakova N., Yatsenko I.

Grainy caviar salmon is one of the most valuable, nutritious and beneficial food products for human health, as it contains high-quality proteins, fats, polyunsaturated fatty acids, vitamins, micro- and macroelements. Currently, new varieties of caviar products are appearing on the Ukrainian market. Therefore, the reasons for the production and sale of fish caviar that does not meet regulatory requirements are, on the one hand, the imperfection of state oversight during the production and distribution, and on the other hand, the desire of unscrupulous manufacturers to reduce production costs in order to obtain excess profits by replacing one type of caviar with another, adding imitation caviar to natural caviar, replacing natural caviar with artificial caviar, etc.

The purpose of the study is to develop a method for detecting impurities of artificial granular caviar in natural granular salmon caviar based on starch content.

The materials for the study were samples of natural granular caviar of salmon (n=16): chum salmon (n=4), pink salmon (n=4), trout (n=4), sockeye salmon (n=4), purchased from retail outlets in Kharkiv. Also, samples of imitation caviar (n=10) were studied, which were the objects of research in the forensic examination of food products conducted at National Scientific Center «Hon. Prof. M.S. Bokarius Forensic Science Institute» of the Ministry of Justice of Ukraine. The labeling of the imitation caviar indicated that it was natural caviar, but it did not meet the regulatory requirements for natural caviar. To detect the presence of artificial granular caviar in natural granular salmonid caviar, microscope slides containing homogenized caviar grains were stained with Lugol's solution.

The work substantiates and develops a method for detecting artificial granular caviar impurities in natural granular salmon caviar based on starch content by staining caviar grains with Lugol's solution with an exposure time of 1–1.5 minutes.

The method for detecting starch impurities in granular salmon caviar consists in homogenizing the studied granular caviar sample, adding 1–2 drops of Lugol's solution, covering it with a coverslip, keeping it for 1.0–1.5 minutes, microscopically examining it using a stereomicroscope (magnification ×5.5, eyepiece ×10), examining at least 3 fields of view, and calculating the arithmetic mean of the number of starch granules stained blue per 1 field of view. If there is no starch impurity in the caviar, no colored starch grains are observed in the field of view of the microscope.

The developed method can be employed to detect non-compliance of granular salmon caviar with

regulatory requirements for safety and quality. It is applicable in production laboratories of caviar plants, supermarkets, wholesale distributors, stores, state laboratories of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection, State Veterinary and Sanitary Control Laboratories at agro-food markets, laboratories at designated border inspection posts for express testing, laboratories of scientific and research institutions, and specialized forensic institu-

tions during forensic examinations of caviar in cases of suspected falsification. Using the developed method, it is possible to obtain qualitative and quantitative indicators for assessing the quality of granular salmon caviar.

Key words: forensic examination of food products, granular salmon caviar, quality, naturalness, falsification, diagnostic studies, criminal proceedings.



BY

Copyright: Козакова Н.О., Яценко І.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Козакова Н.О.

Яценко І.В.

<https://orcid.org/0009-0000-6617-3228>

<https://orcid.org/0000-0001-8903-2129>