

УДК 641.518:[639.385:597.551.21]:66.084.8  
DOI: 10.31866/2616-7468.5.2.2022.270108

**ПІДВИЩЕННЯ  
ЕФЕКТИВНОСТІ  
ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ  
ВІД ЛУСКИ ТУШОК  
КОРОПА *CYPRINUS  
CARPIO* ЗА РАХУНОК  
ВИКОРИСТАННЯ  
УЛЬТРАЗВУКОВОЇ  
ОБРОБКИ**

**Григорій Дейниченко,**  
доктор технічних наук,  
Державний біотехнологічний університет,  
Харків, Україна,  
deinychenkogv@ukr.net  
<http://orcid.org/0000-0003-3615-8339>  
© Дейниченко Г., 2022

**Віталій Червоний,**  
кандидат технічних наук,  
Харківський національний університет  
ім. В. Н. Каразіна,  
Харків, Україна,  
chervoniy.v@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-9085-2260>  
© Червоний В., 2022

**Віталій Кононикін,**  
аспірант,  
Державний біотехнологічний університет,  
Харків, Україна,  
kononykinbar@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5728-7207>  
© Кононикін В., 2022

**Василь Гузенко,**  
кандидат технічних наук,  
Державний біотехнологічний університет,  
Харків, Україна,  
zasada.avas.3@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0001-8407-2404>  
© Гузенко В., 2022

**Олександр Омельченко,**  
кандидат технічних наук,  
Донецький національний університет  
економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського,  
м. Кривий Ріг, Україна,  
omelchenko@donnuet.edu.ua  
<http://orcid.org/0000-0003-0704-5909>  
© Омельченко О., 2022

**Актуальність.** У статті наведено дані та обґрунтовано доцільність застосування ультразвукової обробки в процесі очищення від луски тушок ставкової риби промислового вилу на прикладі коропа. **Мета і методи.** Метою роботи є удосконалення процесу очищення тушок коропа *Cyprinus carpio* від луски із застосуванням ультразвукової обробки шляхом оцінки практичної моделі, що описує залежність сили зв'язку луска-шкіра риби. Під час досліджень були застосовані аналітичні, теоретичні та експериментальні методи з використанням контрольно-вимірювальної апаратури відповідної точності, стандартні методики дослідження харчової сировини, сучасні методи математичної статистики, кореляційного аналізу та комп'ютерних технологій. **Результати.** За результатами оцінки експериментальних даних підтверджено теоретичну залежність величини сили зв'яз-

ку луска-шкіра від маси тушок ставкової риби. Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити силу зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному та охолоджену стану і розрахувати на підставі експериментальних даних значення коефіцієнта  $k_3$  для коропа, при використанні якого можливо теоретичним шляхом розрахувати силу зв'язку луска-шкіра для тушок будь-яких вагових груп. Експериментальні дослідження дозволили зафіксувати зміну сили зв'язку луска-шкіра для тушок коропа промислового вилову при зберіганні в охолоджену вигляді. Встановлено, що ця величина змінюється незначно, і для розробки технічного завдання на апарат із видалення луски буде використана сила зв'язку луска-шкіра в нативному стані. Визначено динаміку зміни сили зв'язку луска-шкіра під впливом ультразвукової обробки рибної сировини. Виявлено, що найбільший вплив на зміну зв'язку луска-шкіра відбувається під час дії ультразвукових коливань частотою 22 кГц. Так, використання означеної частоти скорочує тривалість обробки на 27...34 % для коропа. Це явище можна пояснити тим, що обрана частота (22 кГц) має найбільшу амплітуду коливання торця ультразвукового випромінювача. **Висновки та обговорення.** Встановлено, що ультразвукова частота, маса тушок риби та тривалість обробки мають визначальний вплив на зусилля зв'язку луска-шкіра. Розраховано коефіцієнт зв'язку луска-шкіра для тушок коропа *Syprinus carpio* в нативному стані, значення якого дорівнює 2,29. Під час проведення експериментальних досліджень виявлено, що величина коефіцієнта зв'язку луска-шкіра для тушок коропа змінюється незначно, і для розробки технічного завдання на апарат із видалення луски буде використана сила зв'язку луска-шкіра в нативному стані. Найбільший вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукової обробки зафіксовано за частоти коливань 22 кГц. Перспективи подальших наукових розробок полягають в обґрунтуванні проведення комплексного процесу очищення тушок риби, зокрема, окрім луски, видалення і нутроців, що може впливати на зниження енергоємності та матеріалоемності відповідних процесів.

**Ключові слова:** ставкова риба промислового вилову, карп, луска, сила зв'язку луска-шкіра, ультразвук, хвиля, частота, пристрій ультразвуковий.

## Актуальність проблеми

*Постановка проблеми.* Організація процесу очищення риби від луски є проміжним етапом технологічної операції обробки риби, що є особливо характерною для ставкової риби. Внаслідок невиправданої агресії рф Україна опинилася у важкій економічній ситуації щодо забезпечення населення рибною сировиною. Активне використання місцевої ставкової риби промислового вилову шляхом організації повного та безвідходного процесу її переробки може бути одним із варіантів вирішення серйозної продовольчої проблеми.

Одним з основних чинників, що уповільнюють застосування ставкової риби для промислової переробки в напівфабрикати високого ступеня готовності і готову кулінарну продукцію, є наявність достатньо щільного лускового покриву, який необхідно усунути на стадії первинної обробки тушок для забезпечення мікробіологічної стабільності та надання необхідних органолептичних властивостей рибній сировині.

Луска утворює на тілі риби гнучкий панцир. Кожна лусочка утримується своєю основою в кишені верхнього шару дерми, а вільним кінцем налягає на наступну лусочку. Вона являє собою тонкі пружні фібрилярні пластинки, на нижньому боці яких містяться дрібні кристали гуаніну, придатного для виготовлення перлового пату, а самі лусочки на 80 % складаються з колагену, придатного для виготовлення клейових речовин.

Наявність луски на рибі дозволяє сформувати гладкість поверхні її тіла та запобігти утворенню складок шкіри. Луска вкрита слизом, який виділяють клітини шкіри риби для зменшення значення опору зустрічного потоку під час пересування у водяному середовищі.

Внаслідок різноманітності видового та вікового складу промислових риб, а також істотного відхилення по довжині, ширині й товщині для тушок риби навіть одного виду видалення луски є достатньо складним, енергоємним та трудомістким процесом.

*Стан вивчення проблеми.* Суттєвий внесок у дослідження процесу безвідходної переробки рибної сировини та формування теоретичних основ і практичних рекомендацій щодо удосконалення первинного процесу очищення рибної сировини зробили І. Пронін (2001), О. Черевко та ін. (2003), Т. Лебська та С. Козлова (2010), Н. Голембовська та ін. (2014), А. Мазаракі та ін. (2014), Г. Постнов та ін. (2018).

Дослідження останніх років спрямовані на удосконалення моделі впливу на тушку риби шляхом використання різноманітних фізичних явищ, подальше розширення застосування луски для мінімізації кількості відходів.

Зокрема, у статті R. Whaley (1991) описується вдосконалений метод очищення тушок риби від луски. Для видалення з поверхні тушок луски, слизу та інших сторонніх речовин у поєднанні з панкреатином використовувався додатковий механічний очишувач.

В роботі L. Renjie et al. (2020) досліджено процес видалення риб'ячої луски за допомогою водоструминної технології. За результатом комп'ютерного моделювання пропонується спеціально розроблена вигнута насадка, що відповідає кривизні перерізу тушок риби. Автори стверджують, що вигнута насадка також повинна бути придатною для інших операцій очищення вигнутої поверхні.

В матеріалах N. Manimehalai et al. (2019) проведено огляд сучасних конструкцій, що реалізують процеси очищення тушок риби – як ручного інвентаря, так і механічного устаткування. Авторами зазначено, що на сьогоднішній день залишається невирішеною проблема очищення тушок риби з мінімальним впливом на поверхню її шкіри.

*Невирішені питання.* Враховуючи, що сучасні підприємства харчової промисловості та ресторани прагнуть зробити технології на умовах Waste free, постає питання щодо розробки інноваційних способів очищення тушок риби без механічних ушкоджень шкіряного покриву, що розширить можливості застосування всіх продуктів переробки ставкової риби. Таким чином, використання ультразвукової обробки може бути доцільним із метою удосконалення процесу очищення рибної сировини, що може позитивно впливати на підвищення ефективності реалізації відповідних процесів у галузі.

### **Мета і методи дослідження**

*Мета статті* – удосконалення процесу очищення тушок коропа *Cyprinus carpio* від луски із застосуванням ультразвукової обробки шляхом оцінки практичної моделі, що описує залежність сили зв'язку луска-шкіра риби.

*Методологічною основою дослідження* є аналіз якісних характеристик практичної моделі, що відображає залежність сили зв'язку луска-шкіра на прикладі

ставкової риби промислового вилову та зміни, викликані механізмом накладання ультразвукових коливань.

*Об'єктом дослідження* є ультразвукові технології очищення тушок риби від луски.

*Предметом дослідження* є тушки коропа *Cyprinus carpio* та луска з нього.

*Методи дослідження* – інформаційного аналізу, структурно-механічний, із використанням авторських методик, статистичний тощо.

*Наукова новизна* одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні доцільності та оцінці ефективності параметрів процесу очищення тушок ставкової риби промислового вилову від луски за допомогою ультразвукових коливань. Практичне значення одержаних результатів виявляється у використанні результатів у процесі апаратного оформлення процесу очищення тушок риби промислового вилову.

*Інформаційна база дослідження* – монографії, дисертації, навчальні посібники, наукові статті, нормативно-технічна документація, патенти, авторські свідоцтва тощо.

### Результати дослідження

Ефективність процесу очищення тушок риби від луски залежатиме від певних факторів, зокрема стану самої риби (нативний чи охолоджений), характеру сили зв'язку луски з поверхнею шкіри тушки риби, а при використанні ультразвукових коливань – безпосередньо акустичних параметрів хвилі, що застосовується для обробки.

На першому етапі під час дослідження сили зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані було висунуто гіпотезу, що зусилля  $F$ , необхідне для зняття луски, пропорційне квадрату характерного розміру тушки  $l$ , що можна записати у вигляді математичної моделі:

$$F \approx k_1 \cdot l^2, \quad (1)$$

де  $F$  – зусилля на відрив луски (величина зв'язку луска-шкіра), Н;

$k_1$  – коефіцієнт пропорційності, Н/м<sup>2</sup>;

$l$  – характерний розмір тушки риби, наприклад, товщина середньої частини, м.

Проте об'єм тушки, отже, і її маса будуть пропорційні кубу характерного розміру тушки, що дає можливість записати модель у певному наближенні:

$$M \approx k_2 \cdot l^3, \quad (2)$$

де  $M$  – маса тушки риби промислового вилову, кг.

З моделей (1) та (2) випливає, що

$$F \approx k_3 \cdot M^{2/3}. \quad (3)$$

Сила зв'язку луска-шкіра залежить від величини коефіцієнта міцності зчеплення луски з тушкою різних видів риби. Отже, величиною цієї константи можна кількісно охарактеризувати міцність утримання луски тушкою. Ця величина необхідна для розрахунків параметрів апарата з видалення луски. Зокрема, визначивши її для різних видів риби, можна розрахувати теоретичну силу зв'язку луска-шкіра для тушок необхідної маси. Отже, теоретична залежність величини

сили зв'язку луска-шкіра від маси тушок ставкової риби має вигляд, що представлений на рис. 1.

Розроблена експериментальна установка (Червоний та ін., 2021) дозволила з достатньою точністю вимірювати силу зв'язку луска-шкіра в початковому стані для тушок коропа різної маси. При цьому дослідженню піддавалися тушки риби, яка присипляється безпосередньо перед проведенням експерименту; період від моменту припинення життєдіяльності до моменту зняття показання не перевищував 4...5 хв.

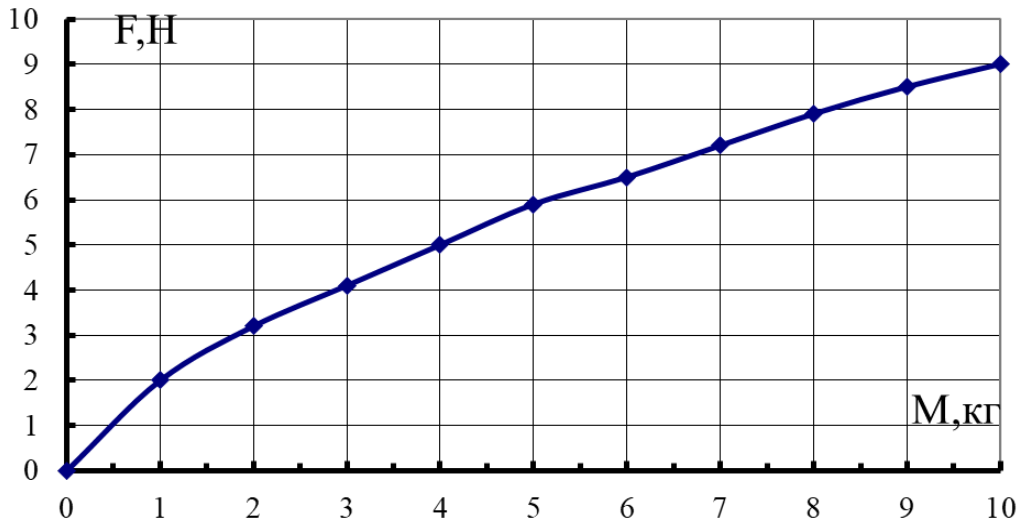


Рис. 1. Теоретична залежність сили зв'язку луска-шкіра F від маси тушок  
Джерело: власна розробка

Рис. 1. Theoretical dependence of the strength of the scale-skin F connection  
on the carcass mass  
Source: own elaboration

Таким чином, отримані дані можна вважати найбільш близькими до сили зв'язку луска-шкіра у живої риби, оскільки зняти дані безпосередньо з тушок живої риби на цій експериментальній установці фактично не є можливим.

Отримані експериментальним шляхом дані дозволили виявити залежність сили зв'язку луска-шкіра від маси тушок ставкової риби промислового вилову. Динаміка зміни сили зв'язку луска-шкіра для ставкової риби залежно від маси тушок наведена на рис. 2.

Аналіз отриманої залежності свідчить про те, що в процесі збільшення маси тушок відбувається зростання сили зв'язку луска-шкіра.

Незначне відхилення даних, отриманих експериментально, від теоретичної залежності виявлено для тушок риби масою 0,3...0,4 кг. Ймовірно, це обумовлено тим, що в початковий період росту тушки риби відбуваються процеси активних змін її будови, які не збігаються із процесами росту тушки на другому і третьому році життя.

Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити силу зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані і розрахувати на підста-

ві експериментальних даних значення коефіцієнта  $k_3$  для коропа, при використанні якого можливе теоретичним шляхом розрахувати силу зв'язку луска-шкіра для тушок будь-яких вагових груп. Для коропа значення  $k_3$  становить 2,29.

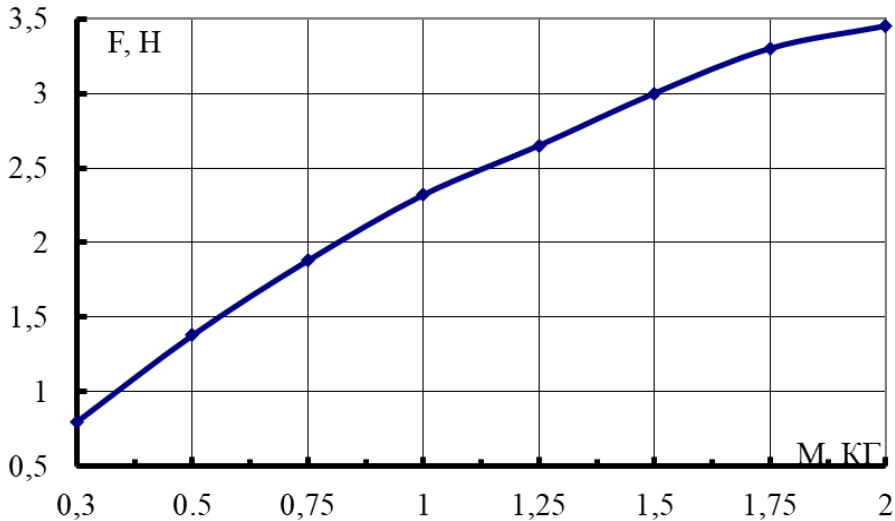


Рис. 2. Залежність сили зв'язку луска-шкіра від маси тушок коропа в нативному стані  
Джерело: власна розробка

Рис. 2. Dependence of the connection strength of the scale-skin on the carp carcass mass in the native state  
Source: own elaboration

У реальних умовах виробництва досить рідко доводиться мати справу з живою рибою, оскільки в основному рибопереробні підприємства віддалені від нагульних ставків, і виникає необхідність короткочасного зберігання риби та транспортування до місць її переробки. При цьому на переробку надходить заснула або охолоджена риба, яка відповідає вимогам державних стандартів. Отже, актуальним є дослідження сили зв'язку луска-шкіра не тільки для заснулої, а й для охолодженої ставкової риби.

На наступному етапі було проведено дослідження зміни сили зв'язку луска-шкіра при зберіганні ставкової риби в охолодженому вигляді.

Авторами були проведені дослідження з визначення сили зв'язку луска-шкіра для коропа, який зберігався після усилення в холодильній камері при температурі 6 °С протягом 48 год. Через кожну годину відбиралися тушки риби і піддавалися дослідженню на експериментальній установці. Результати проведених досліджень представлені на рис. 3.

В результаті досліджень, проведених для коропа, було відзначено, що залежність сили зв'язку луска-шкіра від часу зберігання в охолодженому вигляді для тушок коропа різної маси представляється характерною кривою, яку можна умовно розділити на дві ділянки.

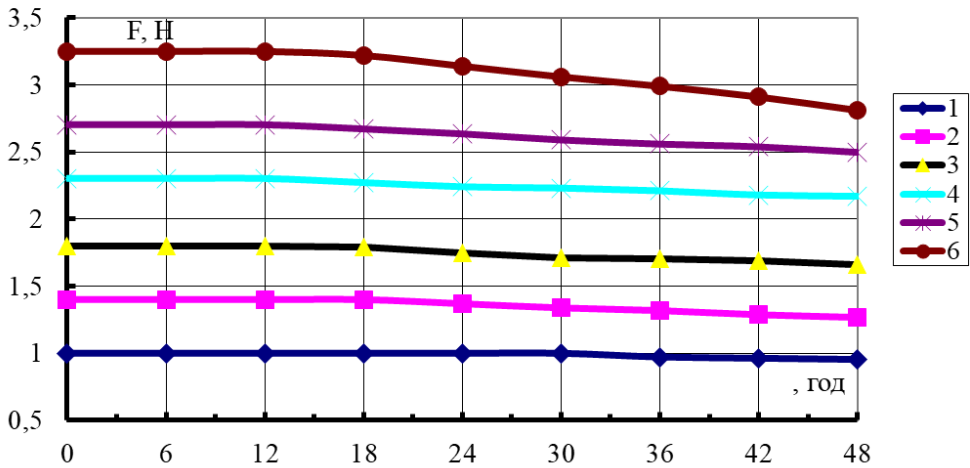


Рис. 3. Зміна сили зв'язку луска-шкіра для коропа при зберіганні,  $t = 6^\circ\text{C}$ :  
1 –  $m = 0,5$  кг; 2 –  $m = 0,75$  кг; 3 –  $m = 1,0$  кг; 4 –  $m = 1,25$  кг; 5 –  $m = 1,5$  кг; 6 –  $m = 1,8$  кг  
Джерело: власна розробка

Pic. 3. Change in the strength of the scale-skin connection for carp in conditions of storage,  
 $t = 6^\circ\text{C}$ : 1 –  $m = 0.5$  kg; 2 –  $m = 0.75$  kg; 3 –  $m = 1.0$  kg; 4 –  $m = 1.25$  kg; 5 –  $m = 1.5$  kg; 6 –  $m = 1.8$  kg  
Source: own elaboration

Перша ділянка – період зберігання в перші 6...8 год. Отримані експериментальні дані показують, що сила зв'язку луска-шкіра на цьому етапі практично не змінюється, оскільки розсіювання отриманих даних перебуває в межах похибки вимірювання. На підставі цього можна судити про те, що активність процесів зміни білкових сполук, що утримують лусочку, перші 6...8 год зберігання при температурі  $6^\circ\text{C}$  не спостерігається. Друга ділянка, від 6...8 год і до закінчення всього терміну зберігання тушок (48 год), обрано згідно з технологічними вимогами на рибу охолоджену (Сирохман та ін., 2014). Експериментальні дані показують, що на цьому етапі спостерігається ослаблення зв'язку луска-шкіра, проте швидкість ослаблення зв'язку невелика.

Можна констатувати, що за таких умов зберігання відбуваються незворотні процеси ослаблення білкових сполук лускатої сумки шкіри риб. Через 48 год зберігання сила зв'язку луска-шкіра зменшується на 5...8 % від початкового значення. Відзначено, що для великої риби цей відсоток вищий, ніж для дрібної.

Проведені експериментальні дослідження дозволили зафіксувати зміну сили зв'язку луска-шкіра для тушок коропа промислового вилову при зберіганні в охолоджену вигляді. Встановлено, що ця величина змінюється незначно, і для розробки технічного завдання на апарат із видалення луски буде використана сила зв'язку луска-шкіра в нативному стані.

На заключному етапі експериментальних досліджень було визначено динаміку зміни сили зв'язку луска-шкіра під впливом ультразвукової обробки рибної сировини.

Відповідні дослідження були проведені на базі Державного біотехнологічного університету з використанням експериментальної установки УЗДН-2Т. Дослідження проводили із застосуванням магнітострикційних випромінювачів, що випромінювали ультразвукові коливання частотою 15 кГц, 22 кГц та 35 кГц. Ефективність

використання ультразвукових хвиль із запропонованого ряду обумовлена умовою виникнення в рідких технологічних середовищах режиму розвинутої кавітації та пов'язаних із нею явищ, таких як ударні хвилі, мікротечії, акустична турбулентність.

Згідно з ДСТУ 2284:2010 «Риба жива. Загальні технічні вимоги» короп поділяється за масою на три групи: звичайний – 0,3...0,8 кг, великий – 0,8...1,5 кг, короп відбірний – 1,5 кг та більше. Ці три вагові групи риб були оброблені ультразвуковими хвилями. Результати досліджень для коропа наведені на рис. 4–6.

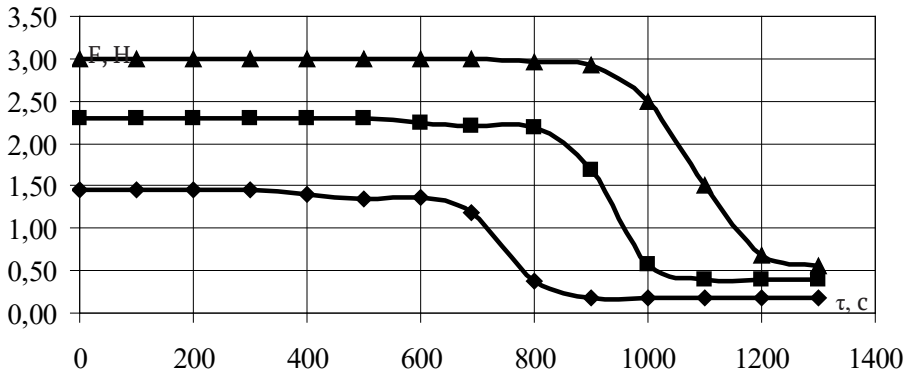


Рис. 4. Залежність сили зв'язку луска-шкіра для коропа від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 15 кГц): 1 –  $m = 0,5$  кг; 2 –  $m = 1,0$  кг; 3 –  $m = 1,5$  кг  
Джерело: власна розробка

Рис. 4. Dependence of the strength of the scale-skin connection for carp on the duration of ultrasonic processing (ultrasonic waves frequency 15 kHz):  
1 –  $m = 0.5$  kg; 2 –  $m = 1.0$  kg; 3 –  $m = 1.5$  kg  
Source: own elaboration

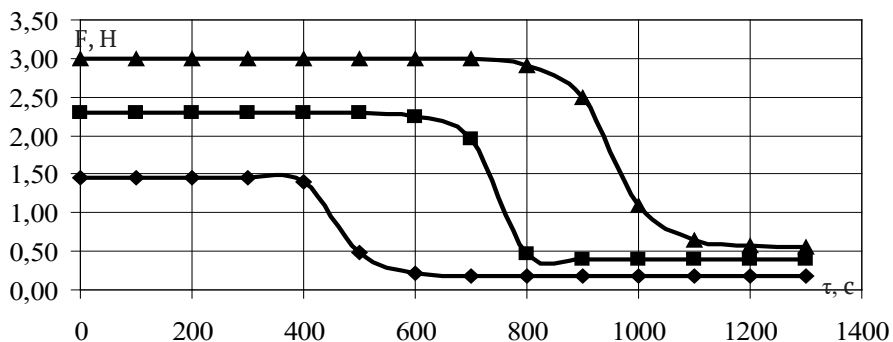


Рис. 5. Залежність сили зв'язку луска-шкіра для коропа від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 22 кГц): 1 –  $m = 0,5$  кг; 2 –  $m = 1,0$  кг; 3 –  $m = 1,5$  кг  
Джерело: власна розробка

Рис. 5. Dependence of the strength of the scale-skin connection for carp on the duration of ultrasonic processing (ultrasonic waves frequency 22 kHz): 1 –  $m = 0.5$  kg; 2 –  $m = 1.0$  kg; 3 –  $m = 1.5$  kg  
Source: own elaboration



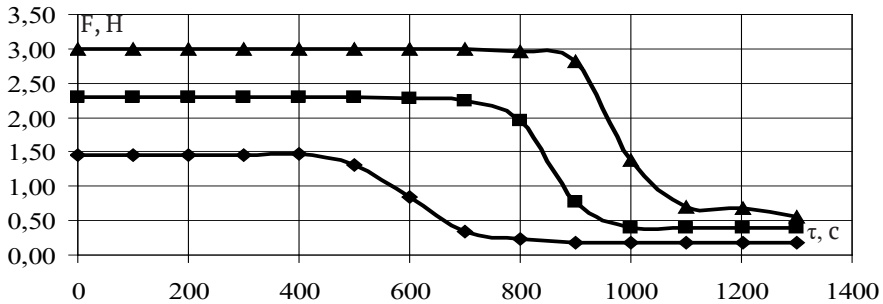


Рис. 6. Залежність сили зв'язку луска-шкіра для коропа від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 35 кГц): 1 –  $m = 0,5$  кг; 2 –  $m = 1,0$  кг; 3 –  $m = 1,5$  кг  
Джерело: власна розробка

Рис. 6. Dependence of the strength of the scale-skin connection for carp on the duration of ultrasonic processing ( ultrasonic waves frequency 35 kHz): 1–  $m = 0.5$  kg;  
2 –  $m = 1.0$  kg; 3 –  $m = 1.5$  kg  
Source: own elaboration

За результатами дослідження виявлено, що найбільший вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукових коливань має частота 22 кГц. Так, використання означеної частоти скорочує тривалість обробки на 27...34 % для коропа. Це явище можна пояснити тим, що обрана частота (22 кГц) має найбільшу амплітуду коливання торця ультразвукового випромінювача. Так, дослідження довели, що для ультразвукового випромінювача з частотою 22 кГц амплітуда коливань торця дорівнює 68 мкм, для 15 кГц – 50 мкм, для 35 кГц – 48 мкм.

Відповідні результати можуть бути використані в процесі апаратного оформлення процесу очищення тушок риби промислового вилову.

### Висновки та обговорення результатів

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що ультразвукова частота, маса тушок риби та тривалість обробки мають визначальний вплив на зусилля зв'язку луска-шкіра.
2. Розраховано коефіцієнт зв'язку луска-шкіра для тушок коропа *Cyprinus carpio* в нативному стані, значення якого дорівнює 2,29.
3. Під час проведення експериментальних досліджень виявлено, що величина коефіцієнта зв'язку луска-шкіра для тушок коропа змінюється незначно, і для розробки технічного завдання на апарат із видалення луски буде використана сила зв'язку луска-шкіра в нативному стані.
4. Найбільший вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукової обробки зафіксовано за частоти коливань 22 кГц.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні доцільності та оцінці ефективності параметрів процесу очищення тушок ставкової риби промислового вилову від луски за допомогою ультразвукових коливань.

Практичне значення одержаних результатів виявляється у використанні результатів під час апаратного оформлення процесу очищення тушок риби промислового вилову.

Перспективи подальших наукових розробок полягають в обґрунтуванні проведення комплексного процесу очищення тушок риби, зокрема, окрім луски, видалення і нутрощів, що може впливати на зниження енергоємності та матеріалоємності відповідних процесів.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

---

- Голембовська, Н., & Лебська, Т. (2014). Харчова цінність коропа і товстолобика осіннього вилову. *Продовольча індустрія АПК*, 2, 11–15.
- Лебська, Т. К., & Козлова, С. Л. (2010). Визначення біологічної цінності білка фаршевих виробів із гідробіонтів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1(11), 300–308.
- Мазаракі, А. А., Лебська, Т. К., Сидоренко, О. В., Ніколаєнко, С. М., & Прикульська, Н. В. (2014). *Інноваційні технології переробки риби* [Монографія]. Київський національний торговельно-економічний університет; Національний університет біоресурсів і природокористування України.
- Постнов, Г. М., Червоний, В. М., Максименко, М. М., Гулий, А. В., Омельченко, О. В., & Апанасенко, А. І. (2018). Перспективи використання технології глибокої переробки ставкової риби. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 2, 59–65.
- Пронін, І. О. (2001). *Розробка процесів тривалого зберігання та видалення луски з тушок ставкової риби* [Автореферат дисертації кандидата технічних наук, Харківська державна академія технології та організації харчування].
- Сирохман, І. В., Родак, О. Я., & Турчиняк, М. К. (2014). *Товарознавство рибних і морепродуктів*. Растр–7.
- Червоний, В. М., Кононикін, В. Д., & Перекрест, В. В. (2021). Експериментальні дослідження електрофізичного процесу очищення тушок ставкової риби. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 1(42), 122–127.
- Черевко, О. І., Постнов, Г. М., & Пронін, І. О. (2003). *Нові напрями переробки ставкової та океанічної риби в кулінарну продукцію* [Монографія]. Харківська державна академія технології та організації харчування.
- Manimehalai, N., Tanveer, M., Sivakumar, M., Sabanayagam, S., & Jagan, P. (2019). Fish descalers: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(1), 89–95.
- Renjie, L., Xiaochen, L., Jin-shi, L., & Zhang, X. (2020). Design and simulation of curved nozzle for removing the fish scale by the water jet. *University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin. Series D*, 82(1), 111–120.
- Whaley, R. A. (1991). An Improved Technique for Cleaning Fish Scales. *North American Journal of Fisheries Management*, 11(2), 234–236.

## REFERENCES

---

- Cherevko, O. I., Postnov, H. M., & Pronin, I. O. (2003). *Novi napriamy pererobky stavkovoї ta okeanichnoi ryby v kulinarnu produktsiui* [New trends in the processing of pond and ocean fish into culinary products] [Monograph]. Kharkiv State Academy of Food Technology and Management [in Ukrainian].

- Chervonyi, V. M., Kononykin, V. D., & Perekrest, V. V. (2021). Eksperymentalni doslidzhennia elektrofizychnoho protsesu ochyshchennia tushok stavkovoi ryby [Experimental research of the electrophysical process of cleaning pond fish carcasses]. *Food production equipment and technologies*, 1(42), 122–127 [in Ukrainian].
- Golembovska, N., & Lebska, T. (2014). Kharchova tsinnist koropa i tovtolobyka osinnoho vylovu [Comparative characteristics nutritional value of carp and silver carp cyprinus carpio hypophthalmichthys spp. autumn catch]. *Prodovolcha industriia APK*, 2, 11–15 [in Ukrainian].
- Lebska, T. K., & Kozlova, S. L. (2010). Vyznachennia biolohichnoi tsinnosti bilka farshevykh vyrobiv iz hidrobiontiv [Determination of the biological value of the protein of mincemeat products from hydrobionts]. *Progressive technique and technologies of food production enterprises, catering business and trade*, 1(11), 300–308 [in Ukrainian].
- Manimehalai, N., Tanveer, M., Sivakumar, M., Sabanayagam, S., & Jagan, P. (2019). Fish descalers: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(1), 89–95 [in English].
- Mazaraki, A. A., Lebska, T. K., Sydorenko, O. V., Nikolaienko, S. M., & Prytulska, N. V. (2014). *Innovatsiini tekhnolohii pererobky ryby* [Innovative technologies of fish processing] [Monograph]. Kyiv National University of Trade and Economics; National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
- Postnov, G. M., Chervonyi, V. M., Maksimenko, M. M., Gulyi, A. V., Omelchenko, O. V., & Apanasenko, A. I. (2018). Perspektyvy vykorystannia tekhnolohii hlyboko pererobky stavkovoi ryby [Perspectives of deep processing technology applying of pond fish]. *Food production equipment and technologies*, 2, 59–65 [in Ukrainian].
- Pronin, I. O. (2001). *Rozrobka protsesiv tryvalo zberihannia ta vydalennia lusky z tushok stavkovoi ryby* [Development of processes for long-term storage and removal of scales from pond fish carcasses] [Abstract of PhD Dissertation, Kharkiv State Academy of Food Technology and Management] [in Ukrainian].
- Renjie, L., Xiaochen, L., Jin-shi, L., & Zhang, X. (2020). Design and simulation of curved nozzle for removing the fish scale by the water jet. *University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin. Series D*, 82(1), 111–120 [in English].
- Syrokhan, I. V., Rodak, O. Ya., & Turchyniak, M. K. (2014). *Tovaroznavstvo rybnykh i moreproduktiv* [Commodity science of fish and seafood]. Rastr-7 [in Ukrainian].
- Whaley, R. A. (1991). An Improved Technique for Cleaning Fish Scales. *North American Journal of Fisheries Management*, 11(2), 234–236. [in English].

Стаття надійшла до редакції 4.11.22 р.

UDC 641.518:[639.385:597.551.21]:66.084.8

**Hryhorii Deinychenko,**  
Doctor of Technical Sciences,  
State Biotechnology University,  
Kharkiv, Ukraine,  
deinychenkogv@ukr.net  
<http://orcid.org/0000-0003-3615-8339>

**Vitalii Chervonyi,**  
PhD in Technical Sciences,  
V. N. Karazin Kharkiv National University,  
Kharkiv, Ukraine,  
chervonyi.v@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-9085-2260>

**Vitalii Kononykin,**  
Postgraduate student,  
State Biotechnology University,  
Kharkiv, Ukraine  
kononykinbar@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5728-7207>

**Vasyl Huzenko,**  
PhD in Technical Sciences,  
State Biotechnology University,  
Kharkiv, Ukraine,  
zasada.avas.3@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0001-8407-2404>

**Oleksandr Omelchenko,**  
PhD in Technical Sciences,  
Donetsk National University of Economics  
and Trade named after M. Tuhon-Baranovskyi,  
Kryvyi Rih, Ukraine,  
omelchenko@dommuet.edu.ua  
<http://orcid.org/0000-0003-0704-5909>

## EFFICIENCY IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF CLEANSING FROM SCALE THE CARP CARCASS *CYPRINUS CARPIO* WITH ULTRASONIC PROCESSING USE

**Topicality.** The article presents data and substantiates the feasibility of ultrasonic processing use while cleansing the carcass of commercially caught pond fish from scale on the example of carp. **Purpose and methods.** The aim of this research is to improve the process of cleansing carp *Cyprinus carpio* carcass from scale using ultrasonic processing by estimating the practical model that describes the relationship strength scale-skin fish. In the course of the study, analytical, theoretical and experimental methods have been applied, using control and measuring equipment of appropriate accuracy, standard methods for examining food raw materials, modern methods of mathematical statistics, correlation analysis, and computer technologies. **Results.** Based on the results of experimental data evaluation, the theoretical dependence of the scale-skin bond strength on the mass of pond fish carcass has been confirmed. The conducted experimental studies made it possible to determine the strength of the scale-skin bond for pond fish carcass in the native and chilled states, and to calculate, based on the experimental data, the value of the  $k_3$  coefficient for carp. While using this, it becomes possible to

calculate the strength of the scale-skin bond for carcass of any weight group in theoretical way. Experimental studies gave an opportunity to fix the change in the strength of the scale-skin bond for carp carcass of industrial catch in conditions of storage in a chilled form. This dimension was found to vary a little, and the scale-skin bond strength in the native state could be used in order to elaborate the specification for the scale removal device. The dynamics of changes in the strength of the scale-skin bond under the influence of ultrasonic processing of fish raw materials was determined. It was revealed that the greatest influence on the change in the scale-skin bond was exposed to ultrasonic vibrations with a frequency of 22 kHz. So, the use of the specified frequency reduced the processing time by 27...34% for carp. This phenomenon can be explained by the fact that the selected frequency (22 kHz) has the highest oscillation amplitude of ultrasonic end of the emitter. **Conclusions and discussion.** It has been established that the ultrasonic frequency, the mass of fish carcass and the duration of processing have a decisive influence on the efforts of the scale-skin bond. The scale-skin bond ratio for *Cyprinus carpio* carp carcass in the native state was calculated, the value of which is 2,29. During the experimental studies, it was highlighted that the magnitude of the scale-skin bond coefficient for carp carcass changes insignificantly, and the strength of the scale-skin bond in the native state can be used to elaborate the terms of reference for the apparatus for removing scales. The greatest influence on the change in the scale-skin connection in conditions of ultrasonic processing was recorded at an oscillation frequency of 22 kHz. Prospects for further scientific research are to found the implementation of a complex process for cleansing fish carcass from scale, in particular, removing the fish guts, which can affect the reduction in the energy content and material consumption of the corresponding processes.

**Keywords:** commercially caught pond fish, carp, scale, scale-skin bond strength, ultrasound, wave, frequency, ultrasonic device.