

*Червоний В. М., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>**Кононикін В. Д., аспірант<sup>1</sup>**Перекрест В. В., асистент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ТУШОК СТАВКОВОЇ РИБИ

UDC 621.789:664.9.022

*Chervonyi V. M., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>**Kononykin V. D., Graduate Student<sup>1</sup>**Perekrest V. V., Assistant Professor<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Ukraine e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

<sup>2</sup> Mykhailo Tuhon-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: perekres@donnuet.edu.ua.

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE ELECTROPHYSICAL PROCESS OF CLEANING POND FISH CARCASSES

**Мета.** Мета статті полягає в дослідженні способу очищення тушок ставкової риби з використанням ультразвукової обробки. Дослідження відповідного процесу дозволить отримати раціональні параметри, що сприятимуть інтенсифікації технологічного процесу очищення ставкової риби від луски та нутроців.

**Методи.** У процесі досліджень використано експериментальні методи досліджень з використанням контрольно-вимірювальної апаратури відповідної точності, стандартні методи дослідження харчової сировини, сучасні методи математичної статистики.

**Результати.** Запропоновано для очищення риби використовувати електрофізичну обробку. Проведено аналіз сучасного стану процесів та апаратів для переробки ставкової риби. Визначено, що застосування магнітострикційного перетворювача з резонансною частотою випромінювання стандартного ряду, що випускалися та випускаються промисловістю призводить до зменшення витрат на виробництво відповідного обладнання, а отже, і на зниження собівартості очищених тушок риби. Визначено, що механічний вплив дії ультразвукових хвиль високої інтенсивності (до 5 Вт/см<sup>2</sup>) викликає порушення цілісності білків сполучної тканини лускових сумок, що відповідно знижують зусилля відриву луски від поверхні риби. Для проведення досліджень розроблено конструкцію експериментальної установки з метою вивчення показників процесу відриву луски з поверхні шкіри риби. Під час дослідження процесу очищення тушок коропа від луски було отримано залежність зусилля відриву луски залежно від тривалості обробки ультразвуковими хвилями для тушок риби різного типорозміру — до 0,5 кг, до 1,0 кг, до 1,5 кг. За результати дослідження виявлено вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукових коливань частотою 22 кГц для різних типорозмірів тушок риб. Так, використання означеної частоти скорочують тривалість обробки на 27...34 % для коропа. Отримані дані будуть використані під час дослідження процесу видалення нутроців досліджуваних видів ставкової риби для запровадження ресурсозберігальних процесів переробки. Реалізація результатів дослідження дозволяє впровадити комплексну технологію переробки ставкової риби, видалення луски та використання шкіри риб під час виробництва шкіргалантерейних виробів.

Надійшла до редакції 12.04.2021 р.

© В. М. Червоний, В. Д. Кононикін,  
В. В. Перекрест, 2021

**Ключові слова:** риба ставкова, очищення, луска, нутрощі, ультразвук, коливання, частота.

**Постановка проблеми.** Очищення ставкової риби є ресурсовитратним процесом, тому що він відбувається за декількома напрямками: по-перше — це очищення тушок риби від луски, по-друге — очищення від нутрощів.

Очищення риби від луски є проміжним етапом технологічної операції обробки риби. Основна мета очищення риби від луски — це забезпечення мікробіологічної стабільності та надання необхідних органолептичних властивостей рибній сировині.

Одним з основних чинників, що перешкоджають використанню ставкової риби для промислової переробки в напівфабрикати і готові кулінарні вироби, є наявність щільного лускатого покриття, який необхідно видаляти на стадії первинної обробки тушок. Луска утворює на тілі риби гнучкий панцир. Кожна лусочка утримується своєю основою в кишені верхнього шару дерми, а вільним кінцем налягає на наступну лусочку. Луска являє собою тонкі пружні фіблярні пластинки, на нижньому боці яких знаходяться дрібні кристали гуаніну, придатного для виготовлення перлового пату, а самі лусочки на 80 % складаються з колагену, придатного для виготовлення клейових речовин [1].

Луска — це тверді метамерні пластинки риби, що виконують захисну функцію. Луска забезпечує гладкість поверхні тіла і запобігає виникненню складок шкіри. Розрізняють декілька типів луски, основними з яких є три: плакоїдна, ганоїдна й еласмоїдна. Плакоїдна луска складається з дентину, а зверху вкрита емаллю. Ганоїдна луска сформована кістяними пластинками, що зверху вкриті шаром схожої на дентин речовини — ганоїдину. Для кистеперих риб характерна космоїдна луска, зовнішня поверхня якої утворена шаром косміну, а поверх нього дентину. Луска вкрита слизом, який виділяє шкіра для зменшення опору зустрічного потоку води.

Видовий та віковий склад промислових риб різноманітний; тушки мають значні відхилення по довжині, ширині й товщині. Унаслідок цього видалення луски є надзвичайно складним і трудомістким процесом.

Істотно впливатиме на можливість комплексної переробки ставкової риби вирішення проблеми очищення ставкової риби шляхом одночасного відділення луски з поверхні тушок риби та нутрощів.

Ураховуючи, що сучасні підприємства прагнуть зробити технології безвідходними, постає питання щодо розробки інноваційних способів очищення тушок риби без механічних пошкоджень шкірного покриття, що дасть можливість збільшити прибутковість підприємств за рахунок більш повного використання ресурсів. У зв'язку з цим, упровадження ультразвукової обробки може бути доцільним із метою раціонального використання рибної сировини, що може сприяти вирішенню завдань галузі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Ґрунтуючись на дослідженнях І. Е. Ельпінера, В. М. Хмелева, Г. М. Постнова [2–4], присвячених питанню використання ультразвуку, заснованого на властивостях і специфічності впливу ультразвукових коливань на масообмінні процеси, можна висунути гіпотезу, що як основу ультразвукової обробки риби можна використати енергетичний вплив ультразвукових коливань на клітинну структуру риби, за якого відбуваються як змінні процеси у м'язових волокнах, так і активація ферментного комплексу, що інтенсифікує процеси деструкції сполученої тканини і зменшує витрати енергетичних ресурсів.

У рибній промисловості використовуються лускоочисні машини, які обробляють рибу поштучно, та машини (лускоочисні барабани), які не потребують ручного орієнтування та поштучної подачі риби. Проте зазначені пристрої засновані на принципі грубого механічного впливу на лускатий покрив тушок риби за допомогою металевих фрез або абразивної поверхні [5]. Це призводить до пошкодження шкірного покриття тушок, окремі ділянки тушок залишаються недоочищеними і вимагають значних трудовитрат.

Розроблені також способи видалення луски повітрям, водою та змішаним струменем. Проте широке застосування даних способів не доцільне через високий тиск у пристроях,

а також неможливість рівномірно обробляти тушки риби водно-повітряним струменем. Існує спосіб ферментативного видалення луски разом зі шкірою і нутрощами шляхом впливу на шматочки риби протосубтиліну [7]. Проте під час реалізації зазначеного способу втрачається така цінна технічна сировина як шкіра риби.

Відомі також термічні способи видалення луски разом зі шкірою [8]. Аналіз показав, що їм властиві такі недоліки: шкіра втрачає харчовий та технічний потенціал і потрапляє у відходи, втрачається шар жиру та поверхневий шар риби починає проварюватися.

Таким чином, головним недоліком діючих технологій переробки ставкової риби є нерациональне використання харчового та технічного потенціалу сировини. Невирішеним питанням залишається удосконалення процесу очищення шляхом впровадження на відповідному етапі процесу видалення нутрощів.

**Мета статті.** Мета статті полягає в дослідженні способу очищення тушок ставкової риби з використанням ультразвукової обробки для отримання раціональних параметрів, що сприятимуть інтенсифікації технологічного процесу очищення ставкової риби від луски та нутрощів.

Предметом дослідження було обрано коропа, товстолобика та білого амура, які є основними видами ставкової риби, що вирощуються в Україні. Так, за даними Держстату України ставковий фонд становить близько 190 000 га водної площі, з них зариблена близько 85 000 га; щорічний вилов риби в них — близько 40 000 т.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В основу дослідження було поставлено завдання удосконалення способу очищення ставкової риби за рахунок залучення електрофізичних методів обробки.

Перший етап процесу очищення планується проводити з використанням ультразвукової обробки. Авторами запропоновано, щоб процес відбувався наступним чином: на першому етапі необхідно провести занурення тушок риби у воду, їх витримку та видалення луски за допомогою м'яких щіток у напрямі від голови до хвоста. Відмінність способу полягає в тому, що тушки риби у воді обробляють ультразвуковими хвилями стандартним рядом частот (15 кГц, 22 кГц, 35 кГц) тривалістю опромінення упродовж 400...1400 с з інтенсивністю до 5 Вт/см<sup>2</sup>.

Спосіб здійснюється таким чином. Тушки риби занурюють у ємність з водою та ультразвуковими випромінювачами, за допомогою яких відбувається обробка тушок риби ультразвуковими хвилями з інтенсивністю випромінювання 5 Вт/см<sup>2</sup> та відповідною частотою. Тушку риби витримують протягом 400...1400 с. У результаті цього відбувається вплив на білки сполучної тканини лускатої сумки та послаблення зв'язку між лускою та тушкою риби, після цього луска риби видаляється м'якими щітками у напрямі від голови до хвоста, тим самим не пошкоджуючи шкірного покриву риби, що зменшує кількість відходів.

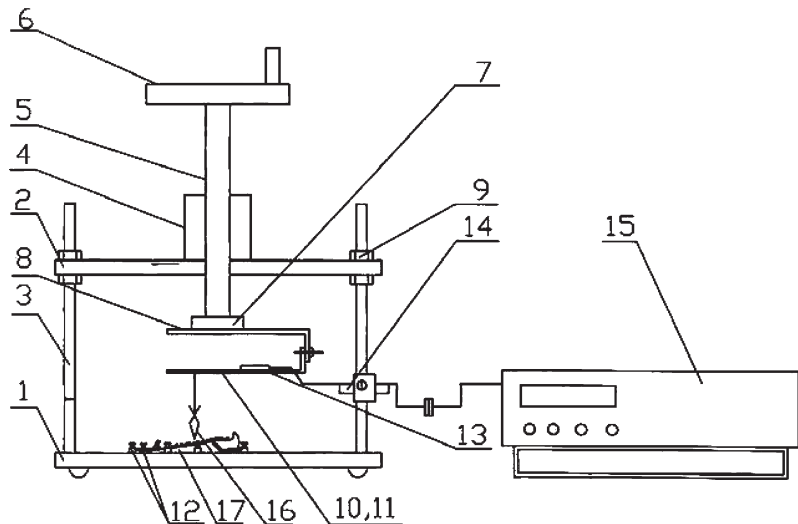
Обрання значення частоти ультразвукових хвиль на рівні стандартних частот з переліку ряду частот магнітострикційних випромінювачів, що випускалися та випускаються промисловістю зумовлено тим, що відповідний процес відбувається за рахунок мінімальних значень частоти ультразвукових коливань [9]. Це приводить до зменшення витрат на виробництво відповідного обладнання, а отже, і на зниження собівартості очищених тушок риби.

Обрана частота має найбільшу амплітуду коливання торця ультразвукового випромінювача, що збільшує енергетичний вплив на оброблювальну сировину. Так, дослідженнями доведено, що для ультразвукового магнітострикційного випромінювача з частотою 22 кГц амплітуда коливань торця випромінювача дорівнює 68 мкм, для 15 кГц — 50 мкм, для 35 кГц — 48 мкм.

Механічний вплив дії ультразвукових хвиль високої інтенсивності (до 5 Вт/см<sup>2</sup>) викликає порушення цілісності білків сполучної тканини лускових сумок, що відповідно знижують зусилля відриву луски від поверхні риби.

Для дослідження процесу відриву луски з лускової сумки риби було розроблено та створено експериментальну установку. Установка складається з наступних елементів (рис. 1).

Нерухома нижня пластина 1 поєднує закріплені на ній чотири стійки 3, на яких нарізано різьбу, та утримувачів зразка 12. На стійках за допомогою гайок регулювання висоти закріплено верхню опору 2 з можливістю її руху вгору чи вниз відповідно до дослідного зразка. На опорі 2 нерухомо зварено пряму втулку 4, у внутрішній частині якої вгвинчено стрижень 5, на одному боці якого закріплено рукоять для обертання 6, а на другому — рухомий шарнір 7. По всій довжині стрижня 5 виконана різьба з дрібним кроком 0,25 мм, що дозволяє плавно переміщувати стрижень разом із закріпленими на ньому пластинами.



**Рисунок 1** — Схема експериментальної установки для дослідження процесу відриву луски з поверхні шкіри риби

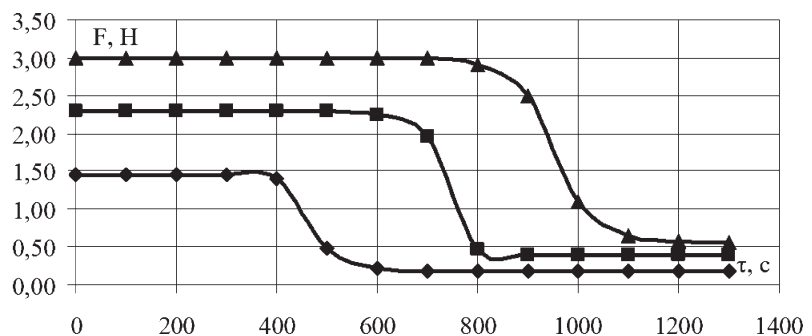
До шарніру нерухомо приєднана жорстка Г-подібна пластина 8. Шарнір виконано рухомим із тією метою, щоб під час підйому стрижня Г-подібна пластина переміщувалася тільки вертикально. У свою чергу до Г-подібної плати приєднано дві тонкі гнучкі пластини 10 та 11, на яких закріплені тензодатчики опору 13. Гнучка пластина 10 є робочою пластиною, тоді як пластина 11 виконує роль точки відліку. У визначеній точці гнучких пластин на нитці підвішені захвати 16 для утримання луски під час відривання. З метою запобігання розриву контакту тензодатчиків із цифровим тензометричним вимірювачем ЦТИ-1 15 на стійках встановлено діелектричний ізолятор 14.

Тривалість обробки тушки риби на рівні 400...1400 с базується на результатах експериментальних досліджень. Наприклад, під час очищення тушок коропа від луски було отримано залежність зусилля відриву луски залежно від тривалості обробки ультразвуковими хвилями (рис. 2) для тушок риби різного типорозміру — до 0,5 кг, до 1,0 кг, до 1,5 кг. Для інших видів ставкових риб наведена залежність відрізняється в межах похибки експериментів.

За результати дослідження виявлено вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукових коливань частотою 22 кГц для різних типорозмірів тушок риб. Так, використання означеної частоти скорочують тривалість обробки на 27...34 % для коропа. Це явище можна пояснити тим, що обрана частота має найбільшу амплітуду коливання торця ультразвукового випромінювача.

Похила ділянка кривої на рис. 2 свідчить, що під час ультразвукової обробки риби активно відбуваються процеси механічної деструкції білків сполучної тканини, які утримують луску, а значення зусилля відриву луски приймає найменше значення.

Зменшення зусилля відриву луски залежно від



**Рисунок 2** — 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

тривалості обробки ультразвуковими хвилями досягається без значного підвищення температури, що забезпечує високе значення органолептичних показників та збереження харчових властивостей рибної сировини.

Подальші наукові дослідження будуть спрямовані на вирішення проблеми відділення нутрошків ставкової риби під час проведення процесу очищення від луски.

**Висновки.** Проведені експерименти з дослідження зміни зв'язку «луска—шкіра» підтвердили правильність теоретичних розрахунків і дозволили отримати параметри проведення процесу очищення риби від луски з використанням ультразвукових випромінювачів. Отримані дані будуть використані під час дослідження процесу видалення нутрошків досліджуваних видів ставкової риби для запровадження ресурсозберігальних процесів переробки.

### Список літератури

1. Червоний В. М., Кононікін В. Д., Перекрест В. В. та ін. Проблеми впровадження безвідходної технології переробки ставкової риби та способи їх вирішення. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр.* / відпов. ред. О. І. Черевко. 2020. Вип. 2 (32). С. 118–126.
2. Хмелев В. Н., Сливин А. Н., Барсуков Р. В., Цыганок С. Н., Шалунов А. В. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. 203 с.
3. Дейниченко Г. В., Постнов Г. М., Чеканов М. А. та ін. Безвідходна переробка м'яса з високим вмістом сполучної тканини з використанням ультразвуку : монографія / Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків : Факт, 2012. 192 с.
4. Крендалл И. Б. Акустика : пер. с англ. 4-е изд. М. : Libroком, 2009. 171 с.
5. Голубев В. Н., Кутина О. И. Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов. СПб. : ГИОРД, 2005. 408 с.
6. Постнов Г. М., Яковлев О. В. Особливості застосування обладнання для промислового соління риби. *Актуальні проблеми харчової промисловості: матер. всеукр. наук.-техн. конф. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя*, 2013. С. 99–100.
7. Технология рыбы и рыбных продуктов / под ред. Ершова А. М. СПб. : ГИОРД, 2006. 941 с.
8. Дегтярев В. Н. Гидромеханические процессы обработки гидробионтов : монография. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2008. 171 с.
9. Голямина И. П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. М. : Книга по Требованию, 2013. 400 с.

### References

1. Chervonyi, V. M., Kononykin, V. D., Perekrst, V. V. etc. (2020). *Problemy vprovagennya bezvidchidnoi technologii pererobky stavkovoï ryby ta sposoby ii vyrishchennya* [Problems of introduction of waste-free technology of pond fish processing and ways of their solution]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli* [Advanced techniques and technologies of food production, restaurant business and trade], issue 2 (32), pp. 118–126.
2. Hmelev, V. N., Slivin, A. N., Barsukov, R. V., Cyganok, S. N., Shalunov, A. V. (2010). *Primenenie ul'trazvuka vysokoy intensivnosti v promyshlennosti* [The usage of high-intensity ultrasound in industry]. Biysk, Alt. state tech. un. Publ., 203 p.
3. Deinychenko, H. V., Postnov, H. M., Chekanov, M. A., Chervonyi, V. M., Nechyporenko, D. A. (2012). *Bezvidkhodna pererobka miasa z vysokym vmistom spoluchnoi tkanyny z vykorystanniam ultrazvuku* [Waste-free meat processing with high content of connective tissue using ultrasound]. Kharkiv, Fakt Publ., 240 p.
4. Crandall, I. B. (2009). *Acoustics* : trans. from English 4th ed. Moscow, Librokom Publ., 171 p.

5. Golubey, V. N., Kutina, O. I., (2005). *Spravochnik tehnologa po obrobótke ryby i more-produktov* [Handbook of a technologist for processing fish and seafood]. St. Petersburg, GIORД Publ., 408 p.

6. Postnov, G. M., Yakovlev, O. V., (2013). *Osoblyvosti zastosuvannya obladnannya dlya promyslovogo solinnya ryby* [Features of the use of equipment for industrial pickling of fish]. *Actualni problemy charchovoi promyslovosti: mater. vseukr. nauk.-tchn. konf.* [Actual problems of the food industry : Mater. All-Ukrainian scientific and technical conf.]. Ternopil, TNTU Publ., pp. 99–100.

7. Ershov, A. M. (ed.) (2006). *Tehnologiya ryby i rybnykh produktov* [Technology of fish and fish products]. SPb.: GIORД, 941 p.

8. Degtarev, V. N. (2008). *Gidromehanicheskie processy obrabotki gidrobiontov* [The hydro-mechanical processing of hydrobionts]. Petropavlovsk-Kamchatkyi, KamchatGTU Publ., 171 p.

9. Goljamina, I. P. (2013). *Ul'trazvuk. Malen'kaja jenciklopedija* [Ultrasound. Small encyclopedia]. Moscow, Book on demand Publ., 400 p.

**Objective.** *The purpose of the article is to study a method for cleaning pond fish carcasses using ultrasonic processing. The study of the corresponding process will allow obtaining optimal parameters that contribute to the intensification of the technological process of cleaning pond fish from scales and viscera.*

**Methods.** *In the process of research, experimental research methods were used with the use of control and measuring equipment of appropriate accuracy, standard techniques for the study of food raw materials, modern methods of mathematical statistics.*

**Results.** *It is proposed to use electrophysical processing for the fish cleaning process. The analysis of the current state of the processes and devices for the processing of pond fish is carried out. It has been determined that the use of a magnetostrictive transducer with a resonant radiation frequency of a standard series of emitters produced by the industry leads to a decrease in the production costs of the corresponding equipment, and, consequently, to a decrease in the cost of cleaned fish carcasses. It has been determined that the mechanical effect of the action of high-intensity ultrasonic waves (up to 5 W/cm<sup>2</sup>) causes a violation of the integrity of the proteins of the connective tissue of the scaly bursae, respectively, reduces the force of detachment of the scales from the surface of the fish. For research, the design of an experimental setup was developed to study the indicators of the process of detachment of scales from the surface of fish skin. During the study of the process of cleaning carp carcasses from scales, the dependence of the force of detachment of scales depending on the duration of treatment with ultrasonic waves for fish carcasses of different standard sizes was obtained — 0.5 kg, 1.0 kg and 1.5 kg. According to the results of the study, the effect on the change in the scales-skin connection during the action of ultrasonic vibrations with a frequency of 22 kHz for various standard sizes of fish carcasses was revealed. So, using the specified frequency, I reduce the processing time by 27... 34 % for carp. The data obtained will be used to study the process of removing the entrails of the studied species of pond fish for the introduction of resource-saving processing processes. The implementation of the research results allows the introduction of a comprehensive technology for the processing of pond fish, the removal of scales and the use of fish skin in the manufacture of leather goods.*

**Key words:** *pond fish, cleaning, scales, viscera, ultrasound, vibrations, frequency.*