

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ

УДК 637.56.04 DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(38\)05](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(38)05)

Роман РОМАНЕНКО к. т. н., доцент, доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету
E-mail: R.romanenko@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0003-3090-9250 вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

Раміс РАСУЛОВ к. т. н., доцент, доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету
E-mail: R.rasulov@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0003-4140-3386 вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

Олена РОМАНЕНКО к. т. н., доцент, доцент кафедри товарознавства, управління безпечністю та якістю Київського національного торговельно-економічного університету
E-mail: O.romanenko@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0003-1804-1225 вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

МЕТОД ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКИ РИБНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Доведено доцільність використання фізичних методів дослідження консис-тенції – адгезії та пенетрації, які корелюють із тривалістю зберігання м'яса риби, задля оцінки його якості. Запропоновано методу експрес-діагностики для встановлення тривалості й оцінки енергоефективності режимів теплової обробки рибних напівфабрикатів у пароконвектоматі.

Ключові слова: адгезія, пенетрація, консистенція, структурно-механічні властивості, пароконвекційна обробка риби, білий амур, пароконвектомат.

Постановка проблеми. Головним завданням виробників харчової продукції є максимальне збереження корисних властивостей під час доведення її до споживача. Більшість харчових продуктів потребують спеціальних умов зберігання, оскільки у разі їх порушення різко погіршуються органолептичні характеристики. Задля збереження товарного вигляду або ж імітації органолептичних властивостей виробники іноді використовують синтетичні харчові добавки. Це своєю чергою може впливати також і на теплофізичні показники харчових продуктів, тому що існує кореляція між їхніми структурно-механічними властивостями й оптимальними параметрами термічної обробки [1].

Більшість сировини тваринного походження в закладах індустрії *HoReCa* піддається термічній обробці, яка значно впливає на якість готової продукції. Від способу, режиму нагріву та його тривалості залежать санітарна безпека, органолептичні властивості, харчова цінність і вихід виробів.

В умовах диференційної якості сировини стабільність якості кулінарної продукції багато в чому визначається рівнем керованості технологічним процесом, який залежить від техніко-експлуатаційних і технологічних характеристик обладнання та точності визначення властивостей сировини [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світовій індустрії *HoReCa* основним апаратом для термічної обробки наразі є пароконвектомат – універсальне теплове обладнання з широким спектром функцій, високим ступенем автоматизації, можливістю програмування технологічного процесу. Пароконвектомати уможливають задавати і контролювати температуру, вологість, швидкість руху повітря в робочій камері та час теплової обробки, що дає змогу зменшити вплив стану якості сировини і стабілізувати якість продукту та забезпечити його безпечність [3].

Технологічні властивості харчової сировини перебувають у прямій залежності від її фізичних параметрів. Для визначення структурно-механічних, реологічних та теплофізичних показників харчових продуктів використовують промислові прилади, в яких мікропроцесорний блок автоматично обраховує значення кожної окремої величини. Значними недоліками промислових приладів є висока ціна та вузька спеціалізація. Більш широкі функціональні можливості мають вимірювальні платформи, зокрема Універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад (УКВП) виробництва ТОВ "ІТМ", м. Харків [4]. Проте в базовій комплектації УКВП немає високочутливих датчиків, створених для роботи з харчовими продуктами. Через відкриту архітектуру УКВП дає змогу стороннім виробникам, або окремим лабораторіям, створювати датчики відповідно до власних потреб.

Отже, маємо всі передумови для розробки способу експрес-діагностики показників якості харчових продуктів із застосуванням вітчизняного обладнання.

Під час визначення фізико-механічних властивостей продукту, до яких належить консистенція, доцільним є використання фізичних методів аналізу, особливо коли досліджується сировина, яку неможливо дегустувати без попередньої термічної обробки, та є необхідність проведення великої кількості дослідів [5].

Перспективною сировиною є продукція аквакультури, зокрема рослиноїдні риби: білий амур і товстолобик. Висока екологічна пластичність, швидкий ріст, відносно невисока вартість у поєднанні з відмінними смаковими властивостями роблять білого амура бажаною сировиною для виробництва дієтичних страв у закладах ресторанного господарства.

Треба пам'ятати, що в деяких випадках органолептичне визначення консистенції може бути небезпечним для дегустатора (під час дозрівання бастурми, засолювання риби, дозрівання деяких сирів у герметичній тарі тощо). В умовах крафтових виробництв та на підприємствах *HoReCa* для тестування кожної партії рибної сировини потрібна економічно недоцільна кількість вимірювального обладнання, тому на великих підприємствах її параметри оцінюють сенсорними методами [6].

Інструментальні методи виміру консистенції базуються на використанні різних приладів, які відтворюють аналітичні методики, що описують деформування продукту. Вони широко використовуються під час визначення реологічних характеристик, енергетичних параметрів, деформування або руйнування структури продукту [6].

Відомі аналогічні способи визначення консистенції харчових продуктів: зануренням індентора (метод пенетрації), використанням універсального консистометра, пластометра Ребіндера, приладу Ніколаєва тощо. [7]. На основі пенетрометра командою науковців КНТЕУ розроблено обладнання та встановлено залежності структурно-механічних показників свинини, яловичини й індичини від строку зберігання та запропоновано оптимізовані режими термічної обробки м'ясних напівфабрикатів на інжекторному пароконвектоматі *Rational* [4].

Виготовлений вченими Національного університету харчових технологій України 15 років тому експериментальний зразок приладу для дослідження структурно-механічних властивостей продукції не дає змоги визначати окремо межу міцності поверхні (шкірочки) і твердість внутрішніх шарів продукту, що суттєво обмежує проведення експерименту [8]. Також запропоновано систему автоматизованого визначення релаксаційного зусилля, яку можна використовувати на поверхні тушки риби [9], але у разі дослідження напівфабрикатів без шкірки потрібні суттєва адаптація і переналаштування системи.

Мета дослідження – розроблення системи експрес-діагностики структурно-механічних і теплофізичних властивостей рибних напівфабрикатів для закладів індустрії *HoReCa*.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – структурно-механічні й теплофізичні властивості білого амура та їх зміни під час зберігання. Предмет дослідження – кулінарні напівфабрикати, а саме стейки з білого амура.

Визначення структурно-механічних властивостей стейків проведено вимірювальним датчиком оригінальної конструкції, який розроблено на основі компонентів виробництва ТОВ "ІТМ". Перевагами є доступність протоколів передавання даних, що уможливорює стороннім виробникам виготовляти не лише власні датчики, а й вимірювальні системи на компонентах ІТМ за домовленістю з цим виробником. Створений датчик у сукупності з вимірювальною платформою УВКП та розробленим програмним забезпеченням дає змогу одержувати в автоматизованому режимі дані для експрес-аналізу якості рибних напівфабрикатів і продуктів.

Для забезпечення роботи датчика необхідно використовувати безкоштовний додаток *Лабораторія ІТМ*. Приклад отриманих даних із розробленого датчика наведено на *рис. 1*.

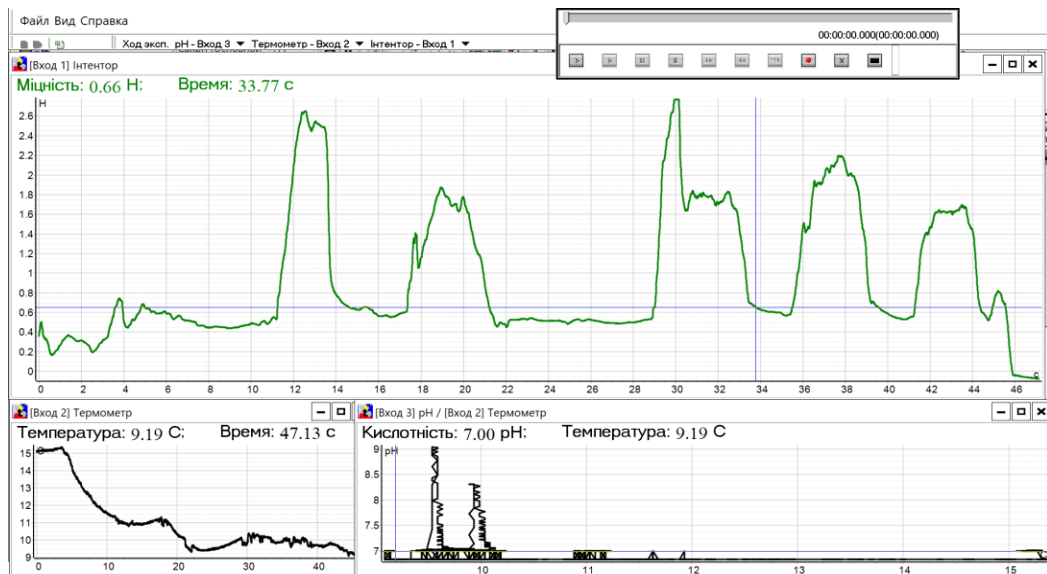


Рис. 1. Вікно програми *Лабораторія ІТМ*. Тестування зразків філе білого амура з п'ятикратним зануренням індентора у продукт

Вікно тестування зразків розділено на три частини (значення сили опору, температури та рН). Також є стандартне для інтерфейсу *Лабораторія ІТМ* спливне вікно "Управління вимірюваннями". Після фіксування показників їх можна експортувати до *MS Excel* або до текстового файлу. Розроблений датчик може використовуватися не лише з вимірювальними блоками ІТМ, а й приладами для експрес-тестування харчових продуктів *MIG-1.x*.

Кінетику нагріву напівфабрикатів із білого амура проведено в термошафі *PolEco* за температури 180 °С і примусової конвекції. Температура у зразках фіксувалася штатними термосенсорами УВКП з періодом вимірювання 20 с.

Кількість спожитої активної електроенергії для приготування стейків із білого амура визначено без урахування реактивної складової за допомогою струмовимірювальних кліщів.

Кулінарна обробка цих стейків відбувалася у пароконвекційній шафі *Convotherm OEB 6.10*. При встановленні витрат електроенергії кут зсуву фаз між напругою та струмом прийнято у середньому за 90° ($\cos\varphi = 1$). Кількість спожитої електроенергії розраховано без витрат на розігрів камери шафи, оскільки для всіх зразків ця величина буде однаковою.

Результати дослідження. Визначено міцність стейків із білого амура різного строку зберігання (пенетрація) й адгезію м'яса білого амура до індентора з нержавкої сталі (*рис. 2*).

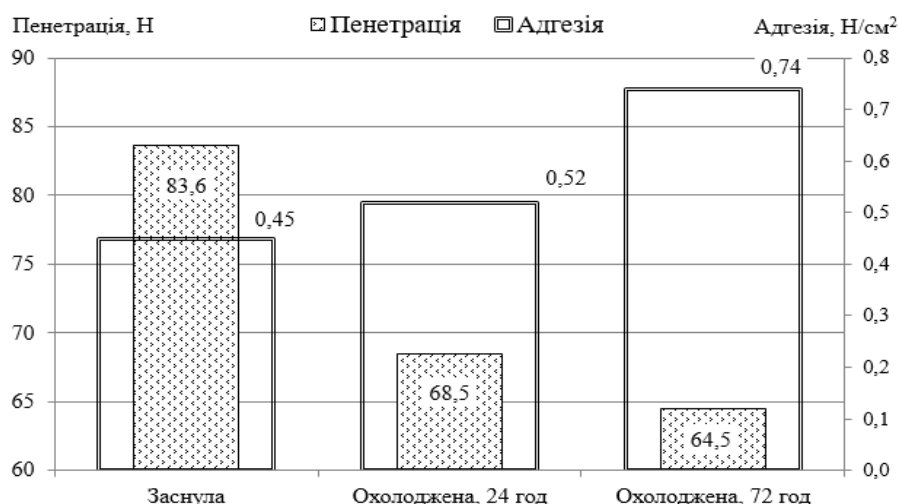


Рис. 2. Структурно-механічні властивості м'яса білого амура різних строків зберігання

Встановлено, що з часом зберігання риби міцність м'язових волокон зменшується, натомість адгезія, навпаки, збільшується. Причому найбільш суттєве зменшення міцності м'язових волокон (на 18 %) спостерігається протягом перших 24 год зберігання.

До складу розробленого датчика входить попередньо розроблений релаксометр [9], що забезпечує побудову кривих релаксації. Чим швидше відбувається падіння релаксаційного зусилля, тим швидше руйнується структура продукту, і напівфабрикат з риби має меншу пружність, тим довше проходять процеси автолізу. [10]. Якщо початкове зусилля суттєво менше, ніж в еталонному графіку, за умови порівняння зразків одного віку і строку зберігання, то з високою ймовірністю продукт піддавався заморожуванню.

Результати дослідження релаксаційного зусилля на стиск і на розтяг для м'яса білого амура суттєво різняться (рис. 3).

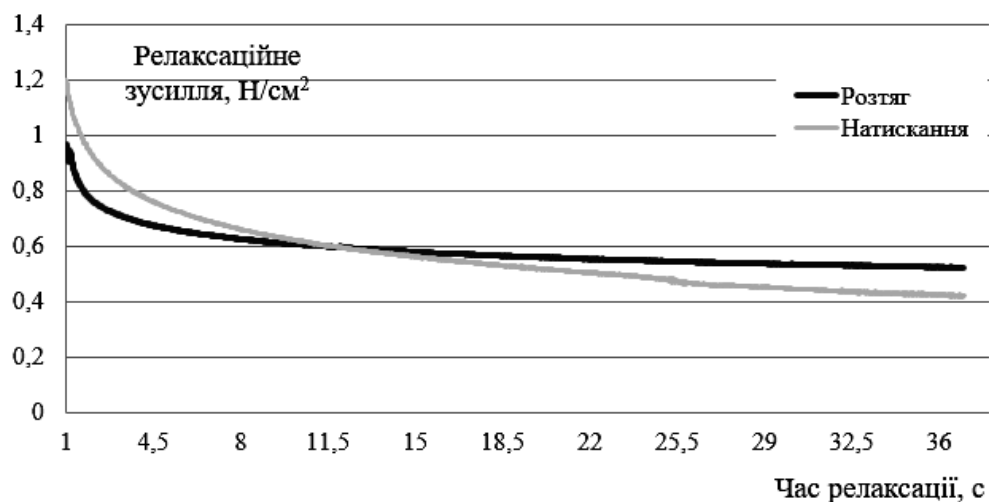


Рис. 3. Динаміка релаксаційного зусилля при натисканні та розтягу зразків тушки білого амура після 8 год зберігання

Видно, що швидкість релаксації на 1 см^2 при деформації розтягу на натискання не збігається. Початкове зусилля при надавлюванні на продукт на 23.5 % більше, ніж при розтягуванні зразка аналогічної площі поперечного перерізу. Це зумовлює подальше використання лише даних релаксації натискання як найбільш наближених до сенсорної оцінки реологічних властивостей риби.

Оскільки спосіб і режим теплової обробки істотно впливають на якість готової продукції, як-от органолептичні показники і вихід кулінарних виробів, вирішено визначити відмінності теплофізичних властивостей рибних напівфабрикатів різного строку зберігання. Зокрема, визначено швидкість нагрівання рибних напівфабрикатів різної консистенції. *Встановлення залежності теплопровідності сировини з прісноводної риби від її реологічних властивостей може бути основою для прогнозування режимів термічної обробки харчових продуктів.* Після наповнення відповідної бази даних і визначення математичних залежностей експрес-методом можна встановлювати основні структурно-механічні властивості рибних напівфабрикатів, оцінювати їхню якість, а також формувати рекомендації щодо подальшої кулінарної обробки.

З'ясовано, що рибні напівфабрикати різного строку зберігання під час термооброблення нагріваються з різною швидкістю (рис. 4.)

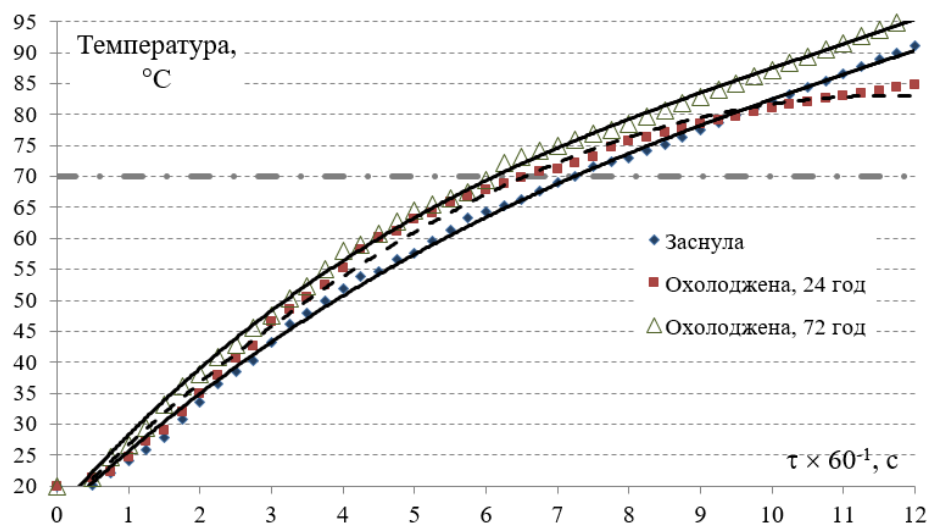


Рис. 4. Кінетика температури всередині напівфабрикатів із білого амура при термообробленні в пароконвекційному режимі за $t = 180 \text{ }^\circ\text{C}$

Отримані дані свідчать про те, що зразки білого амура строком зберігання 24 та 72 год дістають заданої температури готовності швидше, ніж зразок щойно заснулої риби. Досягання температури $70 \text{ }^\circ\text{C}$ в центрі виробів у зразків 24 та 72 год зберігання відбувається з прискоренням часу на 10.0–11.1 % при пароконвекційному смаженні проти відповідних значень тривалості термооброблення для зразка щойно заснулої риби.

Використання пароконвектоматів дещо змінює технологічний процес кулінарної обробки, і температура в продуктах піднімається нерівномірно. Адже поміж режимів кулінарної обробки від виробників пароконвектоматів, як правило, рекомендованим є ступеневий. Тому

ефективність відкорегованих режимів термічної обробки вирішено оцінювати через кількість витраченої електроенергії. Витрати електроенергії на приготування 2400 г стейків (12 порцій) із білого амура за різних режимів термообробки наведено на *рис. 5*.

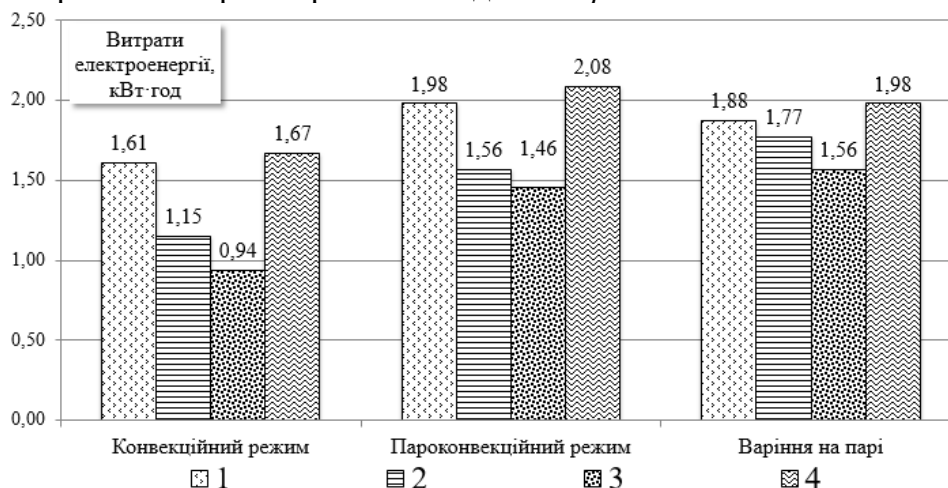


Рис. 5. Витрати активної електроенергії на приготування однієї гастроємності стейків із білого амура в пароконвекційній шафі: (1 – шойно заснула риба; 2 – охолоджена протягом 24 год; 3 – охолоджена протягом 72 год; 4 – контроль – смаження у пароконвектоматі)

Витрати електроенергії прямо пропорційні температурі у продуктах та часу термічної обробки. Зниження температури готовності зразка на 2 °С приводить до економії 17–23 % електроенергії (*рис. 6*).

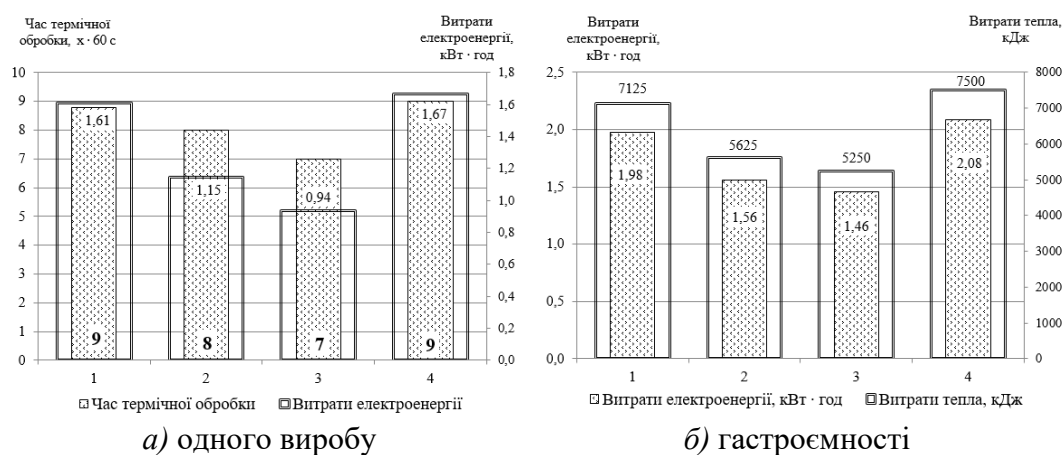


Рис. 6. Відповідність витрат електроенергії температурі всередині стейка з білого амура:

(1 – шойно заснула риба; 2 – охолоджена протягом 24 год; 3 – охолоджена протягом 72 год; 4 – контроль – смаження у пароконвектоматі)

Використання системи комплексної діагностики уможливило зекономити близько 4.6 % електроенергії під час приготування однієї гастроємності стейків із шойно заснутого білого амура, 16.5 % – риби охолодженої, що зберігалася впродовж 24 год, 22.4 % – риби охолодженої, що зберігалася впродовж 72 год.

Висновки. Випробувано роботу вимірювального датчика, що дає змогу визначати релаксацію, міцність і адгезію рибної сировини в експрес-режимі.

Встановлено, що структурно-механічні та теплофізичні властивості білого амура змінюються з часом зберігання.

Експериментально підтверджено, що зміна інформаційних параметрів термооброблення в пароконвекційній шафі є критерієм якості кулінарних виробів із прісноводної риби.

Розроблена методика експрес-діагностики уможливорює визначати реологічні властивості сировини з прісноводної риби й оптимізувати термічне оброблення кулінарної продукції у закладах ресторанного господарства в умовах диференційної якості сировини.

Внаслідок підбору індивідуальних режимів обробки для рибної сировини різної консистенції та строку зберігання є можливість зменшити витрати електроенергії пароконвекційною шафою на 4.6–22.4 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Choe J. H., Choi M. H., Rhee M. S., Kim B. C. Estimation of sensory pork loin tenderness using Warner-Bratzler shear force and texture profile analysis measurements. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 2016. N 29 (7). P. 1017-1029.
2. Becker A., Boulaaba A., Pinggen S., Krischek C., Klein G. Low temperature cooking of pork meat – Physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*. 2016. Vol. 118. P. 82-88.
3. Katz F. A., Grossmann L., Gerhards C., Weiss J. Inert hydrophilic particles enhance the thermal properties and structural resilience of meat protein gels during heating. *Food & Function*. 2021. N 12 (2). P. 862-872.
4. Шаповал С. Л., Романенко Р. П., Форостяна Н. П. Діагностика фізичних властивостей харчових продуктів: монографія. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 129 с.
5. Aqeev O. V., Fatykhov Yu. A., Naumov V. A., Samojlova N. V. Correspondence of rheological models to the structural-mechanical properties of fish. *Scientific journal NRU ITMO. Series Processes and Food Production Equipment*. 2018. N 2 (36). P. 34-43. DOI 10.17586/2310-1164-2018-11-2-34-43.
6. Ramírez José A., Uresti Rocio M., Velazquez Gonzalo, Vázquez Manuel. Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: a review. *Food Hydrocolloids*. 2011. N 25 (8). P. 1842-1852. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.05.009>.
7. Malkin Ya. A., Isayev A. I. Rheology: conception, methods, and applications. *ChemTec Publishing*. Toronto, 2012. 510 p.
8. Гуць В. С., Тимофєєва О. В., Сидоренко О. В. Рибні пресерви. Нова методика визначення консистенції. *Харчова і переробна промисловість*. 2006. № 7. С. 14-17.
9. Shapoval S. L., Romanenko O. V. Method of determining the relaxation force of fish. *Наук. вісн. Львів. нац. ун-ту ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2018. № 90. С. 144-161.

10. Победаш М., Сидоренко О., Романенко Р. Формування якості рибних пресервів із дрібних оселедцевих риб. *Міжнар. наук.-практ. журн. Товари і ринки*. 2015. № 1 (19). 112-120.

Стаття надійшла до редакції 23.05.2021.

Romanenko R., Rasulov R., Romanenko O. Method of express diagnostics of fish semi-finished products.

Background. The main aspects of quality assessment of fish raw materials and combi ovens for its heat treatment are considered. The results of connection researches of structural and mechanical properties of raw materials with its thermophysical characteristics and parameters of necessary culinary processing are presented. The expediency of using physical methods for assessing the quality of raw materials to predict the mode of heat treatment is determined.

The aim of the study is to develop a system of rapid diagnostics of structural-mechanical and thermophysical properties of fish semi-finished products for the institutions of the HoReCa industry.

Materials and methods. The object of research is the structural-mechanical and thermophysical properties of grass carp and their changes during storage. The subject of research – culinary semi-finished products, specifically – grass carp steaks.

Determination of structural and mechanical properties of steaks was carried out by a measuring sensor of original design, developed on the basis of components of ITM LLC.

The heating kinetics of grass carp semi-finished products were performed in a PolEco cabinet at a temperature of 180 °C and forced convection. The temperature in the samples was recorded by standard thermal sensors of the UMCD with a measurement period of 20 seconds.

The amount of active electricity, consumed for the preparation of steaks, was determined excluding the reactive component, by using current measuring clamp. Culinary processing of steaks was in the steam convection oven *Convothem OEB 6.10*.

Results. A set of structural and mechanical properties of grass carp steaks with different shelf life was determined with a sensor of the original design of UMCD. The correlation of changes in the indicators of adhesion, penetration and relaxation force after compression with the shelf life of steaks was established.

A correlation between the shelf life and the heating speed of the samples was established with a standard thermo sensors of UMCD. The heating speed of the samples after 24 h of storage increases by 10–11 %.

By recording the current in the power cable of the combi steamer, the electricity consumption for cooking 12 portions of steaks (2400 g) was determined. The possibility of saving electricity from 4.6 % for cooking freshly asleep fish and up to 16.5 % for chilled fish stored for 24 hours was established.

Conclusion. The measuring sensor was tested. It allows determining the relaxation, strength and adhesion of fish raw materials in the express mode.

It was found that the structural-mechanical and thermophysical properties of grass carp change with storage time.

It is experimentally confirmed that the change of information parameters of heat treatment in the steam convection oven is a criterion of quality of culinary products from freshwater fish.

The developed method of express diagnostics allows determining the rheological properties of raw materials from freshwater fish and optimizing the heat treatment of culinary products in restaurants in terms of differential quality of raw materials.

Due to the selection of individual processing modes for fish raw materials of different consistency and shelf life, it is possible to reduce electricity consumption by the steam convection oven by 4.6–22.4 %.

Keywords: adhesion, penetration, consistency, structural and mechanical properties, steam convection treatment of fish, grass carp, combi steamer.

REFERENCES

1. Choe, J. H., Choi, M. H., Rhee, M. S., & Kim, B. C. (2016). Estimation of sensory pork loin tenderness using Warner-Bratzler shear force and texture profile analysis measurements. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 29 (7), 1017-1029 [in English].
2. Becker, A., Boulaaba, A., Pinggen, S., Krischek, C., & Klein, G. (2016). Low temperature cooking of pork meat – Physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*. (Vol. 118), (pp. 82-88) [in English].
3. Katz, F. A., Grossmann, L., Gerhards, C., & Weiss, J. (2021). Inert hydrophilic particles enhance the thermal properties and structural resilience of meat protein gels during heating. *Food & Function*, 12 (2), 862-872 [in English].
4. Shapoval, S. L., Romanenko, R. P., & Forostjana, N. P. (2017). *Diagnostyka fizychnyh vlastyvostej harchovyh produktiv [Diagnostics of physical properties of food products]*. Kyi'v: Kyi'vs'kyj nacional'nyj torgovel'no-ekonomichnyj universytet [in Ukrainian].
5. Aqeev, O. V., Fatykhov, Yu. A., Naumov, V. A., & Samojlova, N. V. (2018). Correspondence of rheological models to the structural-mechanical properties of fish. *Scientific journal NRU ITMO. Series Processes and Food Production Equipment*, 2 (36), 34-43. DOI: 10.17586/2310-1164-2018-11-2-34-43 [in English].
6. Ramírez, José A., Uresti, Rocio M., Velazquez, Gonzalo, & Vázquez, Manuel. (2011). Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: a review. *Food Hydrocolloids*, 25 (8), 1842-1852. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.05.009> [in English].
7. Malkin, Ya. A., & Isayev, A. I. (2012). Rheology: conception, methods, and applications. *ChemTec Publishing*. Toronto [in English].
8. Guc', V. S., Tymofjejeva, O. V., & Sydorenko, O. V. (2006). Rybni preserivy. Nova metodyka vyznachennja konsystencii' [Fish preserves. A new method of determining the consistency]. *Harchova i pererobna promyslovis't' – Food and processing industry*, 7, 14-17 [in Ukrainian].
9. Shapoval, S. L., & Romanenko, O. V. (2018). Method of determining the relaxation force of fish. *Naukovyj visnyk L'vivs'kogo nacional'nogo universytetu veterynarnoi' medycyny ta biotekhnologij imeni S. Z. G'zhyc'kogo – Scientific Bulletin of Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv*, 90, 144-161 [in English].
10. Pobedash, M., Sydorenko, O., & Romanenko, R. (2015). Formuvannja jakosti rybnyh preserviv iz dribnyh oseledcevyh ryb [Formation of quality of fish preserves from small herring fish]. *Mizhnarodnyj naukovo-praktychnyj zhurnal "Tovary i rynky" – International Scientific and Practical Journal "Commodities and Markets"*, 1 (19), 112-120 [in Ukrainian].