

УДК 644.803:639.231

doi:10.20998/2413-4295.2016.42.33

ПРОГНОЗУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧОРНОМОРСЬКОЇ АКУЛИ КАТРАН ЗАЛЕЖНО ВІД ІМПУЛЬСУ СИЛИ ДЕФОРМАЦІЇ

О. В. СИДОРЕНКО^{1*}, Н. О. БОЛІЛА¹, Н. П. ФОРОСТЯНА²

¹ Кафедра товарознавства, управління безпекою та якістю, Київський національний торговельно-економічний університет, Київ, УКРАЇНА

² Кафедра інженерно-технічних дисциплін, Київський національний торговельно-економічний університет, Київ, УКРАЇНА
* email: L_fish@ukr.net

АНОТАЦІЯ Проведено дослідження структурно-механічних властивостей чорноморської акули катран залежно від імпульсу сили деформації. Визначено зміни імпульсу сили деформації м'язової частини різновікових особин чорноморської акули катран залежно від різних умов і термінів зберігання рибної сировини. Наведено дані експериментальних досліджень щодо впливу деформуючої сили на різні частини туші акули катран. Для встановлення кореляційного зв'язку пружних властивостей зразків із структурними властивостями досліджуваного об'єкту надано фізичну модель деформації на розтяг.

Ключові слова: густина; коефіцієнт пружності; структурно-механічні властивості; деформація; акула катран; термін зберігання

FORECASTING OF STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE BLACK SEA DOGFISH DEPENDING ON A DEFORMATION FORCE IMPULSE

O. SYDORENKO¹, N. BOLILA¹, N. FOROSTYANA²

¹ Department of engineering and technical disciplines, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, UKRAINE

² Department of commodity science, safety and quality management, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, UKRAINE

ABSTRACT Due to the need of expansion of the range of fish products of the guaranteed level of safety there is a need of studying of different types domestic fish raw materials and a possibility of its commercial production. Respectively, for a fishery industry of Ukraine the Black Sea dogfish has industrial value. Efficiency of entering of a dogfish in a food allowance of our compatriots requires scientific reasons for conditions and storage durations of fish raw materials which indicative criterion of suitability can be rheological properties. The purpose of work is to establish connection of structural characteristics of the Black Sea dogfish with elastic properties depending on conditions and a storage duration. Uneven-age, heterosexual individuals of the Black Sea dogfish were an object of a research. Experimental cuts of samples of muscular tissue carried out from different parts of carcass of a shark (about the head, the middle and a tail part). Researches were conducted on the multipurpose measuring complex "MIG - 1.3" by the module on deformation studying by method of axial stretching. Sensors of the module of a measuring complex during the experiment fixed in real time change of resultant force in case of deformation that was reflected in the display of the computer. Comparing the received schedules deforming forces for various cuts directly we compare deformation time, size deforming forces and time of a relaxation (recovery). The highest rates deforming forces are noted in dogfish right after catch - from 4,1 ÷ 3,7 N, after the first freezing we fix reduction of size deforming forces from 3,9 ÷ 3,1 N, specifies reduction of elastic properties of the researched object. At last after the second, long, freezing these indicators sharply fall and already constitute 1,5 ÷ 1,18 N, specifies considerable losses of elastic properties of an object and violation of its structure. For establishment of communication of elastic properties of samples with structural properties of the researched object the physical model of deformation on stretching was used. Deformation from absolute lengthening rather high coefficient of approximation - 0,9932 is valid the equation of regression of dependence. The provided physical and mathematical model of process was checked experimentally and gave very good coordination. The deformation force and its numerical values depend on elastic properties of the studied objects. Its increase speaks about change of structural (morphological) properties of dogfish. Losses by the researched humidity object depending on storage conditions, lead to change of density and coefficient of elasticity of a body.

Keywords: density; elasticity coefficient; structural-mechanical properties; deformation; dogfish; period of storage.

Вступ

У зв'язку з необхідністю розширення асортименту рибної продукції гарантованого рівня безпеки виникає необхідність вивчення різних видів вітчизняної рибної сировини та можливості її промислового видобутку [1]. Відповідно, промислове значення для рибогосподарської галузі України має чорноморська акула – катран. Запаси акули катран в

українських водах не використовуються в повній мірі внаслідок відсутності програм по вивченню технологічної функціональності сировини та можливості виробництва біологічно цінних продуктів харчування на основі катрану. Катран можна вважати промисловим резервом для розвитку українського рибальства та харчових технологій, оскільки у Чорному та Азовському морях за 2015 р. вилов акули катран становив 125 т при запасі 1232 т [2, 3].

Отже, ефективність введення катрану в раціон харчування наших співвітчизників потребує наукового обґрунтування умов і термінів зберігання рибної сировини, показовим критерієм придатності якої можуть бути реологічні властивості [4].

Встановлено, що для визначення реологічних характеристик харчових продуктів, а саме для визначення консистенції, використовують різні інструментальні методи, що описують руйнування чи деформування структури продукту. Найпоширеніші методами є побудова кривих кінетики деформації і кривих релаксації напружень [5, 6].

Вивчення структурно-механічних властивостей катрана є першочерговим завданням у реологічних дослідженнях [7]. Структурно-механічні властивості були досліджені методом осьової деформації, адаптованим до виконання на багатофункціональному модульному вимірному комплексі «МИГ – 1.3». Цим методом досліджено напружений стан, що виникає у м'язовій структурі повздовжніх та поперечних зрізів катрана під час деформації [8-10].

Відповідно, постала проблема встановлення взаємозв'язку між напруженням, що виникає в продукті внаслідок деформації, деформаційною швидкістю і силою деформації [6].

Мета роботи

Метою роботи є встановити зв'язок структурних характеристик чорноморської акули катран з пружними властивостями в залежності від умов зберігання: охолодження (0...+4°C) та поетапного заморожування (короткострокового – 1 доба, та довгострокового – 360 діб, відповідно до змодельованих умов (- 30... - 32 °C).

Об'єктом дослідження були різновікові, різностатеві особини чорноморської акули катран. Експериментальні зрізи зразків м'язової тканини проводили з різних частин туші акули (біля голови, середини та хвостової частини). Дослідження проводились на багатофункціональному вимірному комплексі «МИГ – 1.3» модулем з вивчення деформації методом осьового розтягу.

Виклад основного матеріалу

В залежності від умов прикладання деформуючої сили реологічні властивості можна розділити на зсувні, котрі визначають поведінку об'єкту в об'ємі при дії на нього дотичної сили; компресійні – характеризують поведінку продукту, поміщеного в об'ємі, або між паралельними пластинами, або іншим способом і характеризують однонапрямлений розтяг або стиснення зразка; поверхневих, що визначають дію сили на поверхні зразка під дією нормальної складової деформуючої сили, тобто характеризують адгезійні властивості об'єкта дослідження [5].

Відповідно до мети, в наших дослідженнях визначалися компресійні властивості чорноморської

акули. Метод, який був нами вибраний, як найбільш науково достовірний для вирішення поставленої проблеми, відноситься до методу осьової деформації. Вид деформації – розтяг.

Перед проведенням досліджень на розтяг нами був визначений показник густини зразків різних частин туші катрану в залежності від можливих умов зберігання з метою встановлення залежності коефіцієнта пружності від структури досліджуваних об'єктів (див. табл.1).

Таблиця 1 – Показники густини досліджуваних зразків акули катран в залежності від умов зберігання, кг/м³

Частина туші	Умови зберігання		
	Охолоджений	Після першого заморожування	Після другого заморожування
Біля голови	974,57± 21,29	957,95± 11,12	940,79± 15,53
Черевна частина	712,30± 12,83	813,39± 36,15	988,95± 33,53
Брюшна частина	1229,22± 51,13	1113,11± 41,21	1173,47± 22,14
Середина спинки	859,87± 26,14	909,45± 20,12	964,14± 16,62
Хвостова частина	893,13± 13,84	957,95± 26,37	1006,82± 17,15

Отже, відповідно до даних табл. 1, показник густини досліджуваних об'єктів збільшується. Абсолютна величина зростання $\Delta\rho$ кожного зразка різна, що ймовірно пов'язано із втратою вільної вологи в результаті їх зберігання. В той же час, втрата вологи залежить від морфологічної будови катрана. Відомо, що найшвидше втрачає воду міжм'язова структура (сполучна тканина, жировий прошарок) і найповільніше - м'язова. Кореляція даних показників густини між охолодженим зразком і першого заморожування становить 0,292, а між першим та другим заморожуванням – 0,553. Різниця кореляційних коефіцієнтів, на наш погляд, пояснюється втратою вологи. Оскільки у охолодженого зразка показники густини для різних частин туші різні і коливаються в межах від 1250 до 750 кг/м³, то після заморожування втрата вологи призвела до вирівнювання густин в межах 1014,83 ± 23,13 кг/м³.

Завданням другого етапу досліджень було встановлення зв'язку між густиною зразків та їх пружними властивостями. Таким чином ми визначали вплив умов зберігання на зміну реологічних властивостей катрана [9].

Досліджувані зразки були підготовлені так, що мали форму правильного прямокутника з лінійними розмірами : 49±0,5 x 24±0,5 (мм). Потім, закріплені вертикально в затискачах модуля комплексу «МИГ-1», зразки деформували до 30% відносно початкових розмірів.

Обговорення результатів

Датчики модуля вимірювального комплексу під час експерименту фіксували в реальному часі зміну результуючої сили під час деформації, що відображалося на дисплеї комп'ютера (рис. 1–3). Крім того, на графіку чітко видно втрати деякої маси - відрив частини зразка. На рис. 1–3 це виявляється у різниці сил ΔF . Порівнюючи отримані графіки деформуючої сили для різних зрізів відразу порівнюємо час деформації, величину деформуючої сили та час релаксації (відновлення). Як видно з наданих діаграм, час деформації для кожного зразка різний, що є незаперечним фактором різних пружних властивостей у експериментальних зрізах. Так, найкоротшим часом деформації (1.8с) характеризується діагональний зріз м'язів (рис. 1), а найдовший – 3.2с – повздожній зріз м'язів.

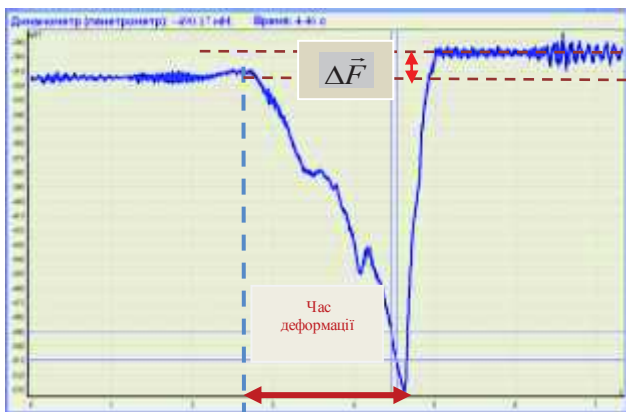


Рис. 1 – Деформаційна діаграма осьового розтягу зразків: діагональний зріз м'язів

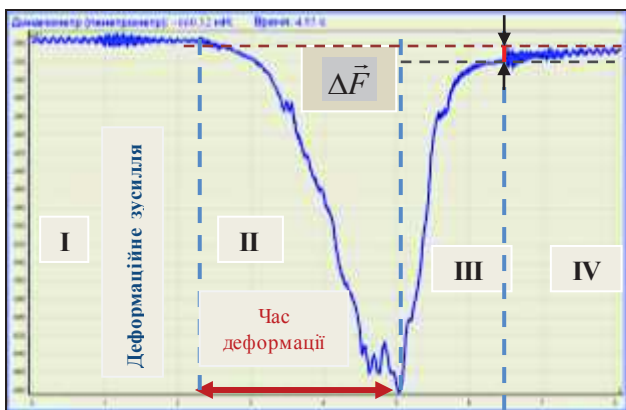


Рис. 2 – Деформаційна діаграма осьового розтягу зразків: поперечний зріз м'язів, I – область зрівноваження сил; II – область деформації; III – область зняття деформуючої сили, фіксування сил внутрішньої пружності; IV – область відновлення

Перша область – характеризує умову зрівноваження сил, тобто є рівнодійною силою згідно

другого закону Ньютона, або просто вагою зразка. Під час деформації фіксується на екрані збільшення сили. Різниця між значеннями сил області I та області II є силою деформації – це надлишкова сила над рівнодійною. Різниця значень сил між першою і третьою областями говорить про втрати маси за рахунок відриву її під час деформаційного розтягу.



Рис. 3 – Деформаційна діаграма осьового розтягу зразків: повздожній зріз м'язів

Більш докладний аналіз діаграм наведений в табл.2

Таблиця 2 – Час дії деформаційної сили

Частина туші	Зріз	Доросла особина (заморожена – 360 днів)		Молода самка (щойно після вилову)		Молода самка (охолоджена – 1 доба)	
		$F_{\text{деф.}}$, Н	$t_{\text{деф.}}$, с	$F_{\text{деф.}}$, Н	$t_{\text{деф.}}$, с	$F_{\text{деф.}}$, Н	$t_{\text{деф.}}$, с
Біля голови	Вздож	1,18	3,2	4,9	2,1	3,9	2,6
	Впоперек	1,1	2,8	3,5	3,1	1,6	6,5
	По діаг.	2,15	1,8	3,3	2,9	3,4	2,8
Середина	Вздож	1,8	2,1	4,1	2,6	3,7	2,6
	Впоперек	1,15	3,1	3,8	2,7	3,0	2,8
Біля хвоста	Вздож	1,5	2,5	3,7	2,9	3,1	3,1
	Впоперек	1,1	2,6	4,5	2,3	2,8	3,9
	По діаг.	1,1	3,1	3,0	3,6	2,6	3,3

Згідно даних табл. 2, у катрану зразу після вилову відмічаються найвищі показники деформуючої сили – від 4,1 ÷ 3,7 Н, після першого заморожування фіксуємо зменшення величини деформуючої сили від 3,9 ÷ 3,1 Н, що вказує на зменшення пружних властивостей досліджуваного об'єкту. Нарешті, після другого, тривалого заморожування ці показники різко падають і вже становлять 1,5 ÷ 1,18 Н, що вказує на значні втрати пружних властивостей об'єкту та порушення його структури.

Для встановлення зв'язку пружних властивостей зразків із структурними властивостями досліджуваного об'єкту скористаємось фізичною

моделлю деформації на розтяг. Фізична модель розглядає цей процес з позицій механіки (див. рис. 4)

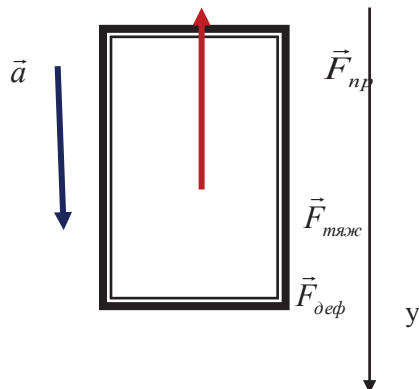


Рис. 4 – Схематичне зображення сил, що виникають в досліджуваному об'єкті під час деформаційного розтягу

Згідно рис. 4 запишемо рівняння рівнодійної сили у векторній формі:

$$\vec{F}_{рів} = \vec{F}_{пр} + \vec{F}_{тяж} + \vec{F}_{деф} \quad (1)$$

де $F_{тяж}=P$ - вага тіла, що фіксується УВКП, H . Перепишемо рівняння (1) у скалярній формі:

$$ma = P - k\Delta\ell + F_{деф} \quad (2)$$

де m – маса досліджуваного об'єкту; a - прискорення з яким деформується досліджуваний об'єкт; g – прискорення вільного падіння = $9,81 \text{ м/с}^2$; k – коефіцієнт пружності досліджуваного об'єкту; $\Delta\ell$ – видовження досліджуваного об'єкту; $F_{деф}$ – деформуюча сила, прикладена зовні до тіла.

Згідно теоретичних основ механіки, всі сили які діють на тіло, за принципом суперпозиції, утворюють результуючу силу. Векторну форму (1) другого закону Ньютона переписавши у скалярну (2), методом математичних перетворень отримуємо формулу (3), що пов'язує коефіцієнт пружності досліджуваного об'єкту з його густиною:

$$k = \frac{P + F_{деф} - \rho V \cdot 2\Delta\ell / t^2}{\Delta\ell} = \frac{P + F_{деф}}{\Delta\ell} - \frac{2\rho V}{t^2} \quad (3)$$

де $P + F_{деф}$ – сумарна сила, що фіксується датчиком модуля деформації багатфункціонального вимірювального комплексу «МИГ – 1.3», H .

Формула (3) є прийнятною для наближеного розрахунку коефіцієнта пружності з врахуванням зміни густини в залежності від умов та терміну зберігання досліджуваного об'єкту (рис. 5).

Рівняння регресії залежності деформаційної сили від абсолютного видовження має досить високий коефіцієнт апроксимації – $0,9932$. Для більш точного аналізу необхідно розділити графік на лінійні залежності, що дозволяє з отриманих регресійних

рівнянь отримати числове значення коефіцієнта пружності досліджуваного зразка. Так, при величині деформації $3,7\%$ свіжого зразка діагонального зрізу біля голови катрана, коефіцієнт пружності становить $165,49 \text{ Н/м}$. При подальшій деформації зразка до 15% , коефіцієнт пружності стабілізується в межах $81,28 \text{ Н/м}$. За умови подовження деформації до 30% коефіцієнт пружності різко зростає і лежить в межах $226,32 \text{ Н/м}$. При подальшій деформації зразок розривається.

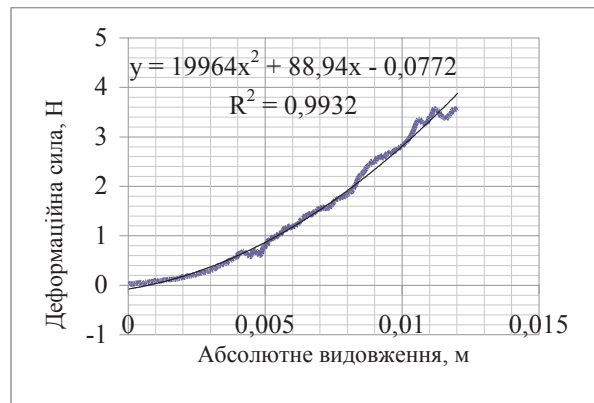


Рис. 5 – Графік залежності деформаційної сили від видовження досліджуваного об'єкту

Графічно зміну коефіцієнта пружності від деформаційної сили зображено на рис. 6. При втраті вологи і збільшенні густини графічна залежність стає більш плавною по відношенню до зазначеної на рис. 6.

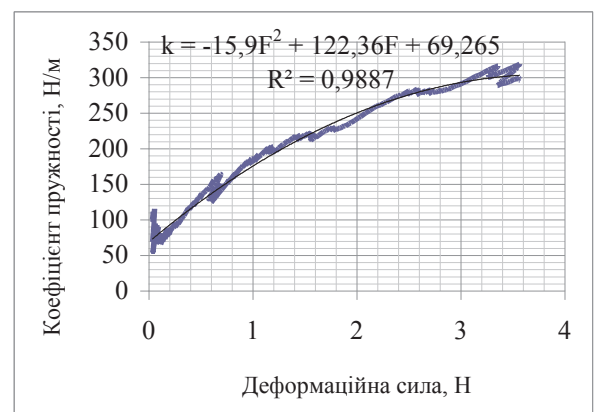


Рис. 6 – Графічна залежність коефіцієнта пружності досліджуваного об'єкту від густини та від величини втраченої вологи

Висновки

Використаний нами багатфункціональний вимірювальний модульний комплекс «МИГ-1.3» показав свою ефективність і мобільність при дослідженні осьової деформації зразків

повздожнього і поперечного зрізу. Подана фізико-математична модель процесу була перевірена експериментально і дала дуже добру узгодженість. Деформаційна сила і її числові значення залежать від пружних властивостей досліджуваних об'єктів. Її збільшення говорить про зміну структурних (морфоологічних) властивостей катрана. Втрати досліджуваним об'єктом вологості, залежно від умов зберігання, приводять до зміни густини та коефіцієнта пружності тіла.

Встановивши динаміку зміни вищезазначених характеристик, можна спрогнозувати: температурний режим зберігання, втрати вологи, зміну густини, коефіцієнта пружності та інші структурно-механічні властивості. Отриманий комплекс характеристик дозволяє дати рекомендації до умов зберігання та використання сировини в харчовій промисловості; розробити оптимальні режими обробки катрана.

Список літератури

- 1 **Студенцова, Н. А.** Продукты питания нового поколения на основе водных биоресурсов Азово-Черноморского бассейна / **Н. А. Студенцова** // *Изв. Вузов. Пищевая технология*. – 2007. – № 3. – С. 12–16.
- 2 **Боліла, Н. О.** Аналіз ринку чорноморської акули катран катран / **Н. О. Боліла, О. С. Болілій** // *Наук. збірник «Інтегроване управління водними ресурсами»*. – 2013. – №1. – С. 352–357.
- 3 **Боліла, Н. О.** Вплив морфометричних характеристик на споживні властивості чорноморської акули катран / **Н. О. Боліла** // *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча*. – 2016. – Вип. 16. – С. 119–122.
- 4 **Сидоренко, О.** Методологія прогнозування змін якості рибних продуктів під час товароруку / **О. Сидоренко** // *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. – 2012. – №2. – С. 54–61.
- 5 **Романенко, О.** Метод визначення структурно-механічних властивостей рибних пресервів / **О. Романенко** // *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. – № 2. – 2013. – С. 58–65.
- 6 **Jain, D.** Evaluation of texture parameters of Rohu fish (Labeo rohita) during iced storage / **D. Jain, P. B. Pathare, M. R. Manakantan** // *Journal of food engineering*. – 2007. – Vol. 81. – P. 336–340. – doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.11.006.
- 7 **Tee, E. T.** Physical and Sensory Properties of Frozen Spanish Mackerel (Scomberomorus guttatus) Fish Balls Added with Cryoprotectants / **E. T. Tee, L. W. Siow** // *Food and Bioprocess Technology*. – 2014. – Vol. 7(12). – P. 3442–3454. – doi: 10.1007/s11947-014-1348-0.
- 8 **Гуць, В. С.** Структурно-механічні властивості риборослинних продуктів / **В. С. Гуць, О. В. Сидоренко, О. В. Тимофєєва** // *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. – 2006. – № 2. – С. 127–134.
- 9 **Горбатов, А. В.** Структурно-механические характеристики пищевых продуктов : справочник / **А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин**; под ред. А. В. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая пром-сть. – 1982. – 296 с.
- 10 **Кузнецов, О. А.** Реология пищевых масс / **О. А. Кузнецов, Е. В. Волошин, Р. Ф. Сагитов**. – Оренбург : ГОУ УГО. – 2005. – 106 с.

- 11 **Orlov, A. M.** Age and growth of spiny dogfish *Squalus acanthias* (Squalidae, Chondrichthyes) in pacific waters off the Kuril Islands / **A. M. Orlov, E. F. Kulish, I. N. Mukhametov, O. A. Shubin** // *Journal of Ichthyology*. – 2011. – Vol. 51. – P. 42–55. – doi:10.1134/S0032945210061049.
- 12 **Sydorenko, O.** Modeling of biologically valuable foodstuffs with predictable complex of positive / **O. Sydorenko, L. Berbenets, R. Moskalyk**; *Proceedings of the 17-th IGWT Symposium and 2010 International Conference on Commerce* ["Facing the Challenges of the Future: Excellence in Business and Commodity Science"], (Romania, 21–25 sept. 2010). – Vol. 1. – P. 584–589.
- 13 **Giannakourou, M. C.** Field evaluation of the application of time temperature integrators for monitoring fish quality in the chill chain / **M. C. Giannakourou, K. Koutsoumanis, G. J. Nychas, P. S. Taoukis** // *International Journal of Food Microbiol.* – 2005. – Vol. 102. – P. 323–336. – doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.037.
- 14 **Vanitha, M.** Quality changes in fish burger from Catla (Catla Catla) during refrigerated storage / **M. Vanitha, K. Dhanapal, G. Vidya Sagar Reddy** // *Journal Food Sci Technol.* – 2015. – Vol. 52(3). – P. 1766–1771. – doi:10.1007/s13197-013-1161-1.

Bibliography (transliterated)

- 1 **Studentsova, N. A.** Produktyi pitaniya novogo pokoleniya na osnove vodnyih bioresurov Azovo-Chernomorskogo basseyna [Food of new generation on the basis of water bioresources of the Azovo-Chernomorsky pool]. *Izv. Vuzov. Pischevaya tehnologiya*, 2007, **3**, 12–16.
- 2 **Bollila, N. O., Bollilly S. O.** Anallz rinku chornomorskoYi akuli katran katran [Analysis of the condition of the market of the Black Sea dogfish]. *Наук. збірник «Інтегроване управління водними ресурсами»*, 2013, **1**, 352–357.
- 3 **Bollila, N. O.** Vpliv morfometrichnih harakteristik na spozhivni vlastivostI chornomorskoYi akuli katran [The influence of morphometric characteristics on consumer properties of the Black Sea dogfish]. *VIsnik LvIvskoYi komertslynoYi akademiYi. SerIya tovaroznavcha*, 2016, **16**, 119–122.
- 4 **Sydorenko, O.** MetodologIya prognozuvannya zmln yakostI ribnih produktIv pId chas tovaroruhu [Forecasting changes in fish products quality during goods turnoves]. *MIzhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovari I rinki"*, 2012, **2**, 54–61.
- 5 **Romanenko, O.** Metod viznachennya strukturno-mehanIchnih vlastivostey ribnih preserIv [Method of identification of the structural-mechanical properties of fish preserves]. *MIzhnar. nauk.-prakt.zhurn. "Tovari I rinki"*, 2013, **2**, 58–65.
- 6 **Jain, D., Pathare, P. B., Manakantan, M. R.** Evaluation of texture parameters of Rohu fish (Labeo rohita) during iced storage. *Journal of food engineering*, 2007, **81**, 336–340, doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.11.006.
- 7 **Tee, E. T., Siow, L. W.** Physical and Sensory Properties of Frozen Spanish Mackerel (Scomberomorus guttatus) Fish Balls Added with Cryoprotectants. *Food and Bioprocess Technology*, 2014, **7**(12), 3442–3454, doi:10.1007/s11947-014-1348-0.
- 8 **Guts, V. S., Sydorenko, O. V., Timofeeva, O. V.** Strukturno-mehanIchnI vlastivostI ribo-roslimnih produktIv [Structural and mechanical properties of rybo-vegetable products]. *MIzhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovari I rinki"*, 2006, **2**, 127–134.

- 9 **Gorbatov, A. V., Maslov, A. M., Machihin, Yu. A.** Strukturno-mehaniicheskie harakteristiki pischevyih produktov : spravochnik [Rheology of food masses, *Moskov: Legkaya i pischevaya prom-st.*, 1982, 296 p.
- 10 **Kuznetsov, O. A., Voloshin, E. V., Sagitov, R. F.** Reologiya pischevyih mass [Rheology of food masses]. *Orenburg: GOU UGO*, 2005, 106 p.
- 11 **Orlov, A. M., Kulish, E. F., Mukhametov, I. N., Shubin, O. A.** Age and growth of spiny dogfish *Squalus acanthias* (Squalidae, Chondrichthyes) in pacific waters off the Kuril Islands. *Journal of Ichthyology*, 2011, **51**, 42–55, doi:10.1134/S0032945210061049.
- 12 **Sydorenko, O., Berbenets, L., Moskalyk, R.** Modeling of biologically valuable foodstuffs with predictable complex of positive. *Facing the Challenges of the Future: Excellence in Business and Commodity Science*, Romania, 2010, **1**, 584–589.
- 13 **Giannakourou, M. C., Koutsoumanis, K., Nychas, G. J., Taoukis, P. S.** Field evaluation of the application of time temperature integrators for monitoring fish quality in the chill chain. *International Journal of Food Microbiol*, 2005, **102**, 323–336, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.037.
- 14 **Vanitha, M., Dhanapal, K., Vidya Sagar Reddy, G.** Quality changes in fish burger from Catla (*Catla Catla*) during refrigerated storage. *Journal Food Sci Technol*, 2015, **52**(3), 1766–1771, doi: 10.1007/s13197-013-1161-1.

Відомості про авторів (About authors)

Сидоренко Олена Володимирівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний торговельно-економічний університет, професор кафедри товарознавства, управління безпекою та якістю, м. Київ, Україна, e-mail: l_fish@ukr.net.

Olena Sydorenko – Doctor of Technical Science, Professor, Kyiv National University of Trade and Economics, Professor of the Department of commodity science, safety and quality management, Kyiv, Ukraine, e-mail: l_fish@ukr.net.

Боліла Надія Олександрівна – Київський національний торговельно-економічний університет, аспірант кафедри товарознавства, управління безпекою та якістю, м. Київ, Україна, e-mail: nadiabolila@gmail.com.

Nadiia Bolila – Kyiv National University of Trade and Economics, graduate student of the Department of commodity science, safety and quality management, Kyiv, Ukraine, e-mail: nadiabolila@gmail.com.

Форостяна Нінель Петрівна – кандидат педагогічних наук, доцент, Київський національний торговельно-економічний університет, доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін, м. Київ, Україна, e-mail: forostyann@gmail.com.

Ninel Forostyana – Candidate of pedagogical sciences, Docent, Kyiv National University of Trade and Economics, Docent of the Department of engineering and technical disciplines, Kyiv, Ukraine, e-mail: forostyann@gmail.com.

Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Сидоренко, О. В. Прогнозування терміну зберігання чорноморської акули катран залежно від імпульсу сили деформації / **О. В. Сидоренко, Н. О. Боліла, Н. П. Форостяна** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 205-210. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.33.

Please cite this article as:

Sydorenko, O., Bolila, N., Forostyana, N. Forecasting of structural characteristics of the black sea dogfish depending on a deformation force impulse. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **42** (1214), 205–210, doi:10.20998/2413-4295.2016.42.33.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Сидоренко, Е. В. Прогнозирование структурных характеристик черноморской акулы катран в зависимости от импульса силы деформации / **Е. В. Сидоренко, Н. А. Боліла, Н. П. Форостяна** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серія: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 205-210. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.33.

АННОТАЦІЯ Проведено дослідження структурно-механичних властивостей чорноморської акули катран в залежності від імпульсу сили деформації. Визначено змінення імпульсу сили деформації м'язової частини різновозрастних особей чорноморської акули катран в залежності від різних умов і термінів зберігання сировини. Приведено дані експериментальних досліджень про вплив деформуючої сили на різні частини туші акули катран. Для встановлення кореляційної зв'язки еластичних властивостей зразків з структурними властивостями досліджуваного об'єкта представлено фізичну модель деформації на розтягнення.

Ключевые слова: *плотность; коэффициент упругости; структурно-механические свойства; деформация, акула катран; срок хранения*

Надійшла (received) 12.12.2016