

УДК 641.1:[637.56:639.231] DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019\(29\)07](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019(29)07)

Олена РОМАНЕНКО к. т. н., доцент, доцент кафедри товарознавства, управління безпекою та якістю Київського національного торговельно-економічного університету
E-mail: elenrom@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1804-1225 вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

Олена СИДОРЕНКО д. т. н., професор, професор кафедри товарознавства, управління безпекою та якістю Київського національного торговельно-економічного університету
E-mail: l_fish@ukr.net
ORCID: 0000-0001-5919-4370 вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

Світлана ШАПОВАЛ проректор з науково-педагогічної роботи, к. т. н., доцент, доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету
E-mail: shapoval@knteu.kiev.ua
ORCID: 0000-0001-7650-8597 вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ПАРАМЕТРИ РИБНИХ ПРЕСЕРВІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Наведено зміни загального хімічного та фракційного складу жиру рибних пресервів із прісноводної риби і з оселедця. Проаналізовано їхній вплив на динаміку реологічних та структурно-механічних властивостей пресервів під час зберігання. Структурно-механічні властивості визначено методами пенетрації та за релаксаційним зусиллям. Установлено кореляційний зв'язок змін активної кислотності з динамікою реологічних властивостей пресервів.

Ключові слова: пресерви, товстолобик, оселедець, структурно-механічні властивості, фракційний склад жиру, релаксаційне зусилля, пенетрація.

Романенко Е., Сидоренко Е., Шаповал С. Структурно-механические параметры рыбных пресервов при хранении. Приведены изменения общего химического и фракционного состава жира рыбных пресервов из пресноводной рыбы и из сельди. Проанализировано их влияние на динамику реологических и структурно-механических свойств пресервов во время хранения. Структурно-механические свойства определены методами пенетрации и по релаксационным усилиям. Установлена корреляционная связь изменений активной кислотности с динамикой реологических свойств пресервов.

Ключевые слова: пресервы, толстолобик, сельдь, структурно-механические свойства, фракционный состав жира, релаксационное усилие, пенетрация.

Постановка проблеми. Структурно-механічні властивості продукту завжди є суттєвим критерієм вибору споживачем. Проте вони, як і фізико-хімічні та органолептичні властивості, не залишаються сталими протягом усього строку зберігання. Динаміка реологічних властивостей залежить від хімічних змін і непрямо вказує на їхню глибину, що може бути використано під час розробки нових експрес-методів аналізу окремих параметрів якості риби через встановлення реологічних характеристик та кореляційних залежностей [1; 2].

Одним із харчових продуктів, якість якого значною мірою визначається структурно-механічними властивостями, є рибні пресерви. З огляду на характер змін цих властивостей можна судити про особливості протікання процесу дозрівання: за занадто м'якої консистенції пресервів у споживача створюється враження про несвіжість продукту, за жорсткої – про його неготовність до споживання.

Формування структури та смаку рибних пресервів відбувається без термічної обробки, тому не завжди ступінь їхньої готовності та консистенцію можна оцінити сенсорним методом [3]. Інструментальні методи виміру структурно-механічних властивостей є найбільш поширеними, базуються на використанні різних приладів і дають змогу визначати реологічні характеристики продукту, енергетичні параметри деформування, руйнування його структури тощо [4].

Наведене вище свідчить про необхідність розробки бази даних для встановлення кореляційних залежностей між органолептичними та структурно-механічними властивостями рибних пресервів, що дасть змогу вкласти отримані значення параметрів у програму "MIG-діагностика 1.1" [5] і використовувати надалі еталонні значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліджено реологічні властивості та конформаційні зміни розчинних білків, виділених із смугастого сома та оброблених за різних значень рН. Установлено ізоелектричну точку його саркоплазматичних білків – рН 5.0. Термограми останніх, оброблених за рН 5–9, демонстрували екзотермічний піковий перехід [6]. Проте не визначено реологічні властивості м'яса риби, обробленого за різних значень рН.

Структурно-механічні властивості чорноморської акули катран досліджено залежно від імпульсу сили деформації. Визначено зміни імпульсу сили деформації м'язової частини різновікових особин акули

залежно від різних умов і термінів зберігання рибної сировини. Наведено дані щодо впливу деформувальної сили на різні частини туші акули катран. Для виявлення кореляційного зв'язку пружних властивостей зразків із структурними розроблено фізичну модель деформації розтягу [2].

М. А. Сидоровим [7] зі співавторами встановлено вплив біологічно активних добавок на біохімічний склад м'язів коропа і каналного сома та їхні реологічні властивості. Введення гумінових препаратів достовірно не відбилося на кількості білка та жиру в м'язах коропа, вміст білка в м'язах каналного сома збільшився, а жиру – мав протилежну залежність, і, відповідно, зросли значення граничного напруження різання досліджуваних зразків сома.

М. Сафандовск і К. Петруча (М. Safandowsk, K. Pietrucha) [8] виявили вплив різних способів обробки срібного коропа на структурно-механічні властивості його білків.

Р. Ліу (R. Liu) зі співавторами визначено залежність реологічних властивостей бульйонів із срібного коропа від рН за допомогою сканувальної електронної мікроскопії [9]. Ці методи уможливають вимірювання реологічних властивостей в'язкопружних систем, проте їх складно використовувати для визначення структурно-механічних властивостей продуктів із твердими фракціями.

Мета роботи – дослідження динаміки структурно-механічних параметрів пресервів із прісноводної (білого амура та товстолобика) і морської (оселедця) риби під час зберігання та визначення впливу їхнього загального хімічного й фракційного складу жиру рибних пресервів на структурно-механічні властивості.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – виготовлені за розробленими нами технологічними інструкціями [10] рибні пресерви: зразок 1 – з оселедця; зразок 2 – із білого амура (з додаванням ягід барбарису); зразок 3 – із товстолобика з овочами. Кожного зразка відібрано 40 шматків філе.

Дослідження проводилися щодня, з 5-го по 45-й день зберігання. Зазначений проміжок часу обрано тому, що важливо визначити структурно-механічні властивості пресервів упродовж усього ланцюга їхнього товароруку – від початку й до кінця зберігання.

Пенетраційний метод для харчових продуктів дає можливість загостреним індентором кількісно визначити не лише межу міцності поверхні, а й деформацію в товщі зразка, що імітує жування продукту, яке є складовою сенсорної оцінки консистенції, що не може бути визначена через граничне напруження різання.

Структурно-механічні властивості досліджуваних зразків визначено на багатофункціональному вимірювальному комплексі MIG-1.4 за допомогою модуля "Реологія", в якому встановлено два автоматичні пенетрометри з голчастими інденторами. Зразки пресервів щодня виймали з маринаду і визначали межу міцності поверхні та зусилля релаксації.

Визначення межі міцності методом пенетрації здійснювалося за допомогою динамометричного датчика комплексу з діапазоном вимірювань 0.001 ÷ 50 Н (ціна поділки динамометра – 0.000313 Н, період вимірювання – 0.02 с). Результати вимірювань виводяться у вигляді графіка в координатах "сила/час" та опрацьовуються в програмі "MIG-діагностика". Межу міцності поверхні визначено як пікове значення сили супротиву, поділене на площу індентора за формулою:

$$\sigma_{zp} = \frac{4(F_{нік} - P_{доод})}{\pi d^2}, \quad (1)$$

де $F_{нік}$ – пікове значення сили під час опускання індентора, мН;
 $P_{доод}$ – додаткове (некомпенсоване) значення ваги індентора, мН;
 d – діаметр індентора (середнє значення), мм.

Абсолютну похибку визначення межі міцності продукту обраховано за формулою:

$$\Delta \sigma_{zp} = \sigma_{zp} \left(\frac{\Delta F_{нік}}{F_{нік}} + \frac{\Delta P_{доод}}{P_{доод}} + 2 \frac{\Delta d}{d} \right), \quad (2)$$

де $\Delta F_{нік}$ – абсолютна похибка вимірювання сили супротиву продукту, мН.

Розбіжність результатів вимірювань, зумовлена неоднорідністю структури риби, компенсувалася семикратним повторюванням, після чого найменший та найбільший результати відкидали.

Релаксаційне зусилля визначено на модулі "Реологія" приладу MIG-1.3 за осьової деформації розтягу зі сталою швидкістю деформації. За таких умов рівнодійна деформаційних і релаксаційних сил дорівнюватиме нулю:

$$0 = -F_{пруж} + F_{деф}, \quad (3)$$

$$\text{тобто } F_{пруж} = F_{деф}. \quad (4)$$

Застосувавши закон Гука для пружних тіл, отримуємо:

$$k \Delta x = F_{деф}, \quad (5)$$

де $\vec{F}_{деф}$ – деформаційна сила, Н;

$\vec{F}_{пруж}$ – сила пружності, що виникає в деформованому тілі
(сила релаксації), Н;

k – коефіцієнт пружності зразка пресервів, Н/м;

$\Delta x = \Delta \ell$ – видовження зразка пресервів під впливом деформаційної сили, м.

Рівнодійна сил після розтягування зразка дорівнює нулю. При зменшенні сили супротиву (релаксаційного зусилля, $\vec{F}_{пруж}$) зменшується і навантаження ($\vec{F}_{деф}$), яке фіксувалося приладом MIG-1.3 в режимі реального часу. Після деформування зразка дані динамометра аналізувалися програмним забезпеченням вимірювального блока та формувалися графіки релаксації м'язової тканини пресервів [1].

Аналіз фракційного складу ліпідів рибних пресервів проведено методом тонкошарової хроматографії, вміст жиру – методом Сокслета [11], вміст вологи визначено методом висушування за температури 100–105 °С, білка (загального азоту) – за методом К'ельдаля [12], мінеральних елементів – рентгенофлуоресцентним аналізом на *ElvaX-Med* [13].

Коефіцієнт ефективності ліпідів встановлено за формулою [14]:

$$\psi = \frac{3C_{ij \min}}{\sum_{j=1}^3 C_{ij}}, \quad (2)$$

де $\sum_{j=1}^3 C_{ij}$ – сума скорів жирнокислотних фракцій в "ідеальному" ліпіді,
 $C_{ij \min}$ – мінімальний скор j -тої жирнокислотної фракції, частка одиниці,
 $\sum_{j=1}^3 C_{ij}$ – сума скорів жирнокислотних фракцій у ліпіді,
 що досліджується, частка одиниці.

Результати дослідження. Загальний хімічний склад зразків рибних пресервів після 5 та 45 діб зберігання наведено в *табл. 1*.

Таблиця 1

Хімічний склад рибних пресервів, %

(n=5, p≤0.05)

Найменування показника	На початку зберігання зразка			Після 45 діб зберігання зразка		
	1	2	3	1	2	3
Вміст: вологи	79.5±2.4	80.1±2.3	80.5±2.7	80.2±2.4	80.1±2.3	83.8±2.6
білка	11.9±0.8	11.1±0.9	10.9±0.8	10.3±0.9	10.1±0.9	9.1±0.7
жиру	4.18±0.21	3.50±0.20	3.24±0.21	3.24±0.22	3.21±0.26	2.59±0.24
мінеральних речовин	5.08±0.14	5.32±0.16	5.3±0.15	5.25±0.17	5.58±0.16	5.51±0.16

Вміст жиру в готових пресервах становив 2.29–3.5 %, що позитивно впливає на смакові властивості продукту. Стійкість пресервів під час зберігання залежить від швидкості й глибини процесів якісних змін, які відбуваються в білковій і ліпідній фракціях продукції. Відомо, що жири риб є найменш стабільними під час переробки та зберігання, тому в дослідженні споживних властивостей пресервів значну увагу приділено вивченню фракційного складу ліпідів (*рис. 1*).

У фракційному складі ліпідів пресервів переважають тригліцериди (понад 50 %), частка фосфоліпідів у 2.5–3 рази менша, вміст інших фракцій є незначним і становить від 3.6 до 4.6 % залежно від виду. Під час зберігання пресервів спостерігаються незначні кількісні зміни їхнього жирнокислотного складу, які можна пояснити протіканням гідролізу ліпідів. Окиснення останніх починається під час засолу і продовжується протягом усього строку зберігання.

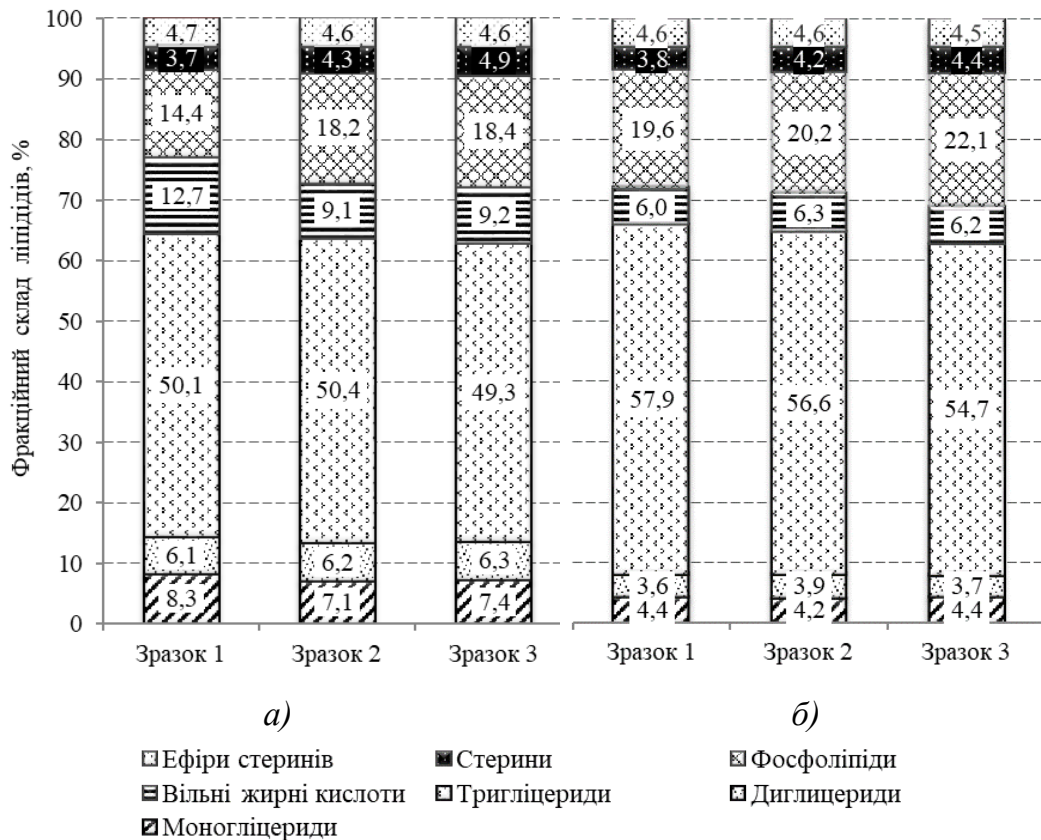


Рис. 1. Фракційний склад ліпідів рибних пресервів після зберігання:
а) 5 діб; б) 45 діб

Наявність високого вмісту моно- і поліненасичених жирних кислот свідчить, з одного боку, про високу біологічну цінність ліпідів, а з іншого – відносну нестійкість ліпідів до окиснення.

Показником біологічної цінності ліпідів є відношення $C_{18:2} : C_{18:1}$, що має становити не менше 0.25. У зразках пресервів із журавлиною та морквою це відношення майже вдвічі більше.

Розраховано коефіцієнт ефективності ліпідів рибних пресервів (рис. 2), який свідчить про повноту засвоєння ліпідів організмом людини [14].

Цей коефіцієнт дає змогу оцінити співвідношення всіх видів жирних кислот зразків пресервів. Найвищим коефіцієнт ефективності ліпідів вийшов у пресервах із оселедця.

Отримані дані свідчать про високу біологічну цінність ліпідів пресервів і корелюють з органолептичними властивостями зразків. Встановлено, що ненасичені жирні кислоти беруть участь у формуванні аромату слабосоленої продукції, до якої належать пресерви. Деякі жирні кислоти, зокрема олеїнова, здатні утворювати з амінокислотами амінокислотно-ліпідні комплекси, які надають характерного запаху дозрілої риби [14; 15].

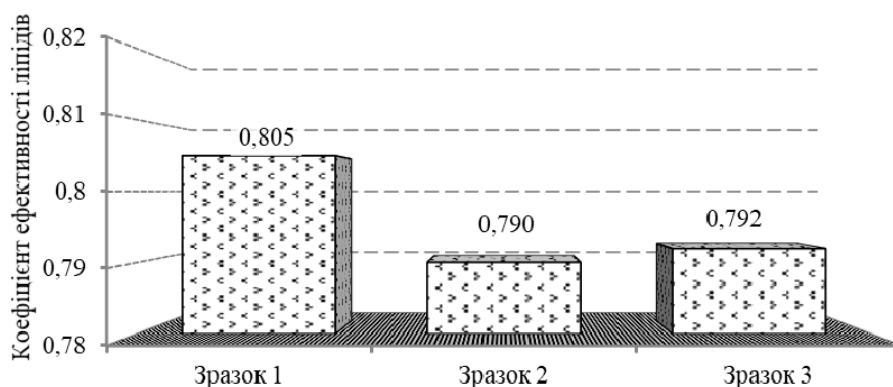


Рис. 2. Коефіцієнт ефективності ліпідів

Результати проведених досліджень довели, що під час зберігання пресервів (див. рис. 1) відбуваються зміни співвідношення окремих фракцій ліпідів, зокрема збільшилася фракція вільних жирних кислот, що можна пояснити гідролізом тригліцеридів і фосфоліпідів. Кількість останніх зменшується під час зберігання, причому фосфоліпіди розкладаються інтенсивніше, ніж тригліцериди.

Показником, який характеризує стійкість пресервів під час зберігання, є активна кислотність – рН. На першому етапі досліджень рН визначено в кожному маринаді пресервів, а далі за допомогою модуля "Експрес-тест" багатофункціонального вимірювального комплексу MIG-1.4, який містить голчастий рН-метр, встановлено активну кислотність твердої фракції пресервів (рис. 3).

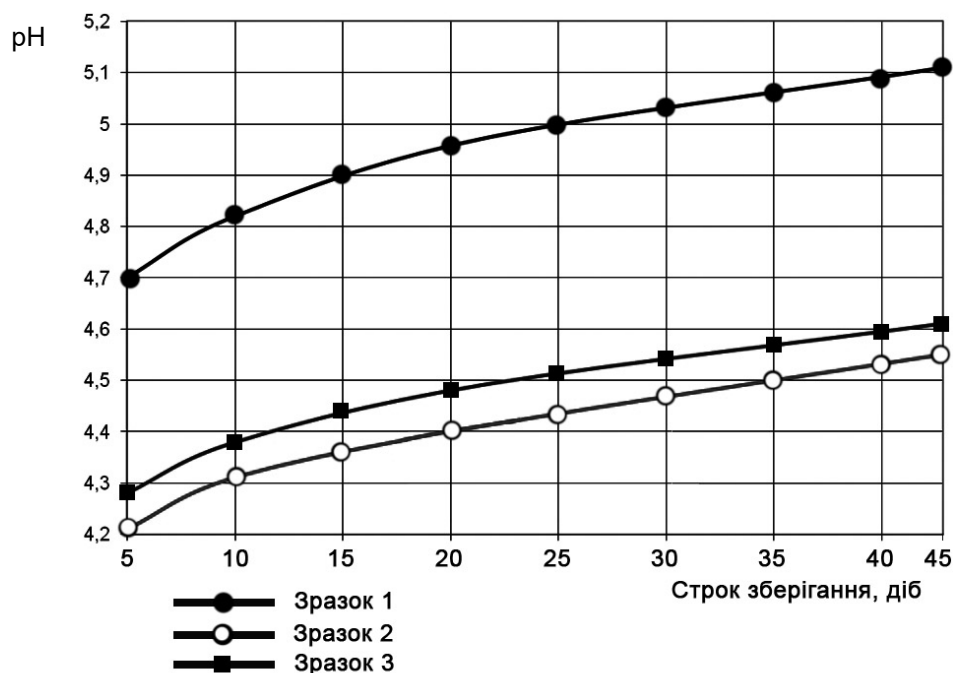


Рис. 3. Динаміка активної кислотності пресервів під час зберігання

Після зберігання спостерігалися незначні зміни показника рН у всіх зразках пресервів. Активна кислотність досліджуваних зразків із ягодами та овочами після 45 днів зберігання зросла лише на 0.28–0.33, а зразка з оселедцем – на 0.5, що свідчить про стійкість пресервів під час зберігання. Оскільки не простежувалися істотні зміни активної кислотності протягом строку зберігання пресервів, можна зробити висновок, що вони є безпечними за мікробіологічними показниками для споживання впродовж встановлених строків. За показником кислотності також можна робити висновки про характер дозрівання пресервів та змін, що водночас відбуваються. Кислотність характеризує смакові властивості продукту, що є визначальним для оцінки споживацьких переваг.

Зміни хімічного складу та активної кислотності значною мірою визначають структурно-механічні властивості продуктів переробки риби. Саме тому наступним етапом було встановлення межі міцності поверхні рибних пресервів методом пенетрації (рис. 4).

На основі регресійного аналізу графіків зміни міцності поверхні зразків установлено динаміку зменшення міцності поверхні пресервів. Зменшення міцності структури в пресервах із оселедця відбувається швидше на 28.3 %, ніж у пресервах із білого амура, і на 31.6 % швидше, ніж у пресервах із товстолобика.

Установлено, що між структурно-механічними властивостями та активною кислотністю пресервів спостерігається зворотна залежність. Визначено коефіцієнти кореляції між показниками активної кислотності та межею міцності поверхні зразків пресервів: з оселедця -0.72 , з товстолобика -0.65 , з білого амура -0.68 .

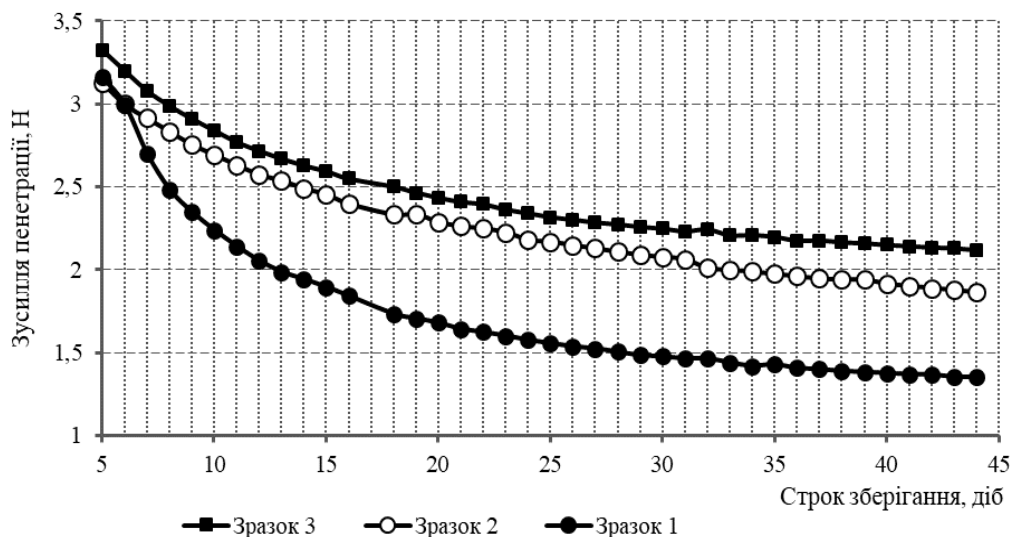


Рис. 4. Динаміка міцності поверхні зразків пресервів

Для порівняння динаміки релаксаційних властивостей пресервів під час зберігання визначено зміни релаксаційного зусилля деформації стиску (рис. 5).

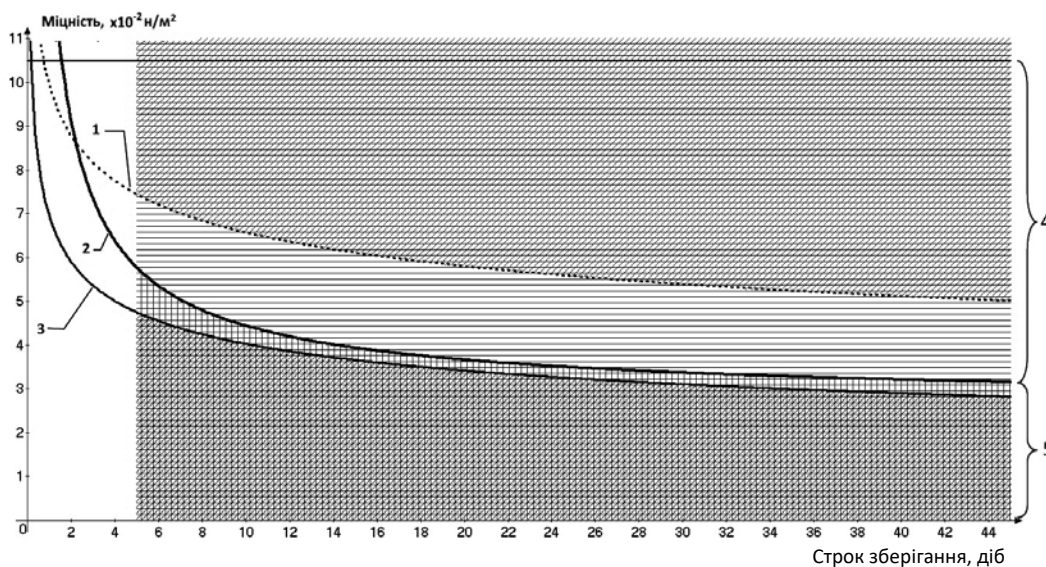


Рис. 5. Динаміка релаксаційного зусилля зразків пресервів:
1 – з оселедця; 2 – з білого амура, 3 – з товстолобика

Функція динаміки релаксаційного зусилля є межею між зоною пластичності та зоною пружності продукту.

Зразок 1 має початкове значення релаксаційного зусилля на 32.1 % вище за зразок 3 і на 24.2 % вище за зразок 2, що свідчить про більш пружну структуру пресервів із оселедця. Падіння релаксаційного зусилля вказує на швидкість руйнування структури – воно найбільше у зразка 2. Відносно невеликі значення релаксаційного зусилля зразків 1 і 2 свідчать про доцільність їхнього зберігання лише у твердій тарі (поліетиленові або скляні банки). Використання м'якої тари може призвести до незворотних змін у структурі за деформації продукції і, як наслідок, значного погіршення сенсорної оцінки консистенції споживачем, оскільки органолептично буде відчуватися пастоподібна, непружна консистенція.

Між активною кислотністю та структурно-механічними властивостями спостерігається кореляційний зв'язок. Для зразка пресервів із білого амура коефіцієнт кореляції між рН та міцністю поверхні становить -0.67 , а між рН та релаксацією він є -0.83 , що вказує на обернену залежність структурно-механічних властивостей рибних пресервів від їхньої активної кислотності.

Висновки. За результатами аналізу загального хімічного складу рибних пресервів встановлено, що зменшення вмісту білка та збільшення вмісту води під час зберігання впливає на структурно-механічні властивості, зокрема на консистенцію, яка стає більш м'якою. Кількісні зміни жирнокислотного складу пресервів під час зберігання незначні й пояснюються протіканням гідролізу ліпідів.

За результатами досліджень структурно-механічних параметрів рибних пресервів встановлено, що межа міцності поверхні зразків пресервів із білого амура та товстолобика зменшується на 17.6 і 18.3 % швидше, ніж межа міцності пресервів із оселедця.

Між структурно-механічними властивостями та активною кислотністю пресервів спостерігається зворотна кореляційна залежність, яка помітно проявляється у пресервах із оселедця, що вказує на активніші біохімічні зміни.

З'ясовано, що динаміка структурно-механічних властивостей пресервів із прісноводної риби суттєво відрізняється від зміни релаксаційного зусилля пресервів із оселедця, що обумовлює необхідність зберігання пресервів із прісноводної риби у твердій тарі.

Надалі планується встановити кореляційний зв'язок між сенсорними, фізико-хімічними та структурно-механічними параметрами пресервів з метою прогнозування змін їхньої якості під час зберігання, а також створення бази даних фізичних властивостей рибних пресервів, інтегрування її у програму "MIG-діагностика 1.1", яка виконує збір, аналіз і формування масиву даних, що уможливить автоматизувати процес визначення окремих параметрів якості рибних пресервів і створить передумови для управління їхньою якістю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Shapoval S. L., Romanenko O. V. Method of determining the relaxation force of fish. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Vol. 20, N 90. P. 7-11.
2. Сидоренко О. В., Боліла Н. О., Форостяна Н. П. Прогнозування структурних характеристик чорноморської акули катран залежно від імпульсу сили деформації. *Вісник Національного технічного ун-ту "ХПІ"*: зб. наук. пр. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ "ХПІ", 2016. № 42 (1214). С. 205-210.
3. Гуць В. С., Сидоренко О. В., Романенко О. В. Структурно-механічні властивості риборослинних продуктів. *Міжнародний науково-практичний журнал "Товари і ринки"*. 2006. № 2. С. 127-134.
4. Горбатов А. В., Маслов А. М., Мачихин Ю. А. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов. Справочник под ред. Горбатова А. В. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 296 с.
5. 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.
6. Tadpitchayangkoon Panchaporn, Park Jae W., Yongsawatdigul Jirawat. Conformational changes and dynamic rheological properties of fish sarcoplasmic proteins treated at various pHs. *Food chemistry*. 2010. N 121 (4). P. 1046-1052.
7. Сидоров М. А., Невесела, О. О., Сазанова, Н. М., Безкровна Н. І. Вплив біологічно активної добавки "Торфовіт" на біохімічні показники тканин різних видів риб. *Рибогосподарська наука України*. 2009. № 3. С. 91-95.
8. Safandowsk Marta, Pietrucha Krystyna. Effect of fish collagen modification on its thermal and rheological properties. *International journal of biological macromolecules*. 2013. N 53. P. 32-37.

9. Liu R., Zhao S. M., Liu Y. M., Yang H., Xiong S. B., Xie B. J. et al. Effect of pH on the gel properties and secondary structure of fish myosin. *Food Chemistry*. 2010. N 121 (1). P. 196-202.
10. ТУ У 15.201566117020–2018. Пресерви риборослинні з риби внутрішніх водойм. Київ: ДП Укрметртестстандарт, 2018. 24 с.
11. ДСТУ 8717:2017. Риба та рибні продукти. Методи визначення жиру. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2019. 25 с.
12. ДСТУ 8076:2015. Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроту. Визначення вмісту розчинного протеїну титрометричним методом К'ельдаля. Київ: ДП УкрНДНЦ, 2017. 12 с.
13. Reshetnyak M. V., Michaylov I. F. Roentgen fluorescent analysis of multi-component systems compositions. *Functional materials*. 2000. Vol. 7, N 2. P. 311-314.
14. Ушкалова В. Н. Стабильность липидов пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1988. 152 с.
15. Dong-Ping Zhang, Xin-Yu Zhang, Ying-Xin Yu, Jun-Ling Li, Zhi-Qiang Yu, De-Qing Wang et al. Intakes of omega-3 polyunsaturated fatty acids, polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls via consumption of fish from Taihu Lake, China: A risk–benefit assessment. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 132, Issue 2. P. 975-981. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.082>.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2019.

Romanenko O., Sydorenko O., Shapoval S. Structural-mechanical properties of fish preserves during storage.

Background. Structural-mechanical properties, along with the organoleptic and physical-chemical, are an essential criterion for choosing products by consumers. However, structural, mechanical, physical-chemical and organoleptic properties do not remain stable throughout the shelf life, in particular for fish preserves.

The dynamics of the rheological properties of fish preserves depends on chemical changes, and indirectly indicates their intensity, what can be used in developing new express methods for analyzing individual fish quality parameters through the establishment of rheological characteristics and correlation dependencies.

The aim of researches – determination of the dynamics of structural and mechanical parameters of preserves from freshwater (grass carp and silver carp) and sea (herring) fish during storage and determination of influence of their general chemical composition, fractions of fish preserves fat on structural and mechanical properties.

Materials and methods. *Research objects* – fish preserves are made according to technological instructions: sample 1 – from herring; sample 2 – from grass carp (*ctenopharyngodon idella*) with barberry; sample 3 – from the silver carp (*hypophthalmichthys*) with vegetables. Each sample is selected for 40 pieces of fillet. The shelf life of preserves is 5–45 days.

The structural-mechanical properties are determined on the multifunctional measuring complex MIG-1.4 by the *Reology* module. The fractional composition of lipids of fish preserves was carried out by thin-layer chromatography; moisture content was determined by drying method, fat by the Soxhlet method, protein content (total nitrogen) by Kjeldahl method, mineral elements by X-ray fluorescence analysis on *ElvaX-Med*.

Results. The protein content of preservative samples ranges from 11.9 to 10.9 %. After 45 days of storage, it decreases, as there is partial denaturation of proteins and the appearance of amino acids. The moisture content is increased somewhat in finished preserves. These changes affect the structural and mechanical properties, in particular, the consistency that becomes softer during the shelf life of preserves.

The dynamics of reducing the strength of the surface of preserves is established. The reduction in the structure's strength in herring preserves is faster by 28.3 % than in grass carp preserves and 31.6 % faster than in silver carp preserves.

After storage, there were slight changes in the index of active acidity in all samples of preserves. The pH of samples studied with berries and vegetables after 45 days of storage increased only by 0.28–0.33, and the pH of the sample with herring was 0.5, indicating the stability of preserves for storage.

The correlation coefficient between the indicator of active acidity and the strength limit of the sample surface of herring preserves is -0.72 ; for preserves from the silver carp -0.65 ; from the grass carp -0.68 . Relatively small values of the relaxation effort for preserves from freshwater fish indicate the expediency of their storage only in solid containers.

Conclusion. According to the analysis of the general chemical composition of fish preserves, it has been established that decreasing the protein content and increasing the moisture content during storage affects the consistency, which becomes softer. Changes in the fatty acid composition of preserves during storage are negligible and due to the hydrolysis of lipids.

According to the results of research of structural and mechanical parameters of fish preserves, it was established that the surface strength of samples of preserves from grass carp and silver carp decreases by 17.6 and 18.3 % faster than the strength of preserves from herring.

The inverse correlation dependence between the structural-mechanical properties and the active acidity of the preserves is observed.

It is established that the dynamics of structural and mechanical properties of preserves from freshwater fish is significantly different from the change in the relaxation force of preserves from herring. Therefore, preserves from freshwater fish are best kept in solid containers.

Keywords: preserves, silver carp, herring, structural and mechanical properties, fractional fat composition, relaxation effort, penetration.

REFERENCES

1. Shapoval, S. L., & Romanenko, O. V. Method of determining the relaxation force of fish. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. (Vol. 20), 9, 7-11 [in English].
2. Sydorenko, O. V., Bolila, N. O., & Forostjana, N. P. (2016). Prognozuvannja strukturnyh harakterystyk chornomors'koi' akuly katran zalezjno vid impul'su syly deformacii' [Forecasting of the structural characteristics of the Black Sea shark Katran depending on the momentum of the strain force]. *Visnyk Nacional'nogo tehnicznego un-tu "HPI" – Bulletin of the National Technical University "KhPI", 42 (1214), 205-210*. Harkiv: NTU "HPI" [in Ukrainian].
3. Guc', V. C., Sydorenko, O. V., & Romanenko, O. V. (2006). Strukturno-mehanichni vlastyvoli ryboroslynnyh produktiv [Structural-mechanical properties of fish-breeding products]. *Mizhnarodnyj naukovo-praktychnyj zhurnal "Tovary i rynky" – International scientific and practical magazine "Goods and Markets", 2, 127-134* [in Ukrainian].
4. Gorbatov, A. V., Maslov, A. M., & Machihin, Ju. A (1982). Strukturno-mehanicheskie harakteristiki pishhevyyh produktov [Structural and mechanical characteristics of food products]. Moscow: Legkaja i pishhevaja promyshlennost' [in Russian].
5. Shapoval, S. L., Romanenko, R. P., & Forostjana, N. P. (2017). Diagnostyka fizychnyh vlastyvostryj harchovyh produktiv [Diagnostics of physical properties of food products]. Kyi'v: Kyi'vs'kyj nacional'nyj torgovel'no-ekonomchnyj universytet [in Ukrainian].

6. Tadpitchayangkoon, Panchaporn, Park Jae, W., Yongsawatdigul, Jirawat. (2010). Conformational changes and dynamic rheological properties of fish sarcoplasmic proteins treated at various pHs. *Food chemistry – Food chemistry*, 121 (4), 1046-1052 [in English].
7. Sydorov, M. A., Nevesela, O. O., Sazanova, N. M., & Bezkrivna, N. I. Vplyv biologichno aktyvnoi' dobavky "Torfovit" na biohimichni pokaznyky tkanyn riznyh vydiv ryb [Influence of the biologically active additive "Torfovit" on biochemical indices of tissues of different species of fish]. *Rybogospodars'ka nauka Ukrainy – Rybogospodars'ka nauka Ukrainy*, 3, 91-95 [in Ukrainian].
8. Safandowsk, Marta & Krystyna, Pietrucha. (2013). Effect of fish collagen modification on its thermal and rheological properties. *International journal of biological macromolecules*, 5, 32-37 [in English].
9. Liu, R., Zhao, S. M., Liu, Y. M., Yang, H., Xiong, S. B., Xie, B. J et al. (2010). Effect of pH on the gel properties and secondary structure of fish myosin. *Food Chemistry*, 121 (1), 196-202 [in English].
10. Preservy ryboroslynni z ryby vnutrishnih vodojm [Fish-breeding preserves from fish of inland water]. *TU U 15.201566117020–2018*. Kyi'v: Kyi'vs'kyj nacional'nyj torgovel'no-ekonomchnyj universytet [in Ukrainian].
11. Ryba ta rybni produkty. Metody vyznachennja zhyru [Fish and fish products. Methods of fat determination]. (2019). *DSTU 8717:2017*. Kyi'v. DP UkrNDNC [in Ukrainian].
12. Produkty bilkovi roslynnogo pohodzhennja. Makuhy ta shroty. Vyznachennja vmistu rozchynnogo protei'nu tytrometrychnym metodom K'jel'dalja [Protein products of plant origin. Oilcakes and grist. Determination of content of soluble protein by the titrimetric method of Kjeldahl]. (2017). *DSTU 8076:2015*. Kyi'v. DP UkrNDNC [in Ukrainian].
13. Reshetnyak, M. V., & Michaylov, I. F. (2000). Roentgen fluorescent analysis of multi-component systems compositions. *Functional materials*. (Vol. 7), 2, 311-314 [in English].
14. Ushkalova, V. N. (1988). Stabil'nost' lipidov pishhevyh produktov [Food lipid stability]. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
15. Dong-Ping, Zhang, Xin-Yu, Zhang, Ying-Xin, Yu, Jun-Ling, Li, Zhi-Qiang, Yu, De-Qing, Wang et al. (2012). Intakes of omega-3 polyunsaturated fatty acids, polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls via consumption of fish from Taihu Lake. China: A risk–benefit assessment. *Food Chemistry*. (Vol. 132), (Is. 2), 975-981. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.082> [in English].