

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.8.047:664.959

*Михайло КРАВЧЕНКО,
Світлана ШАПОВАЛ,
Інна ДАНИЛЮК*

КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ СУШІННЯ РИБНОГО КОНЦЕНТРАТУ ІЗ АТЕРИНИ ЧОРНОМОРСЬКОЇ

Наведено результати дослідження кінетики сушіння рибного фаршу із атерини чорноморської за різних температур. Установлено раціональний режим сушіння січеної рибної маси в сушильному апараті конвективним способом. Досліджено функціонально-технологічні властивості рибного концентрату.

Ключові слова: рибна січена маса, сушіння, кінетика, масообмін, регідратація.

Кравченко М., Шаповал С., Данылюк И. Кинетика процесса сушки рыбного концентрата из атерины черноморской. Представлены результаты исследования кинетики сушки рыбного фарша из атерины черноморской при различных температурах. Установлен рациональный режим сушки рубленой рыбной массы в сушильном аппарате конвективным способом. Исследованы функционально-технологические свойства рыбного концентрата.

Ключевые слова: рыбная рубленая масса, сушка, кинетика, массообмен, регидратация.

Постановка проблеми. Перспективним резервним видом риб Азово-Чорноморського басейну є атерина чорноморська (*Atherina tochon pontica*), яка не має широкого промислового використання [1]. За розмірами атерина відноситься до дріб'язку III групи – найбільша довжина риби в п'ятирічному віці не перевищує 15 см, однак частіше зустрічаються дрібніші екземпляри [2].

Зважаючи на високий біологічний потенціал атерини чорноморської, нами запропоновано технологію переробки її на рибний концентрат сушінням – найбільш поширеним і давнім способом

консервування. Залежно від методу підведення теплової енергії використовують конвективні, контактні, терморадіаційні (інфрачервоним опроміненням) і сублімаційні способи сушіння риби [3; 4].

Відомо поверхневе сушіння цілої риби в каналних, камерних, шафових сушарках, а також на відкритому повітрі. Недоліками цього методу є втрати розчинних білків у сухому продукті та тривалість процесу, тому такі способи застосовуються обмежено, переважно на дрібних немеханізованих підприємствах [5].

Для сушіння харчових продуктів використовують мікрохвильову НВЧ-енергію, при якій різко інтенсифікуються процеси теплої масообміну. Останніми роками запропоновано різні варіанти сушильних установок із використанням НВЧ-енергії, зокрема, в різних комбінаціях з іншими методами: конвекцією, інфрачервоним випромінюванням, ультрафільтрацією тощо [6]. Однак за відсутності установок НВЧ-сушіння вітчизняного виробництва та через високу вартість зарубіжних апаратів цей спосіб не набув широкого використання.

Сушіння методом сублімації засноване на перетворенні води з твердого стану в газоподібний, минаючи рідкий. Заморожений продукт зневоднюється при глибокому вакуумі. Цей метод перспективний, проте дорогий і потребує спеціального устаткування [7].

Існують відомості про спроби застосувати сушіння для виробництва сушеного кальмара, рибної крупки та борошна з мідій, що дали позитивні результати. Роботи в цьому напрямі проводилися на підприємствах м. Одеси (Україна). Одним із завдань рибообробних компаній є впровадження прогресивних технологій, які уможливають отримувати сушені продукти з гідробіонтів зі збереженням їхньої якості [8].

Процес сушіння є одним із основних етапів технології отримання концентрату з атерини чорноморської. При великій кількості способів сушіння харчових продуктів оптимальний режим створюється за мінімальних витрат теплоти й енергії та максимального збереження технологічних показників [9]. Якість сушеного рибного концентрату залежить від тривалості теплового впливу та рівномірності прогрівання січеної рибної маси під час сушіння з максимальним видаленням вологи. Ці фактори визначають органолептичні властивості готового сушеного концентрату та терміни його зберігання.

Конвективне сушіння є найпоширенішим методом, під час якого тепло передається від джерела теплової енергії до поверхні рибної сировини за допомогою теплоносія [10] і, зважаючи на всі переваги й недоліки, нами обрано метод сушіння атерини чорноморської в сушильній установці конвективного типу СШ-1.

Сушений рибний фарш із атерини чорноморської – це концентрат поживних речовин, зокрема, біологічно активних, і використання його в технології кулінарної продукції уможливорює підвищити біологічну цінність харчових продуктів насамперед за рахунок збільшення вмісту білків і мінеральних речовин.

Мета дослідження – встановлення оптимальних режимів сушіння рибної січеної маси із атерини чорноморської в сушильній шафі з метою отримання рибного концентрату та дослідження його функціонально-технологічних властивостей.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – січена маса із атерини чорноморської весняного вилову з басейну Чорного моря (м. Одеса).

Відбір проб проведено згідно з ГОСТ 31339:2006 [11], масову частку вологи та сухих речовин – висушуванням за температури 100–105 °С, білка – методом К'ельдаля, золи – ваговим методом після мінералізації наважки продукту в муфельній печі за температури 600 °С згідно з ГОСТ 7636:85 [12].

Сушіння рибної січеної маси із атерини чорноморської здійснено в сушильному апараті СШ-1 за температури 50, 70 і 100 °С. Зменшення маси під час сушіння контролювали через кожні 30 хв. На основі отриманих даних побудовано криві сушіння концентрату із атерини чорноморської.

Коефіцієнт водопоглинання сушеного рибного концентрату із атерини чорноморської визначено за здатністю до набухання у воді за температури 20, 35 і 55 °С.

Результати дослідження. Розроблено технологічну схему (рис. 1) отримання концентрату з атерини чорноморської, яка складається з таких етапів:

- підготовка сировини до виробництва – підсистема I;
- сушіння в сушильному апараті – підсистема II;
- товарне оформлення концентрату – підсистема III.

У підсистемі I підготовлену атерину чорноморську розморожували на повітрі за температури 18 ± 2 °С, потім піддавали механічній кулінарній обробці, яка передбачає відокремлення голови, потрошіння (видалення нутроців) і миття. Промиту атерину викладали на пробивні перфоровані сита для стікання води, після чого подрібнювали на м'ясорубці.

На етапі підсистеми II підготовлену січену масу розміщували на перфоровані листи шаром завтовшки 10 ± 1.5 мм і направляли до сушильної шафи з температурою 100 °С – висушували протягом 3–4 год до залишкової вологості 8.0–10.0 % (зразок № 1), 70 °С – висушували 3.5–4.5 год до залишкової вологості 9.0–11.0 % (зразок № 2), 50 °С – висушували 5–6 год до залишкової вологості 10.0–12.0 % (зразок № 3).

На етапі підсистеми III отриману сушену рибну масу охолоджували до температури 18 ± 2 °С, потім подрібнювали в млині до розміру частинок $5-10 \cdot 10^{-6}$ м, просіювали крізь металеві сита, викладали на металеві листи та піддавали пастеризації за температури 96 ± 3 °С протягом $60 \cdot 3$ с. Отриманий рибний концентрат фасували в герметичні пакети із багатошарових металізованих матеріалів.

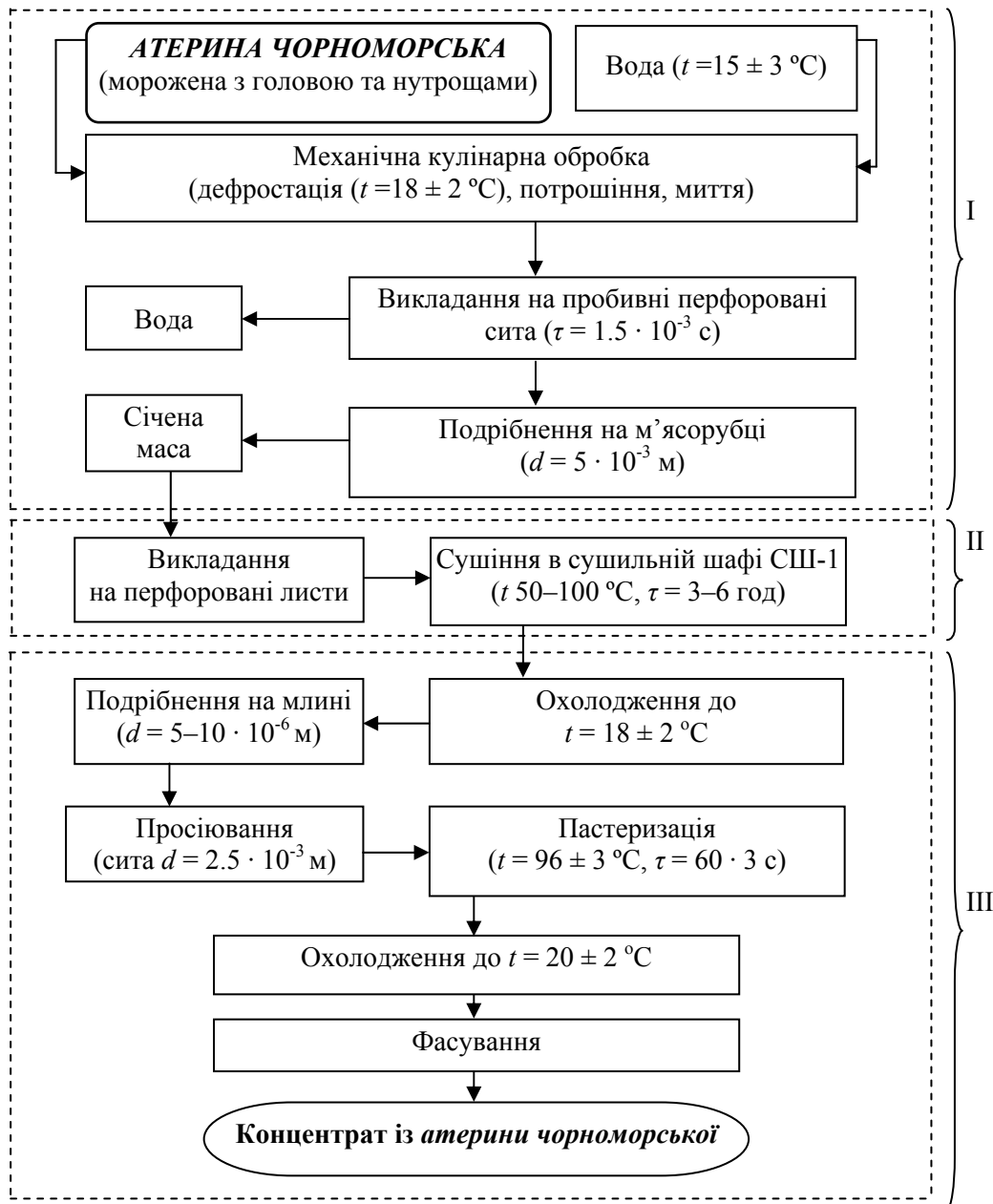


Рис. 1. Технологічна схема виробництва концентрату з атерини чорноморської

Основними технологічними параметрами під час сушіння (підсистема II) є температура та тривалість процесу, які сприяють формуванню собівартості й відповідних функціонально-технологічних властивостей готового рибного концентрату.

Режими сушіння підібрано відповідно до основних критеріїв – температури й часу сушіння. Рибну масу зважували кожні 30 хв. Кінетику процесу сушіння представлено на рис. 2. У початковий період швидкість сушіння за таких температурних режимів досить висока, тому що в цей період видаляється поверхнева волога. Надалі швидкість сушіння знижується.

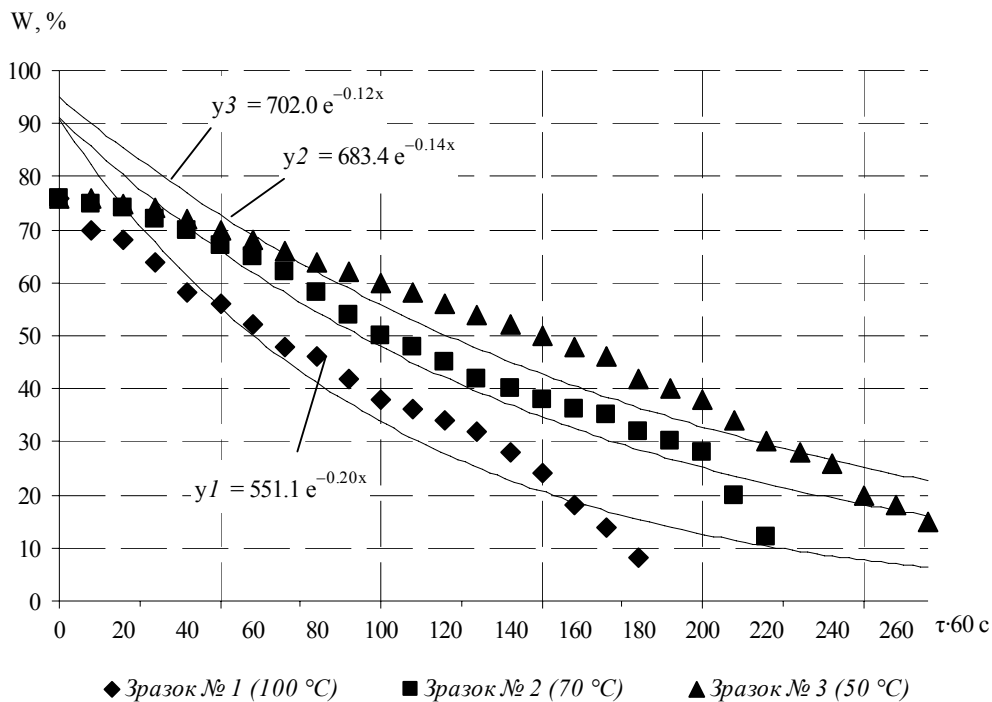


Рис. 2. Криві сушіння рибного концентрату з атерини чорноморської за різних температур сушильного агента

Із кривих сушіння видно, що вологість риби найшвидше знижується за температури теплового агента 100 °C, що приводить до швидкого затвердіння поверхні. За такої температури можливо висушити матеріал до більш низького залишкового вмісту води за короткий проміжок часу порівняно із застосуванням повітря температурою 70 і 50 °C. При температурі повітря 100 °C висушування до вмісту води 8–10 % відбувалося за 180 хв, при 70 °C – вміст води 9–11 % досягався після 270 хв висушування, а при 50 °C – тільки через 5.5 год вміст води в рибному концентраті становив 10–12 %.

Для обґрунтування оптимального режиму сушіння рибного концентрату із атерини чорноморської досліджено зміну його органолептичних і фізико-хімічних показників (табл. 1).

Результати досліджень свідчать, що при сушінні за температури 100 °C залишковий вміст білків, що містяться в сушеному рибному фарші, нижчий на 2.2 %, ніж за температури сушіння 50 °C, а при 70 °C – нижчий на 0.8 % порівняно зі зразком № 1. Це пов'язано із денатурацією білка, частина якого виділяється за рахунок швидкого зниження води в січеній масі.

Дослідженнями підтверджено, що з погляду енерговитрат, якості готового рибного концентрату із атерини чорноморської та з метою формування відповідної харчової цінності раціональним є сушіння за температури 70 °C.

Таблиця 1

Якість рибного концентрату із атерини чорноморської
за різних температурних режимів сушіння

Найменування показника	Номер зразка та температура сушіння		
	№ 1 100 °C	№ 2 70 °C	№ 3 50 °C
Тривалість сушіння	$10.8 \cdot 10^3$ с	$16.2 \cdot 10^3$ с	$19.8 \cdot 10^3$ с
<i>Органолептичні показники</i>			
Зовнішній вигляд	Однорідний без сторонніх включень		
Колір	Золотистий	Сірий	Світло-сірий
Смак	Властивий цьому виду риби, виражений, без сторонніх присмаків		
Запах	Властивий рибі, виражений, без сторонніх запахів		
<i>Фізико-хімічні показники, % ($\pm m$)</i>			
Масова частка:			
- вологи	9.0 ± 1.0	10.0 ± 1.5	11.0 ± 1.0
- білка	65.8 ± 1.4	66.1 ± 1.5	66.7 ± 1.4
- золи	11.8 ± 0.1	11.8 ± 0.1	11.8 ± 0.1
- ліпідів	2.4 ± 0.1	2.4 ± 0.1	2.4 ± 0.2

Ураховуючи, що готовий рибний концентрат із атерини чорноморської планується використовувати під час приготування страв і кулінарних виробів, наступний етап досліджень – визначення регідратаційних властивостей рибного концентрату.

Відновлення концентрату проведено у воді за різних температур і визначено коефіцієнт водопоглинання висушених трьох зразків (табл. 2). Ці температурні режими для відновлювання обрано з огляду на технологічні аспекти приготування страв і кулінарних виробів у закладах ресторанного господарства.

Таблиця 2

Коефіцієнт водопоглинання сушеного рибного концентрату
із атерини чорноморської за різних температур $p \leq 0.05$

Температура сушіння, °C	Температура води, °C		
	20	35	55
50	3.8 ± 0.2	4.4 ± 0.3	4.9 ± 0.3
70	3.6 ± 0.3	4.0 ± 0.2	4.3 ± 0.3
100	2.5 ± 0.3	2.9 ± 0.1	3.2 ± 0.2

Як видно з отриманих результатів, із підвищенням температури води для відновлення значення коефіцієнта водопоглинання зростає, що свідчить про покращання гідратаційної здатності концентрату із атерини чорноморської. За температури сушіння 50 і 70 °C отримано вищі значення коефіцієнта водопоглинання, ніж за температури 100 °C. Це можна пояснити здатністю рибного концентрату при нижчих температурах сушіння краще утримувати вологу. За температури

сушіння 100 °С білки рибного концентрату втрачають властивість розчинятися й утримувати воду. Відповідно коефіцієнт водопоглинання нижчий, ніж за температури сушіння 50 і 70 °С, при яких не відбувається повної денатурації білків і частина їх зберігає властивість розчинятися.

Висновки. За дослідженою кінетикою сушіння рибного фаршу із атерини чорноморської та якістю готового концентрату встановлено раціональний режим сушіння: температура 70 °С, тривалість – 180–220 хв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зуев Г. В. Пелагические рыбы Черного моря: состав, распределение и современное состояние запасов. Промысл. Биоресурсы Черного и Азовского морей. Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2011. С. 26—65.
2. Рыбы вод Украины / Атерина черноморская (*Atherina pontica* (Eichwald, 1831)). URL : <http://fish.kiev.ua>.
3. Воскресенский Н. А. Посол, копчение и сушка рыбы. Изд. 3-е, доп. и перераб. М. : Пищевая пром-сть, 1966. 563 с.
4. Мазаракі А. А., Кравченко М. Ф., Карпенко П. О., Пересічний М. І., Федорова Д. В. Технологія харчових продуктів функціонального призначення : монографія; 2-ге вид., переробл. і доп. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. 1116 с.
5. Suslov A., Fatychov J., Erlichman V. The peculiar features of the drying process in the heat pump drying installation. Scientific journal NRU ITMO Series "Processes and food Production Equipment". N. 2 (8). URL : <http://processes.ihbt.ifmo.ru>.
6. Черевко О. І., Михайлов В. М., Потапов В. О., Бабкіна І. В., Михайлова С. В. Використання мікрохвильової вакуумної обробки в процесах виробництва овочевих концентратів : монографія. Харків : ХДУХТ, 2014. 117 с.
7. Сублимационная сушка рыбы: Обработка продуктов. Обработка рыбы. URL : <http://sublimatsionnaya-sushka-ryiby.html>.
8. Дейниченко Г. В., Карнаушенко Ю. В., Гузенко В. В., Мар'єнков Ю. І. Аналітичний огляд прогресивних процесів сушіння гідробіонтів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. ; відпов. ред. О. І. Черевко. Харків : ХДУХТ, 2014. Вип. 1 (19). С. 124—133.
9. Лыков А. В. Теория сушки : учебн. пособ. М. : Энергия, 1968. 472 с.
10. Янчева М. О., Пешук Л. В., Дроменко О. Б. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса і м'ясопродуктів : навч. посіб. Київ : Вид-во "Центр учбової літератури", 2008. 303 с.
11. ГОСТ 31339–2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. М. : ФГУП "Стандартинформ", 2010. 13 с.
12. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Изд-во стандартов, 1985. 138 с.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2017.

*Kravchenko M., Shapoval S., Danyliuk I. Kinetics of the process of drying fish concentrate from *Atherina mochon pontica*.*

Background. A perspective reserve species of fishes of the Azov Black Sea basin is the aterina Black Sea (*Atherina mochon pontica*) which has no wide industrial use [1].

Considering the high biological potential of an aterina Black Sea the technology of processing it into a fish concentrate by drying has been offered. Process of drying is one of the main stages of technology of receiving a concentrate from an aterina Black Sea. We have chosen a method of drying of an aterina Black Sea in a drying installation of the convective SSh-1 type.

Dried minced fish from an aterina Black Sea is a concentrate of nutrients, in particular biologically active, and its use in technology of culinary products allows to increase the biological value of food products, first of all due to increase in content of proteins and mineral substances.

The aim of study is establishment of the optimum modes of drying of chopped fish mass from aterina Black Sea in a drying cabinet in order to receive a fish concentrate and a research of its functional and technological properties.

Material and methods. A research object is chopped mass from aterina Black Sea of spring catch from the basin of the Black Sea (Odessa).

Sampling is made in accordance with GOST 31339: 2006 [11], a mass fraction of moisture and solids was established by drying at a temperature of 100–105 °C, of protein by Kyeldal's method, ashes by a weight method after a product was mineralized in the muffle furnace at a temperature of 600 °C in accordance with GOST 7636: 85 [12].

Drying of chopped fish from aterina Black Sea was carried out in the drying device SSh-1 at a temperature of 50, 70 and 100 °C. Reduction of weight when drying was controlled every 30 min. On the basis of the obtained data curves of drying of a concentrate from aterina Black Sea are constructed.

Coefficient of water absorption of a dried fish concentrate from aterina Black Sea was determined by ability to swell in water at the temperatures of 20, 35 and 55 °C.

Results. The technological scheme (*fig. 1*) of obtaining a concentrate from aterina Black Sea which consists of the following stages was developed: preparation of raw materials for production – I subsystem; drying in the drying device – II subsystem; commodity registration of a concentrate – III subsystem.

The modes of drying were picked up according to the main criteria – temperature and time of drying. Kinetics of process of drying is presented in *fig. 2*.

The curves of drying show that at the air temperature of 100 °C drying to necessary moisture content lasted 180 min., at 70 °C – after 270 min. and at 50 °C – after 5.5 h.

To justify the optimum mode of drying of fish concentrate from aterina Black Sea change of its organoleptic and physical and chemical indicators (tab. 1) were investigated.

Taking into account that it is planned to use the fish concentrate from aterina Black Sea ready to prepare dishes and culinary products, its rehydration properties were defined. Coefficient of water absorption increases with temperature increase of water.

At a temperature of drying of 50 and 70 °C coefficient of water absorption is higher than at 100 °C that can be explained by the ability of a fish concentrate to hold moisture better at low temperatures of drying. At a temperature of drying of 100 °C proteins of fish concentrate lose property to be dissolved and hold water, thus a coefficient of water absorption is lower.

Conclusion. The rational mode of drying was established based on the studied kinetics of drying of minced fish from aterina Black Sea and quality of a ready concentrate: temperature is 70 °C, duration – 180–220 min.

Keywords: fish chopped mass, drying, kinetics, massmtransfer, rehydration.

REFERENCES

1. Zuev G. V. Pelagicheskie ryby Chernogo morja: sostav, raspredelenie i sovremennoe sostojanie zapasov. Promysl. Bioresursy Chernogo i Azov-skogo morej. Sevastopol' : JeKOSI – Gidrofizika, 2011. S. 26—65.

2. Ryby vod Ukrainy / Aterina chernomorskaja (Atherina pontica (Eichwald, 1831)). URL : <http://fish.kiev.ua>.
3. *Voskresenskij N. A.* Posol, kopchenie i sushka ryby. Izd. 3-e, dop. i pererab. M. : Pishhevaja prom-st', 1966. 563 s.
4. *Mazaraki A. A., Kravchenko M. F., Karpenko P. O., Peresichnyj M. I., Fedorova D. V.* Tehnologija harchovyh produktiv funkcional'nogo pryzna-chennja : monografija; 2-ge vyd., pererobl. i dop. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2012. 1116 s.
5. *Suslov A., Fatychov J., Erlichman V.* The peculiar features of the drying process in the heat pump drying installation. Scientific journal NRU ITMO Series "Processes and food Production Equipment". N. 2 (8). URL : <http://processes.ihbt.ifmo.ru>.
6. *Cherevko O. I., Myhajlov V. M., Potapov V. O., Babkina I. V., Myhajlova S. V.* Vykorystannja mikrohvyvl'ovoi' vakuumnoi' obrobky v procesah vyrobnyctva ovochevyh koncentrativ : monografija. Harkiv : HDUHT, 2014. 117 s.
7. *Sublimacionnaja sushka ryby: Obrabotka produktov. Obrabotka ryby.* URL : <http://sublimatsionnaya-sushka-rybyi.html>.
8. *Dejnynchenko G. V., Karnausenko Ju. V., Guzenko V. V., Mar'jenkov Ju. I.* Analitychnyj ogljad progresyvnyh procesiv sushinnja gidrobiontiv. Progresyvni tehnika ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli : zb. nauk. pr. ; vidpov. red. O. I. Cherevko. Harkiv : HDUHT, 2014. Vyp. 1 (19). C. 124—133.
9. *Lykov A. V.* Teorija sushki : uchebn. posob. M. : Jenergija, 1968. 472 s.
10. *Jancheva M. O., Peshuk L. V., Dromenko O. B.* Fyzyko-himichni ta biohimichni osnovy tehnologii' m'jasa i m'jasoproduktiv : navch. posib. Kyi'v : Vyd-vo "Centr uchbovoi' literatury", 2008. 303 s.
11. GOST 31339–2006. Ryba, nerybnye obekty i produkcija iz nih. Pravila priemki i metody otbora prob. M. : FGUP "Standartinform", 2010. 13 s
12. GOST 7636–85. Ryba, morskije mlekopitajushhie, morskije bespozvonochnye i produkty ih pererabotki. Metody analiza. M. : Izd-vo standartov, 1985. 138 s.