

УДК 664.95

А. А. Яшонков

Актуальные проблемы переработки рыбного сырья при производстве сушеной продукции

Представлено обоснование необходимости применения консервирования рыбного сырья, добытого промыслом и выращенного на аквафермах. Показаны основные проблемы консервирования рыбного сырья, в том числе значительное снижение содержания термолабильных витаминов в готовом продукте по сравнению с исходным сырьем за счет применения термической обработки. Определен перспективный способ консервирования – вакуумная сушка, позволяющий снизить температуру термической обработки сырья до 50...55 °С и значительно повысить сохранность термолабильных витаминов исходного сырья. Отбор проб сырья, полуфабрикатов, готового продукта, в том числе подготовку к анализу, проводили гостированными методами. В результате выявлены недостатки данного способа, заключающиеся в низкой энергоэффективности процесса. Разработан способ интенсификации вакуумной сушки гидробионтов методом предварительного порообразования за счет увеличения площади поверхности испарения влаги. Предложена конструкция экспериментальной установки для исследования процесса порообразования и вакуумной сушки. Определены объекты переработки для производства пищевых продуктов (филе бычка азовского) и кормовых продуктов (килька черноморская). Разработана рецептура кормовой смеси для гранулированного плавающего корма для форели. Даны результаты первой серии экспериментальных исследований. Экспериментально доказано, что предварительное порообразование непосредственно перед процессом вакуумной сушки позволяет увеличить площадь поверхности испарения влаги на 15...25 %. Путем обработки микрофотографий срезов с использованием специальной компьютерной программы получены результаты, показывающие, что во время производства сушеной продукции способом порообразования и сушки при давлении 10 кПа поры занимают 35...38 % внутреннего объема продукта, тогда как при сушке при давлении 10 кПа – 18...21 %, а при условии сушки при атмосферном давлении – лишь 11...13 %.

Ключевые слова: переработка рыбного сырья, сушка, сохранность термолабильных витаминов, порообразование.

Введение

Водные объекты – это незаменимый продукт питания, который обеспечивает потребность человека в белках животного происхождения, широкой гамме витаминов, различных микроэлементов и биологически активных веществ [1]. Рыбное хозяйство поставляет на мировой рынок морские и пресноводные организмы (гидробионты) в количестве, которое составляет половину объема производства продукции теплокровных животных. За счет рыбы и рыбных продуктов на 20–30 % обеспечивается потребность населения в белках животного происхождения [1; 2]. При этом ежегодно для фуражных целей используется около 28 млн т рыбы¹.

Гидробионты являются скоропортящимся продуктом. В связи с этим для их сохранности применяют различные способы консервирования. Одним из таких способов является получение сушеных продуктов, которые пользуются спросом как продукт питания (снеки, закуски и т. д.) и кормовой продукт (комбикорма для крупного рогатого скота, акваферм и т. д.).

К недостаткам процесса сушки относят достаточно высокие энергозатраты и продолжительность. В связи с этим ведущие перерабатывающие предприятия стремятся использовать прогрессивные способы сушки рыбного сырья (вакуумная, инфракрасная и др.).

Перспективным способом консервирования является вакуумная сушка, которая способна обеспечивать высокую сохранность термолабильных витаминов за счет снижения температуры процесса. При этом значительно возрастает продолжительность сушки по сравнению с другими способами (радиационная, конвективная и др.).

Целью исследования является интенсификация процесса вакуумной сушки рыбного сырья за счет предварительного порообразования с целью увеличения площади поверхности испарения влаги.

Материалы и методы

В качестве основного сырья при проведении исследований использовали фарш из размороженного и вручную разделанного на филе бычка азовского (снеки) и фарш из неразделанной свежей кильки черноморской.

¹ Переработка мелкой рыбы неэффективна [Электронный ресурс] // Информационный центр "Рыбные ресурсы". Мурманск, 2008. URL: <http://www.fishres.ru/news/print.php?id=9972>.

Отбор проб сырья, полуфабрикатов и готового продукта, а также подготовку к анализу проводили в соответствии с ГОСТ 7636-85² и ГОСТ 31339-2006³.

Начальную влажность сырья определяли методом высушивания пробы при температуре 100...105 °С по ГОСТ 7636-85.

Для анализа структуры пористого и высушенного рыбного сырья использовали коммерческую компьютерную программу GEL-IMAGE-ANALYZER (GIA), разработанную Берлинским техническим университетом и адаптированную для решения поставленных задач. В соответствии с классификацией, принятой в анализе изображений, микрофотографии пористого и сушеного рыбного сырья относятся к системам с контурным изображением, где отображаются границы силуэтного изображения в виде замкнутой незаурядной линии с точками одинаковой яркости, цвета и интенсивности закрашивания. Использовалась селекция объектов по принадлежности к одному из структурных элементов, составляющих продукт и поры. Применение соответствующих цветовых фильтров позволило разделить анализируемые образцы с высокой степенью достоверности.

Основной материал исследований

В мировом рыбном хозяйстве нарастает тенденция уменьшения промышленных квот и наращивания темпов развития аквакультуры [3]. За последние 20–25 лет общая мировая промышленная добыча гидробионтов в океане практически стабилизировалась и находится в пределах 80–90 млн т в год, тогда как основной прирост добычи водных биологических ресурсов обеспечивается только за счет аквакультуры.

Согласно оценке Производственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), к 2030 г. для сохранения современного потребления продовольствия на душу населения понадобится дополнительно 40 млн т рыбы и морепродуктов в год. Удовлетворить такой спрос можно только за счет развития аквакультуры [1].

Рыба и рыбопродукты обладают большой гаммой витаминов и биологически активных веществ. В пищевой и перерабатывающей промышленности из-за применения термических способов консервирования количество полезных веществ уменьшается на 70–80 %.

Как было сказано ранее, сушеные рыбные продукты нашли широкое применение в пищевой промышленности в качестве снеков-закусок, а в перерабатывающей промышленности – в качестве добавок к комбикормам.

Одним из перспективных и малоисследованных способов сушки [4–11] является вакуумная сушка, применение которой позволяет снизить температуру процесса до 50...55 °С и значительно сохранить термолабильные витамины исходного сырья. Как известно из теории сушки, процесс испарения влаги при сушке в первую очередь происходит со свободной поверхности [11]. Таким образом, увеличение площади поверхности испарения дает возможность интенсифицировать процесс сушки.

Проведя анализ литературных источников [5–9; 12], нами была выдвинута гипотеза, что проведение "микровзрывов" (порообразования) в прогретом до 55 °С исходном сырье за счет резкого сброса давления позволит значительно увеличить площадь поверхности испарения влаги.

Результаты первой серии исследований подтвердили выдвинутую гипотезу и показали возможность интенсификации процесса вакуумной сушки за счет измельчения рыбного сырья до состояния фарша и предварительного порообразования путем резкого сброса давления [12]. Процесс рассматривался на примере получения чипсов из фарша бычка азовского и кормового гранулированного продукта из мелкой несортовой рыбы и рыбных отходов [12].

К получаемым продуктам были предъявлены дополнительные требования: для снеков – обеспечение требуемых потребительских качеств (вкус, цвет, консистенция); для кормовой продукции – обеспечение требований стандарта к плавающим гранулированным кормам (корма для форели – более 180 мин нахождения на водной поверхности без разрушения структуры гранулы).

Принцип работы экспериментальной установки

Первая серия экспериментов была проведена на специально разработанной установке [13], внешний вид и схема которой представлена на рис. 1.

Исходное сырье в виде фарша из бычка азовского для снеков и кормовой смеси по разработанной рецептуре [12] для гранул корма (таблица) загружали в перфорированную пластину 3, которую размещали на термовесах 2 в рабочей камере 1. На водяной бане 4 рабочую камеру с образцами нагревали до 55 °С.

² ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М., 2010. 89 с.

³ ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. М., 2010. 12 с.

В это время в ресивере 6 вакуум-насосом 5 снижали давление до абсолютного значения 5...10 кПа. После прогрева ресивер соединяли через кран с рабочей камерой, давление в системе выравнивалось на отметке 10...15 кПа, происходил "микровзрыв" – порообразование. Далее проводили вакуумную сушку при постоянной температуре 50...55 °С.

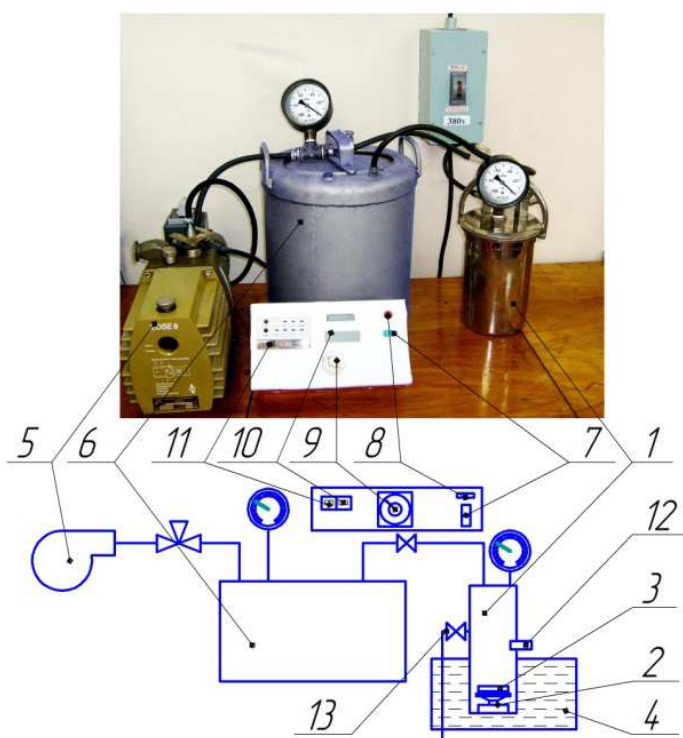


Рис. 1. Внешний вид и схема исследовательской установки:

- 1 – рабочая камера; 2 – термовесы; 3 – перфорированная пластина с исследуемыми образцами;
 4 – водяная баня; 5 – вакуум-насос; 6 – ресивер; 7 – выключатель; 8 – контрольная лампа;
 9 – терморегулятор; 10 – экран термовесов; 11 – экран показаний температуры в рабочей камере;
 12 – датчик измерения температуры; 13 – кран игольчатый

Fig. 1. The appearance and the scheme of the research plant:

- 1 – processing chamber; 2 – thermobalance; 3 – perforated plate with study samples;
 4 – water bath; 5 – vacuum pump; 6 – receiver; 7 – switch; 8 – monitor lamp;
 9 – temperature control device; 10 – thermobalance screen; 11 – temperature reading screen
 in the processing chamber; 12 – temperature gauge; 13 – needle cock

Таблица. Расчетные данные по составу кормовой смеси для гранул корма

Table. The estimated data on the feed mixture composition for feed pellets

Компонент	Содержание, %	Норма закладки для получения 10 кг смеси, кг	Норма закладки для получения 10 кг готового продукта, кг
Килька черноморская	68,0	6,80	12,36
Шрот соевый	2,0	2,00	0,36
Шрот рапсовый	2,0	2,00	0,36
Соль поваренная	1,5	1,50	0,27
Мука известковая	2,0	2,00	0,36
Жмых соевый	24,5	2,45	4,45
Всего	100,0	10,00	18,16

Результаты и обсуждение

При проведении первой серии экспериментов выполнялась сушка одинаковых образцов продуктов тремя способами: 1 – сушка при атмосферном давлении; 2 – сушка при давлении 10 кПа; 3 – сушка с предварительным порообразованием при давлении 10 кПа. Далее исследовался срез полученных продуктов цифровым микроскопом BresserLCDMicro с четырехкратным увеличением. На фотографиях приведены срезы снеков для сушки при атмосферном давлении (рис. 2, а), сушки снеков под вакуумом

(рис. 2, б), порообразования и сушки снеков под вакуумом (рис. 2, в). Анализ срезов показал, что пористый продукт имеет значительно больше пор, заполненных воздухом, т. е. можно видеть отличие пористого продукта от высушенного. Материал гранул корма имел аналогичную структуру.

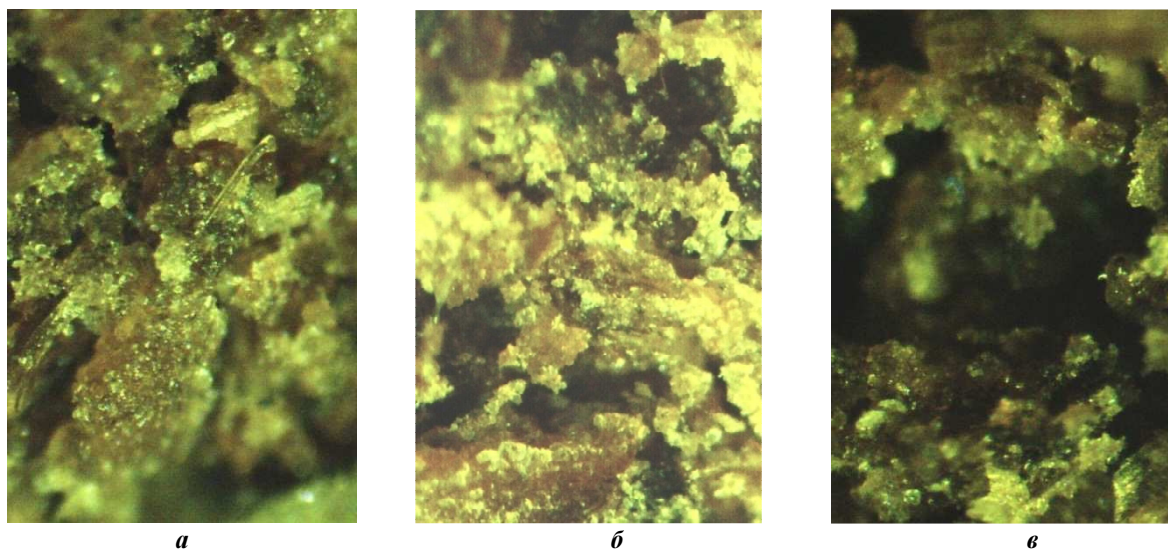


Рис. 2. Срезы высушенных снеков (четырёхкратное увеличение):
а – сушка при атмосферном давлении; б – вакуумная сушка при давлении 10 кПа;
в – порообразование и сушка при давлении 10 кПа
Fig. 2. The sections of the dried snacks (fourfold increase):
а – drying under the atmospheric pressure; б – vacuum drying under the pressure 10 kPa;
в – pore forming and drying under the pressure 10 kPa

Исследование структуры снеков и гранул, полученных различными способами, позволили определить среднее относительное количество пор во внутреннем объеме готового продукта путем обработки микрофотографий срезов с использованием специальной компьютерной программы (GIA) (рис. 3). Как показано на графике, во время получения смесей способом порообразования и сушки при давлении 10 кПа поры занимают 35...38 % внутреннего объема продукта, тогда как при сушке при давлении 10 кПа – 18...21 %, а при условии сушки при атмосферном давлении – лишь 11...13 %.

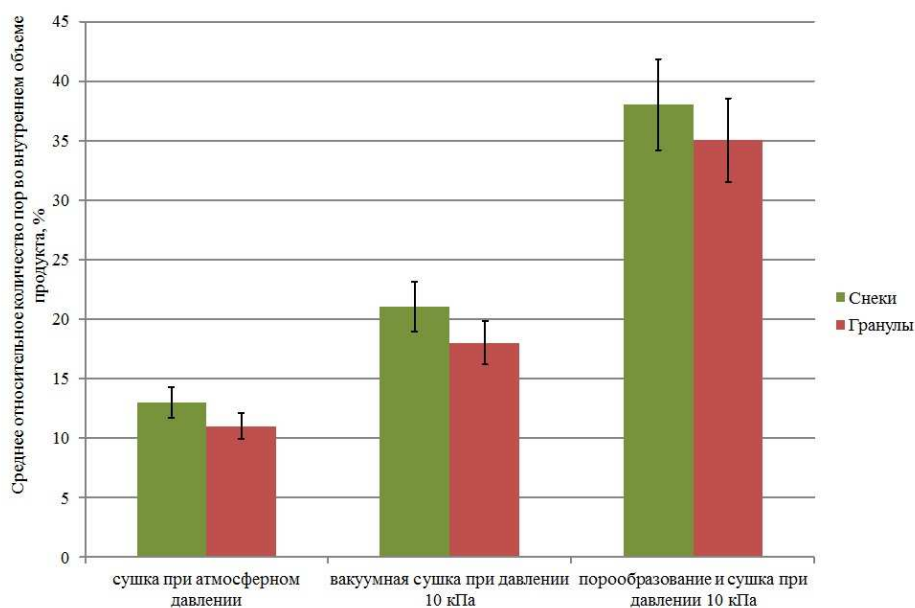


Рис. 3. Зависимость среднего относительного количества пор во внутреннем объеме готового продукта от способа получения сушеных продуктов
Fig. 3. Dependence of the average relative amount of pores in the internal volume of the finished product on the method of manufacturing dried products

Во время сушки в случае возникновения пор увеличивается площадь поверхности испарения влаги. Основываясь на данных, полученных во время экспериментальных исследований, по размерам образованных пор проведен расчет дополнительной площади испарения. Результаты расчетов приведены на рис. 4, а (снеки) и 4, б (кормовая продукция).

Анализ результатов первой серии экспериментов и данных на рис. 4 показал, что увеличение поверхности испарения влаги происходит постепенно как при порообразовании, так и во время сушки. Проведение порообразовании перед процессом сушки позволяет увеличить площадь испарения влаги, и как следствие, уменьшить энергозатраты за счет уменьшения продолжительности процесса [14].

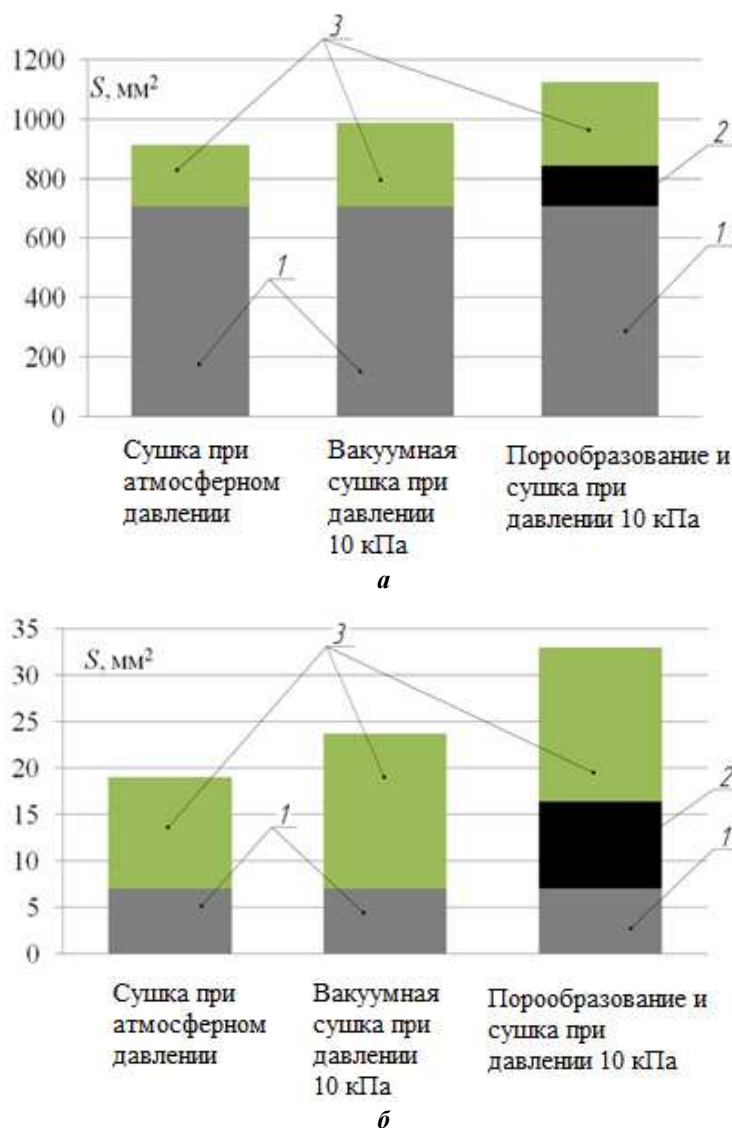


Рис. 4. Изменение площади поверхности испарения (S) влаги во время порообразования и сушки при производстве снеков (*а*) и гранулированных кормов (*б*):

1 – начальная площадь поверхности испарения; 2 – увеличение площади поверхности испарения за период порообразования; 3 – увеличение площади поверхности испарения за период сушки
 Fig. 4. Change of the moisture evaporation surface area (S) in the process of pore forming and drying when producing snacks (*а*) and pelleted feeds (*б*):

1 – the initial area of the evaporation surface; 2 – augmentation of the evaporation surface area in the period of pore forming; 3 – augmentation of the surface area evaporation for the period of drying

Заключение

В результате проведенного литературного обзора показано, что рыба и морепродукты являются незаменимыми продуктами питания как для человека, так и для животных. При этом весь объем выращенной аквакультурой и добытой промыслом рыбы и морепродуктов требует переработки на пищевые и фуражные цели энергоэффективными способами консервирования.

Авторами выдвинута гипотеза, что предварительное порообразование перед вакуумной сушкой позволит увеличить площадь поверхности испарения влаги.

Результаты первой серии экспериментов на разработанной установке подтвердили выдвинутую гипотезу.

Дальнейшие исследования будут направлены на получение экспериментальных данных и теоретических расчетных данных рациональных параметров получения сушеных пористых рыбопродуктов при температуре не более 55 °С, а также проверке сохранности термолабильных витаминов исходного сырья при производстве сушеной продукции по предложенному способу.

Библиографический список

1. Гринжевский Н. В. Интенсификация производства продукции аквакультуры во внутренних водоемах Украины. Киев : Мир, 2000. 192 с.
2. Моисеев П. А. Современная продукция и основные тенденции развития мировой аквакультуры. М. : ВНИИПРХ, 1991. 38 с.
3. Довбыш О. Э., Губанов Е. П., Туркулова В. Н. Зарубежный опыт развития морской аквакультуры и ее приоритетные задачи в Украине // Рыбное хозяйство Украины. 2010. № 2 (67). С. 2–9.
4. Ершов А. М., Похольченко В. А., Ершов М. А. Опыт внедрения современных технологий сушки и копчения рыбы на базе малых инновационных предприятий // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, № 6 (2). С. 367–370.
5. Леонтьева А. И., Брянкин К. В., Дегтярев А. А., Орехов В. С. Научные основы техники сушки термолабильных материалов. Тамбов : Изд-во Академии естествознания, 2011. 100 с.
6. Ермолаев В. А. Разработка технологии вакуумной сушки обезжиренного творога : дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2008. 168 с.
7. Левашко Е. И. Сушка высоковлажных материалов сбросом давления : дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2002. 141 с.
8. Слезов В. В., Кутовой В. А., Николайчук Л. И. К теории испарения воды при термовакуумной сушке // Промышленная теплотехника. 2006. Т. 28, № 5. С. 54–58.
9. Кутовой В. А., Медведева Е. П., Николаенко А. А. [и др.]. Вакуумная сушка сельхозпродукции, влияние различных видов и режимов сушки на энергетические затраты, биологическую и пищевую ценность. Харьков : Препринт ХФТИ, 2003. 24 с.
10. Cook E. M., DuMont H. D. Process drying practice. NY : McGraw-Hill, 1991. P. 18–31.
11. Лыков А. В. Теория сушки. М. : Энергия, 1968. 472 с.
12. Сукманов В. А., Яшонков А. А. Переработка рыбного сырья на вспененные смеси и экспериментальное оборудование для исследования этого процесса // Оборудование и технологии пищевых производств: темат. сб. науч. трудов. 2011. Вып. 27. С. 168–173.
13. Конструкция учебно-исследовательской установки для получения вспененных смесей : пат. 88108 Украина / Яшонков А. А., Сукманов В. А. № u 2013 13092 ; заявл. 11.11.13 ; опубл. 25.02.14, Бюл. № 4.
14. Yashonkov A., Sukmanov V. Research of process of output of foamed mixtures made of raw fish // Journal of EcoAgriTourism. 2014. V. 1, N 1 (28). P. 103–108.

References

1. Grinzhevskiy N. V. Intensifikatsiya proizvodstva produktsii akvakulturyi vo vnutrennih vodoemah Ukrainy [Intensification of production of aquaculture in inland fisheries of Ukraine]. Kiev : Mir, 2000. 192 p.
2. Moiseev P. A. Sovremennaya produktsiya i osnovnye tendentsii razvitiya mirovoy akvakultury [Modern products and main trends in development of the world aquaculture]. M. : VNIIPRH, 1991. 38 p.
3. Dovbysh O. E., Gubanov E. P., Turkulova V. N. Zarubezhnyi opyt razvitiya morskoy akvakultury i ee prioritetye zadachi v Ukraine [Foreign experience in development of the marine aquaculture and its priorities in Ukraine] // Rybnoe hozyaystvo Ukrainy. 2010. N 2 (67). P. 2–9.
4. Ershov A. M., Pohl'chenko V. A., Ershov M. A. Opyt vnedreniya sovremennykh tehnologiy sushki i kopcheniya ryby na baze malykh innovatsionnykh predpriyatii [Experience of introduction of modern technologies of drying and smoking fish on the basis of small innovative enterprises] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2013. V. 15, N 6 (2). P. 367–370.
5. Leont'eva A. I., Bryankin K. V., Degtyarev A. A., Orehov V. S. Nauchnye osnovy tehniki sushki termolabilnykh materialov [Scientific basis of technology of drying thermolabile materials]. Tambov : Izd-vo Akademii estestvoznaniya, 2011. 100 p.
6. Ermolaev V. A. Razrabotka tehnologii vakuumnoy sushki obezhirennogo tvoroga [Development of technology for vacuum drying of skim milk cheese] : dis. ... kand. tehn. nauk. Kemerovo, 2008. 168 p.
7. Levashko E. I. Sushka vysokovlaznykh materialov sbrosom davleniya [Drying high moisture materials with pressure relief] : dis. ... kand. tehn. nauk. Kazan, 2002. 141 p.

8. Slezov V. V., Kutovoy V. A., Nikolaychuk L. I. K teorii ispareniya vody pri termovakuumnoy sushke [The theory of water evaporation during thermal vacuum drying] // Promyshlennaya teplotehnika. 2006. V. 28, N 5. P. 54–58.

9. Kutovoy V. A., Medvedeva E. P., Nikolaenko A. A. [i dr.]. Vakuumnaya sushka selhozproduksii, vliyaniye razlichnykh vidov i rezhimov sushki na energeticheskie zatraty, biologicheskuyu i pischevuyu tsennost [Vacuum drying of agricultural products, the effect of different types and modes of drying on energy costs, the biological and nutritional value]. Harkov : Preprint HFTI, 2003. 24 p.

10. Cook E. M., DuMont H. D. Process drying practice. NY : McGraw-Hill, 1991. P. 18–31.

11. Lykov A. V. Teoriya sushki [The theory of drying]. M. : Energiya, 1968. 472 p.

12. Sukmanov V. A., Yashonkov A. A. Pererabotka rybnogo syrya na vspenennyye smesi i eksperimentalnoye oborudovaniye dlya issledovaniya etogo protsessa [Processing of raw fish into foamed mixtures and experimental equipment to study this process] // Oborudovaniye i tehnologii pischevykh proizvodstv: temat. sb. nauch. trudov. 2011. Vyp. 27. P. 168–173.

13. Konstruktsiya uchebno-issledovatel'skoy ustanovki dlya polucheniya vspennykh smesey [Design of the training and research plant to produce foamed mixtures] : pat. 88108 Ukraina / Yashonkov A. A., Sukmanov V. A. N u 2013 13092 ; zayavl. 11.11.13 ; opubl. 25.02.14, Byul. N 4.

14. Yashonkov A., Sukmanov V. Research of process of output of foamed mixtures made of raw fish // Journal of EcoAgriTourism. 2014. V. 1, N 1 (28). P. 103–108.

Сведения об авторе

Яшонков Александр Анатольевич – ул. Орджоникидзе, 82, г. Керчь, Республика Крым, Россия, 298309; Керченский государственный морской технологический университет, канд. техн. наук, доцент; e-mail: jashonkov@mail.ru

Yashonkov A. A. – 82, Ordzhonikidze Str., Kerch, Republic of the Crimea, Russia, 298309; Kerch State Maritime Technological University, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: jashonkov@mail.ru

A. A. Yashonkov

Current problems of raw fish material processing while manufacturing dried products

The substantiation for using techniques of fish raw material canning has been presented, raw fish being caught or farmed in aquaculture. The main problems in raw fish canning have been reviewed, including significant reduction in thermolabile vitamins in the ultimate product as compared with the raw material due to the thermal processing. Promising canning technique – vacuum drying – has been proposed. This technique makes possible to reduce the temperature of thermal processing down to 50...55 °C and significantly enlarge preservation of thermolabile vitamins from the raw fish. Sampling of raw materials, semi-finished products, finished products, including preparation for analysis has been conducted by standard methods. Disadvantages of this way have been found, it is low energy efficiency of the process. The way to intensify the vacuum drying of aquatic organisms has been proposed based on the method of preliminary pore-forming due to augmenting the area of moisture evaporation. The design of the pilot plant has been proposed in order to research the process of pore forming and vacuum drying. Target species for processing have been suggested. They are as follows: Azov goby (fillet) for food products and Black Sea sprat for feeds. The recipes of the feed mixture for granulated floating food for trout have been developed. The results of the first series of the pilot research have been provided. The experiments have proved that preliminary pore forming immediately before vacuum drying makes possible to enlarge the surface area of moisture evaporation by 15...25 %. By processing photomicrographs of sections by means of a special software the authors have got the results demonstrating that when manufacturing dried products by pore forming and drying under pressure 10 kPa the pore take 35...38 % of the inner volume of the product and with drying under pressure 10 kPa – only 18...21 %, and when drying under the atmospheric pressure – 11...13 %.

Key words: fish material processing, drying, preservation of thermolabile vitamins, pore forming.