

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

TECHNOLOGICAL PROCESSES, MACHINES AND APPARATUS FOR PROCESSING AQUATIC BIORESOURCES

Научная статья
УДК 664.953
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-4-143-148>
EDN DJCACV

Исследование влияния растительных добавок на изменение массовой доли влаги в рыбном фарше при сушке

Светлана Васильевна Золотокопова , Ибрахим Корома*

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, zotokopova@mail.ru**

Аннотация. Представлены экспериментальные данные о влиянии растительных добавок на изменение массовой доли влаги в рыбном фарше при сушке. В качестве образцов для сушки брали фарш из целой рыбы, фарш из тушки рыбы, фарш из филе рыбы с морковью, фарш из филе рыбы с кукурузной мукой. В качестве рыбного сырья брали наиболее распространенную в Сьерра-Леоне рыбу – сардинеллу (*Sardinella maderensis*). На основании экспериментальных исследований построены кривые сушки в зависимости от изменения массовой доли влаги в рыбном фарше с растительными добавками, обоснованы режимы сушки. Низкотемпературный режим 50 °С и высокотемпературный режим 100 °С и разный цикл сушки позволяют получать сухие основы для супов и соусов. В результате проведенных исследований показано, что на изменение массовой доли влаги в рыбном фарше при сушке оказывает влияние не только температура, но и наличие растительных добавок. Фарш из филе в конце процесса сушки и при 50, и при 100 °С имеет наибольшее значение массовой доли удаленной влаги (75,0 и 74,0 % соответственно). При добавлении кукурузной муки в рыбный фарш массовая доля удаленной влаги после сушки уменьшается до 69,1 % при 50 °С и до 68,2 % при 100 °С. На основании полученных данных можно говорить о перспективности использования растительных добавок при производстве сухих основ из рыбного фарша для рыбных супов и соусов.

Ключевые слова: сардинелла (*Sardinella maderensis*), рыбный фарш, кукурузная мука, морковь, сушка, массовая доля влаги

Для цитирования: Золотокопова С. В., Корома И. Исследование влияния растительных добавок на изменение массовой доли влаги в рыбном фарше при сушке // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 4. С. 143–148. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-4-143-148>. EDN DJCACV.

Original article

Studying influence of vegetable additives on changing moisture mass fractions in minced fish when drying

Svetlana V. Zolotokopova , Ibrahim Koroma*

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, zotokopova@mail.ru**

Abstract. The article presents experimental data on the effect of vegetable additives on changing the moisture mass fractions in minced fish in the course of drying. Minced whole fish, minced fish carcass, minced fish fillet with carrots,

minced fish fillet with corn flour were taken as samples for drying. The most common fish in Sierra Leone, sardinella (*Sardinella maderensis*), was taken as fish raw material. Based on experimental studies, the drying curves were built depending on the changes in the mass fractions of moisture in minced fish with vegetable additives, the drying modes were substantiated. The low-temperature regime of 50 °C and the high-temperature regime of 100 °C and different drying cycles make it possible to obtain dry bases for soups and sauces with high organoleptic characteristics and increased nutritional value. As a result of the research, it was shown that the changes in the mass fraction of moisture in minced fish in the course of drying were influenced not only by temperature, but also by vegetable supplements. Minced fillet at the end of the drying process at both 50 and 100 °C has the highest value of the mass fraction of removed moisture (75.0 and 74.0%, respectively). When corn flour is added to minced fish, the mass fraction of removed moisture after drying decreases to 69.1% at 50 °C and to 68.2% at 100 °C. Based on the data obtained, we can talk about the prospects of using vegetable additives in the production of dry bases from minced fish for fish soups and sauces.

Keywords: *Sardinella (Sardinella maderensis)*, minced fish, cornflour, carrots, drying, mass fraction of moisture

For citation: Zolotokopova S. V., Koroma I. Studying influence of vegetable additives on changing moisture mass fractions in minced fish when drying. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2022;4:143-148. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-4-143-148>. EDN DJCACV.

Введение

Рыбная отрасль всего мира, в частности Сьерра-Леоне, выполняет одну из важнейших функций – обеспечение населения высококачественным легкоусвояемым белком на основе рационального использования ресурсов Мирового океана. Расширение ассортимента готовой продукции возможно за счет использования малоценных видов рыб и их глубокой переработки в продукты питания [1, 2]. Особую актуальность производство рыбной продукции приобретает для коррекции дефицита белковых и минеральных незаменимых элементов рациона, что является одной из приоритетных задач в реализации государственной Концепции здорового питания населения Сьерра-Леоне [3].

Так как рыбное сырье является быстропортящимся, то для использования его на пищевые цели необходимо находить эффективные технологические методы и способы переработки. Сушка является наилучшим способом максимального сохранения всех ценных пищевых компонентов сырья в течение длительного времени, что позволяет расширять ассортимент пищевой рыбной продукции [4]. Из высушенного рыбного сырья можно изготавливать сухие концентраты, которые в дальнейшем использовать для приготовления рыбных супов и соусов [1].

Для обогащения рыбного сырья пищевыми волокнами, витаминами и минеральными компонентами используют растительное сырье, создавая поликомпонентные композиции [4]. Растительные компоненты не только повышают пищевую ценность рыбопродуктов питания, но и влияют на их органолептические показатели [5] и функционально-технологические свойства [6].

Известно множество способов высушивания рыбного сырья: конвективная сушка, сушка под вакуумом, сублимационная сушка, инфракрасная сушка [7]. Но в условиях слаборазвитой промышленности в Сьерра-Леоне предпочтение отдается конвективным способам сушки [3].

Для ускорения процесса сушки дисперсных материалов большое значение имеет степень измельчения и физико-химические параметры сырья [8]. Одним из важнейших параметров является изменение массовой доли влаги в процессе сушки, на который оказывает влияние теплоемкость сырья и его химический состав [9].

Содержание влаги является одним из наиболее важных и широко используемых показателей при обработке и оценке пищевых продуктов.

Цель исследования – изучить изменения массовой доли влаги в рыбном фарше при добавлении в него растительных компонентов при различных режимах сушки.

Объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования проводили в лабораториях кафедры «Технология товаров и товароведение» Астраханского государственного технического университета. В качестве сырья использовали сардинеллу (*Sardinella maderensis*) как наиболее распространенную в выловах рыбной отрасли Сьерра-Леоне, кукурузную муку и морковь. Для исследования измельчали в фарш целую потрошенную сардинеллу, разделанную на тушку и филе. Предварительно был изучен химический состав использованного сырья (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Химический состав сырья
Chemical composition of raw materials

Сырье	Химический состав, %					
	Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Пищевые волокна	Зола
Сардинелла	76,2	20,1	2,1	0,0	0,0	1,6
Мука кукурузная	14,0	7,0	1,5	72,0	4,4	0,8
Морковь	68,0	0,3	0,1	28,9	5,4	1,2

Сардинелла, выловленная в Сьерра-Леоне, относится к белковому низкожирному сырью, кукурузная мука содержит большое количество углеводов и небольшое количество растительного белка. Кукурузная мука и морковь содержат пищевые волокна, которые будут оказывать влияние на дисперсность системы и процесс сушки.

Для изучения влияния моркови и кукурузной муки на процесс сушки рыбного фарша были приготовлены следующие образцы: фарш из целой рыбы, фарш из тушки рыбы, фарш из филе рыбы с морковью, фарш из филе рыбы с кукурузной мукой.

Процесс сушки исследуемого материала проводили способом конвективной сушки с использованием сушильного шкафа ПЭ-4610 при следующих технологических параметрах: температура воздуха +50 и +100 °С, скорость потока воздуха 3–5 м/с, высота слоя продукта – 0,5 см.

Процесс сушки считается завершенным по достижении равновесной концентрации влаги в продукте. Для определения продолжительности сушки, массовой доли влаги и конечной влажности продукта через определенные промежутки времени были отобраны образцы, в которых в процессе высушивания экспериментально определено содер-

жание влаги. К навеске образца фарша из филе рыбы массой 10 г прибавляли 1 г растительных ингредиентов и высушивали образец в бюксе при указанных параметрах. После охлаждения бюксы с образцом в эксикаторе и взвешивания с точностью до 0,01 г рассчитывали массовую долю влаги в образцах по следующей формуле:

$$A = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m)} \times 100,$$

где A – массовая доля влаги в образце, %; m – масса бюксы, г; m_1 – масса навески с бюксой до высушивания, г; m_2 – масса навески с бюксой после высушивания, г.

Изменения массы образца определяют по формуле

$$D = M_1 - M_2,$$

где Δ – изменение массы; M_1 – масса образца до сушки, г; M_2 – общая масса образца после высушивания, г.

Результаты исследования и обсуждение

Полученные результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Table 2

Массовая доля удаленной влаги в образцах фаршевых систем при температуре сушки 50 и 100 °С

Mass fraction of moisture in samples of mince systems at drying temperatures of 50 °С and 100 °С

Образец	Масса бюксы m , г	Масса бюксы с навеской m_1 , г	Масса навески, г	Масса бюксы с навеской после высушивания m_2 , г	Массовая доля удаленной влаги, % в образцах
<i>Массовая доля влаги в образцах фаршевых систем при 50 °С через 6 ч</i>					
Фарш из целой рыбы	19,0	29,0	10,0	21,8	72,0
Фарш из тушки	15,9	25,9	10,0	18,5	74,0
Фарш из филе	19,7	29,7	10,0	22,2	75,0
Фарш из филе с морковью	19,2	30,2	11,0	21,9	75,5
Фарш из филе с кукурузной мукой	19,0	30,0	11,0	22,4	69,1
<i>Массовая доля влаги в образцах фаршевых систем при 100 °С через 2 ч</i>					
Фарш из филе	14,1	24,1	10,0	16,7	74,0
Фарш из филе с кукурузной мукой	13,2	24,2	11,0	16,7	68,2
Фарш из филе с морковью	17,9	28,9	11,0	20,7	74,6

Таблица 3

Table 3

Масса рыбного фарша после сушки при температуре 50 и 100 °С

Weight of minced fish after drying at 50 °С and 100 °С

Образец	Температура сушки, °С	Общее время сушки образцов, ч	Масса образца до сушки M_1 , г	Масса образца после сушки M_2 , г
Фарш из целой рыбы	50	6 : 00	10,0	2,8 ± 0,01
Фарш из тушки				2,6 ± 0,03
Фарш из филе				2,5 ± 0,01
Фарш из филе с морковью			11,0	2,7 ± 0,02
Фарш из филе с кукурузной мукой				3,4 ± 0,03
Фарш из филе	100	2 : 00	10,0	2,6 ± 0,01
Фарш из филе с кукурузной мукой				11,0
Фарш из филе с морковью				

В табл. 2 представлены данные эксперимента для расчета изменения массовой доли влаги в образцах фаршевых систем после сушки при 50 °С через 6 ч и при 100 °С через 2 ч. Образцы фарша из целой рыбы и тушки, высушенные при 50 °С, были органолептически непривлекательными, а также было выяснено, что костная составляющая оказывает влияние на процесс удаления влаги из образца за счет изменения его теплопроводности, поэтому для дальнейших исследований влияния растительных добавок на изменение массовой доли влаги при сушке были выбраны образцы фарша из рыбного филе.

Из таблицы видно, что наибольшее количество массовой доли удаленной влаги во время сушки – у рыбного фарша из филе и рыбного фарша с морковью. У рыбного фарша с кукурузной мукой мас-

совая доля удаленной влаги имеет наименьшие значения вследствие поглощения влаги кукурузной мукой и перевода ее в связанную форму. На влажность фарша из целой рыбы и тушки оказывает влияние наличие в фарше костной составляющей.

Процесс сушки образцов продолжали до постоянной массы. Масса рыбного фарша после сушки при температурах 50 и 100 °С представлена в табл. 3.

При температуре 50 °С показатели постоянной массы достигаются через 6 ч, при температуре 100 °С – через 2 ч. За счет добавления кукурузной муки рыбный фарш приобретает пастообразную консистенцию и хуже отдает влагу при сушке.

По результатам исследования были построены динамические кривые изменения массовой доли влаги в образцах в течение 2–6 ч сушки (рис. 1, 2).

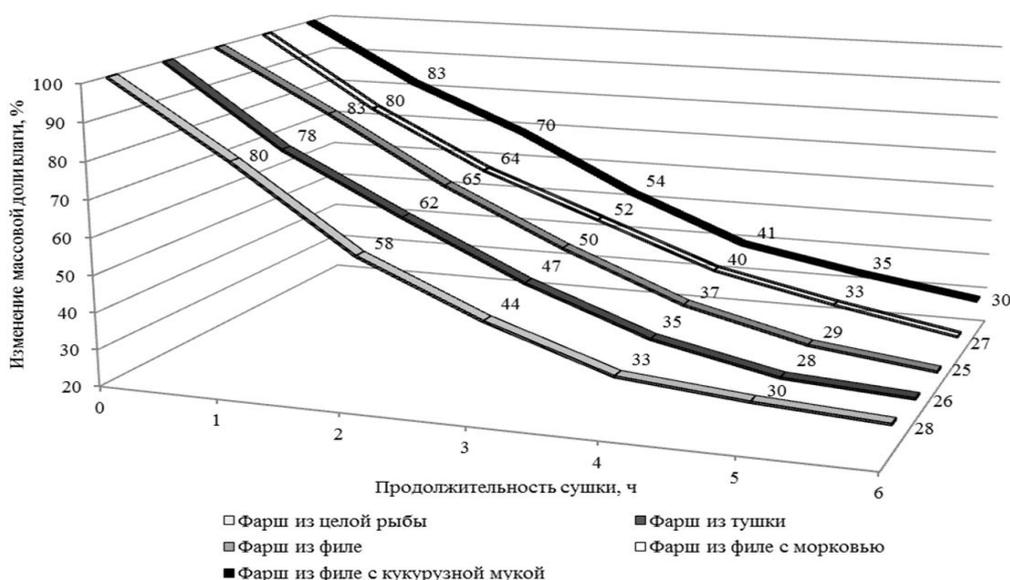


Рис. 1. Изменения массовой доли влаги при температуре сушки 50 °С

Fig. 1. Changes in the mass fraction of moisture at drying temperature 50 °С

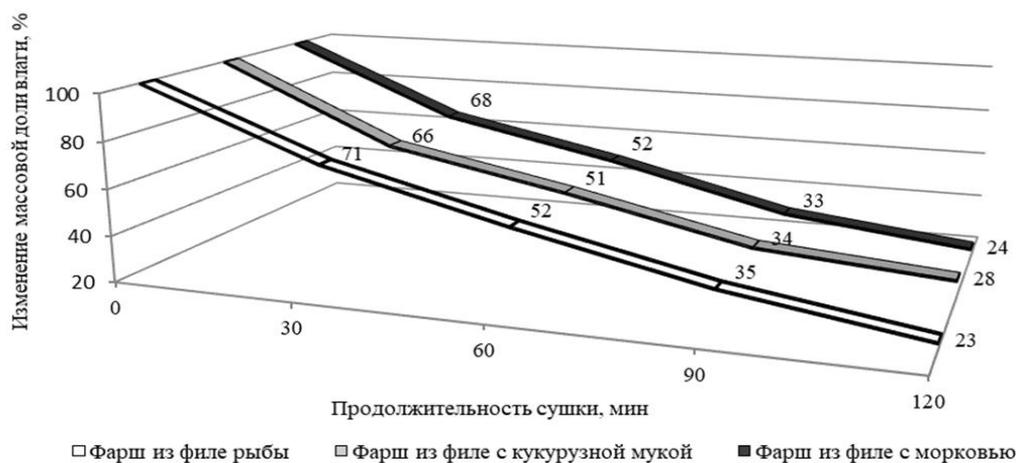


Рис. 2. Изменения массовой доли влаги при температуре сушки 100 °С

Fig. 2. Changes in the mass fraction of moisture at drying temperature 100 °С

На рис. 1 представлены кривые изменения массовой доли влаги в образцах при температуре сушки 50 °С. При анализе кривой сушки видно, что наиболее интенсивно массовая доля влаги изменяется в первые 2 ч, когда происходит первый этап сушки.

На первом этапе сушки происходит нагрев поверхности образца и испарение свободной влаги с поверхности продукта и ближайших к ней слоев. Температура поверхностного слоя с начала сушки возрастает, в толще продукта возникает температурный градиент, который ведет к перераспределению свободной влаги в толще продукта. Под действием градиента температур влага перемещается к поверхности продукта. Второй этап, который длится следующие 3 ч, соответствующий периоду постоянной скорости сушки, характеризуется удалением связанной влаги. В этот период вся теплота, подводимая к продукту, затрачивается на интенсивное поверхностное испарение влаги и температура продукта остается постоянной. Третий этап – последний час сушки – характеризуется установлением равновесной влажности, массовая доля влаги в продукте практически не меняется.

Наибольшее количество влаги в процессе сушки теряет фарш из филе сардинеллы, наименьшее – фарш из филе сардинеллы с кукурузной мукой. Потеря массовой доли влаги у фарша из целой рыбы меньше, чем у фарша из тушки и у фарша из филе. По нашему предположению, это происходит из-за сложности удаления связанной влаги из костной составляющей рыбы.

На рис. 2 представлены кривые изменения массовой доли влаги в образцах при температуре сушки 100 °С. Наибольшее изменение массовой доли влаги в фарше при температуре сушки 100 °С происходит в первые 30 мин, второй этап длится с 30 до 90 мин, третий – последние 20 мин. Наиболее интенсивно массовая доля влаги в первые 30 мин изменяется в фарше с кукурузной мукой и морковью. Через час сушки значения массовой доли влаги во всех образцах становятся практически одинаковыми. В конце процесса сушки наибольшее уменьшение массовой доли влаги наблюдается у фарша из филе рыбы – до 23 %, а в фарше с кукурузной мукой значения массовой доли оставшейся в продукте влаги достигают 28 %.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что на изменение массовой доли влаги в рыбном фарше при сушке оказывает влияние не только температура, но и растительные добавки. Фарш из филе в конце процесса сушки и при 50 °С, и при 100 °С имеет наименьшее значение массовой доли оставшейся влаги – 25 и 23 % соответственно. Фарш с кукурузной мукой имеет наименьшие значения массовой доли удаленной влаги после сушки. Также на удаление влаги при сушке влияет наличие костей в фарше.

Таким образом, можно говорить о перспективности использования растительных добавок при производстве сухих основ из рыбного фарша для производства рыбных супов и соусов.

Список источников

1. Муханова М. А., Якубова О. С. Экономический потенциал переработки вторичных рыбных ресурсов на соусную продукцию // Наука и практика – 2021: материалы Всерос. междисциплинар. науч. конф. (Астрахань, 18–30 октября 2021 г.). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2021. С. 238–239.
2. Фатыхов Ю. А., Агеев О. В., Суслов А. Э., Иванова Е. Е., Касьянов Г. И. Совершенствование технологии и оборудования для получения костной рыбной добавки // Изв. высш. учеб. завед. Пищевая технология. 2022. № 1 (385). С. 72–76.
3. Корума И., Золотокопова С. В. Значение рыбных ресурсов в питании населения Сьерра-Леоне // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2022. № 1 (73). С. 30–36.
4. Золотокопова С. В., Проталинский О. М., Лучшева И. С., Лебедева Е. Ю. Математическое моделирование рецептур новых поликомпонентных продуктов из малоценных видов рыб // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2011. № 1. С. 110–115.
5. Касьянов Г. И., Золотокопова С. В., Магомедов А. М. Особенности технологии фаршированного рыбопродукта, обогащенного CO₂-экстрактами //

- Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 86–93.
6. Золотокопова С. В., Касьянов Г. И., Золотокопов А. В., Лебедева Е. Ю. Функционально-технологические свойства рыбопродукта фарша // Изв. вузов. Пищевая технология. 2020. № 4. С. 44–47.
7. Дяченко Э. П., Дяченко М. М., Лисовой В. В., Свирина С. А., Максименко Ю. А. Особенности процесса инфракрасной сушки в технологии получения кормовой муки из мясокостных тканей ластоногих млекопитающих // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 1. С. 173–180.
8. Антипов С. Т., Журавлев А. В., Черноусов И. М., Баранов А. Ю. Способ автоматического управления процессом сушки дисперсных материалов // Вестн. Воронеж. гос. технолог. акад. 2008. № 2 (36). С. 75–78.
9. Максименко Ю. А., Свирина С. А., Бахарева А. А., Грозеску Ю. Н. Исследование удельной теплоемкости жидких и пастообразных растительных материалов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 1. С. 121–128.

References

1. Mukhanova M. A., Yakubova O. S. Ekonomicheskii potentsial pererabotki vtorichnykh rybnykh resursov na sousnuiu produktsiiu [Economic potential of processing

- secondary fish resources for sauce products]. *Nauka i praktika – 2021: materialy Vserossiiskoi mezhdistsiplinarnoi*

nauchnoi konferentsii (Astrakhan', 18–30 oktiabria 2021 g.). Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2021. Pp. 238-239.

2. Fatykhov Iu. A., Ageev O. V., Suslov A. E., Ivanova E. E., Kas'ianov G. I. Sovershenstvovanie tekhnologii i oborudovaniia dlia polucheniia kostnoi rybnoi dobavki [Improving technology and equipment for obtaining bone fish additives]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaia tekhnologiya*, 2022, no. 1 (385), pp. 72-76.

3. Koroma I., Zolotokopova S. V. Znachenie rybnnykh resursov v pitanii naseleniia S'erra-Leone [Importance of fish resources in nutrition of population in Sierra Leone]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2022, no. 1 (73), pp. 30-36.

4. Zolotokopova S. V., Protalinskii O. M., Luchsheva I. S., Lebedeva E. Iu. Matematicheskoe modelirovanie retseptur novykh polikomponentnykh produktov iz malotsennykh vidov ryb [Mathematical modeling formulations of new polycomponent products from low-value fish species]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2011, no. 1, pp. 110-115.

5. Kas'ianov G. I., Zolotokopova S. V., Magomedov A. M. Osobennosti tekhnologii farshirovannogo ryborastitel'nogo produkta, obogashchennogo SO₂-ekstraktami [Features of technology of stuffed fish and vegetable product enriched with CO₂-extracts]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2019, no. 2, pp. 86-93.

6. Zolotokopova S. V., Kas'ianov G. I., Zolotokopov A. V., Lebedeva E. Iu. Funktsional'no-tekhnologicheskie svoystva ryborastitel'nogo farsha [Functional and technological properties of minced fish]. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya*, 2020, no. 4, pp. 44-47.

7. Diachenko E. P., Diachenko M. M., Lisovoi V. V., Svirina S. A., Maksimenko Iu. A. Osobennosti protsessa infrakrasnoi sushki v tekhnologii polucheniia kormovoi muki iz miasokostnykh tkanei lastonogikh mlekopitaiushchikh [Characteristics of infrared drying in technology of obtaining fodder meal from meat and bone tissues of pinnipeds]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvaiushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniia*, 2021, no. 1, pp. 173-180.

8. Antipov S. T., Zhuravlev A. V., Chernousov I. M., Baranov A. Iu. Sposob avtomaticheskogo upravleniia protsessom sushki dispersnykh materialov [Method of automatic control of drying process of dispersed materials]. *Vestnik Voronezhskoi gosudarstvennoi tekhnologicheskoi akademii*, 2008, no. 2 (36), pp. 75-78.

9. Maksimenko Iu. A., Svirina S. A., Bakhareva A. A., Grozesku Iu. N. Issledovanie udel'noi teploemkosti zhidkikh i pastoobraznykh rastitel'nykh materialov [Investigation of specific heat capacity of liquid and pasty plant materials]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvaiushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniia*, 2022, no. 1, pp. 121-128.

Статья поступила в редакцию 03.10.2022; одобрена после рецензирования 11.11.2022; принята к публикации 21.11.2022
The article is submitted 03.10.2022; approved after reviewing 11.11.2022; accepted for publication 21.11.2022

Информация об авторах / Information about the authors

Светлана Васильевна Золотокопова – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; zolotokopova@mail.ru

Svetlana V. Zolotokopova – Doctor of Sciences in Technology, Professor; Head of the Department of Technology of Goods and Commodity Science; Astrakhan State Technical University; zolotokopova@mail.ru

Ибрахим Корума – ассистент кафедры технологии товаров и товароведения; Астраханский государственный технический университет; ibrahimkoroma@yandex.ru

Ibrahim Koroma – Lecturer of the Department of Technology of Goods and Commodity Science; Astrakhan State Technical University; ibrahimkoroma@yandex.ru

