

УДК 66.047.4/.5

Дегидратация белкового молочного продукта при ИК-конвективной сушке

Д-р техн. наук Л. В. ГОЛУБЕВА¹, д-р техн. наук С. А. ТИТОВ²,

д-р техн. наук С. В. ШАХОВ³, канд. техн. наук И. А. САРАНОВ⁴, М. А. БОРЗЕНКОВА⁵

¹golubeva_lv@mail.ru, ²125titov@mail.ru, ³s_shahov@mail.ru, ⁴mr.saranov@mail.ru, ⁵borzenkova@mail.ru

Воронежский государственный университет инженерных технологий

*В современном питании человека существует потребность в белковых продуктах питания, содержащих незаменимые аминокислоты. Данная работа посвящена изучению особенностей сушки белкового молочного продукта в условиях ИК-конвективного теплоподвода. На основе кривых сушки, зависимостей активности воды от времени сушки, зависимостей влажности от активности воды, микробиологических, органолептических показателей и аминокислотного состава обоснован выбор режима сушки. Выявлено, что продукт необходимо досушивать до влажности 23,2%, по причине того, что при этой влажности активность воды (A_w) в продукте снижается до 0,83, поскольку бактерии *Staphylococcus aureus* и ряд других патогенных микроорганизмов не могут развиваться в средах такой активностью воды и ниже. Данное утверждение подтверждается исследованиями микробиологических характеристик. Таким образом результаты исследования можно использовать при разработке технологии производства сухого белкового молочного продукта.*

Ключевые слова: дегидратация, белок, молоко, ИК, сушка

Информация о статье:

Поступила в редакцию 11.06.2019, принята к печати 09.10.2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-78-83

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Голубева Л. В., Титов С. А., Шахов С. В., Саранов И. А., Борзенкова М. А. Дегидратация белкового молочного продукта при ИК-конвективной сушке // Вестник Международной академии холода. 2019. № 4. С. 78–83.

Dehydration of protein-based dairy product at IR convective drying

D. Sc. L. V. GOLUBEVA¹, D. Sc. S. A. TITOV²,

D. Sc. S. V. SHAHOV³, Ph. D. I. A. SARANOV⁴, M. A. BORZENKOVA⁵

¹golubeva_lv@mail.ru, ²125titov@mail.ru, ³s_shahov@mail.ru, ⁴mr.saranov@mail.ru, ⁵borzenkova@mail.ru

Voronezh State University of Engineering Technologies

*Currently protein products containing irreplaceable amino acids are of great importance for human nutrition. The article deals with the peculiarities for IR convective drying of a protein dairy product. The choice of drying mode is substantiated on the basis of drying curves; dependencies of water activity on drying time; microbiological and organoleptic indicators; and the content of amino acids. The product is proved to be dried up to the water ratio of 23.2 when water activity (A_w) in the product decreases to 0.83 and *Staphylococcus aureus* bacteria and a number of other pathogenic microorganisms are not able to grow in the media with the above value of water activity and lower, which is confirmed by the analysis of microbiological characteristics. Then, the results of the research can be used when developing technology for a dry protein-based dairy product.*

Keywords: dehydration, protein, milk, IR, drying.

Article info:

Received 11/06/2019, accepted 09/10/2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-78-83

Article in Russian

For citation:

Golubeva L. V., Titov S. A., Shahov S. V., Saranov I. A., Borzenkova M. A. Dehydration of protein-based dairy product at IR convective drying. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 4. p. 78–83.

Введение

К наиболее известным способам увеличения срока годности пищевых продуктов относится процесс сушки.

Хорошо знакомы нашему покупателю сухое молоко, сухие сливки. Однако большую часть сухих веществ этих продуктов составляют молочный белок, лактоза и жиры.

Молоко и молочные продукты являются одним из важнейших источников поступления белка в организм человека. Наиболее распространенные белковые продукты, получаемые из молока — творог и сыр. Поскольку творог является скоропортящимся продуктом, а производство сыра включает длительные и сложные технологические операции, практически важную задачу представляет собой получение сухого белкового молочного продукта (СБМП) с повышенным сроком годности.

Условия проведения дегидратации кисломолочного продукта влияют на конечные показатели качества высушенного сухого продукта, в том числе и на функциональные свойства. Широкое распространение в промышленности получил конвективный способ теплоподвода при сушке пищевых продуктов. Для реализации данного способа требуется относительно простое оборудование. Высокое энергопотребление и длительность проведения данного процесса повышают стоимость конечного высушенного продукта и снижают его качественные характеристики. Комбинирование инфракрасного и конвективного теплоподвода при сушке пищевых продуктов позволяет снизить продолжительность и улучшить качество высушенных продуктов [1–4].

Цель работы и постановка задачи

Целью настоящей работы является исследование дегидратации белковых компонентов молочного сырья в ходе ИК-сушки для отработки технологии получения СБМП.

Для определения рациональной продолжительности ИК- конвективной сушки белковых компонентов молочного сырья необходимо установить зависимость изменения массовой доли влаги СБМП в процессе сушки от времени. Для обеспечения оптимальной хранимоспособности следует учесть зависимость показателя активности воды СБМП от времени и от влажности.

Результаты и обсуждение

Для получения сухого молочного продукта применялась ИК-конвективная сушильная установка.

Керамические трубки инфракрасных излучателей, нагреваясь до 350...400 °С, начинают излучать волны длиной от 1,3 мкм и выше (темные излучатели). В области спектра 2,8...20 мкм выделяется почти 80% энергии. Излучение проникает на глубину 2...8 мм. Большая часть энергии расходуется на нагрев продукта и интенсификацию внутреннего массопереноса влаги в продукте. Воздушный поток, создаваемый вентилятором обеспечивает приток воздуха в сушильную камеру, в результате снижается парциальное давление водяного пара над поверхностью продукта, что существенно интенсифицирует массообмен (испарение влаги с поверхности продукта).

Температура продукта в ходе процесса повышается лишь до 40...60 °С, что обуславливает сохранность витаминов, органолептических свойств и активных веществ.

Рецептура на предложенный продукт представлена в табл. 1.

Для приготовления СБМП применяется обезжиренное пастеризованное молоко, охлажденное до температуры заквашивания [5–7].

Рецептура СБМП

Таблица 1

Table 1

Formula for dry protein-based dairy product

Компоненты	Содержание	
	кг	%
Обезжиренное молоко	949,6	94,96
Закваска	30	3
Хлорид кальция	0,4	0,04
Хлорид натрия	20	2

Для приготовления закваски используются чистые культуры мезофильных молочнокислых стрептококков и термофильных стрептококков. Подготовленная закваска, в количестве 1...5%, смешивается с молоком по отношению к общей массе. Скваживание молока осуществляется в течении 6...10 ч.

После смешивания молока с закваской, в смесь также дозируется 40 %-ный раствор хлорида кальция и 1 %-ный раствор сычужного фермента или пепсина из расчета 1 г на 1 т молока. При накоплении сгустка и достижении его кислотности до 66...70 °Т оканчивается процесс сквашивания. Полученный сгусток извлекается и разрезается на кубики объемом 2 см³ и оставляется в покое на 40...60 мин для отделения сыворотки. Затем в сгусток добавляется хлорид натрия в количестве 2% общей массы и смесь тщательно перемешивается. Далее сгусток подвергают самопрессованию и прессованию до массовой доли влаги не более 80%, при температуре 3...6 °С. Затем формуют в виде шариков, весом 6 г и подвергают сушке при температуре 40 °С в течение 3...6 ч.

В результате экспериментальных исследований выяснилось, что если продукт выдерживать в течение 42...45 ч при температуре 20...25 °С, то его влажность уменьшается до величины 9...11%.

Важным вопросом, который надо было решить при разработке технологии СБМП, является определение наиболее рациональной продолжительности ИК- конвективной сушки. Для этого определялась зависимость влажности продукта от времени сушки, которая показана на рис. 1.

Кроме того, проведены измерения активности воды A_w в продукте, в зависимости от времени сушки. Измерение активности воды в этих системах является одним

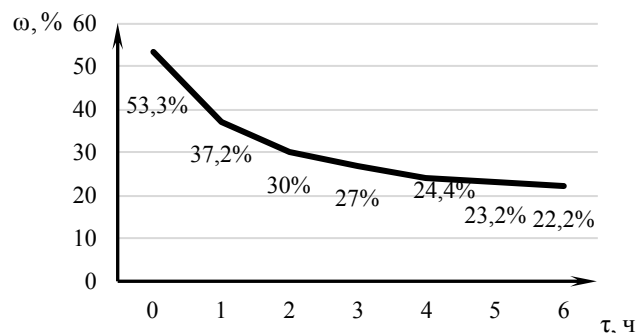


Рис. 1. Изменения массовой доли влаги СБМП в процессе сушки
Fig. 1. The changes of moisture content in dry protein-based dairy product during storage

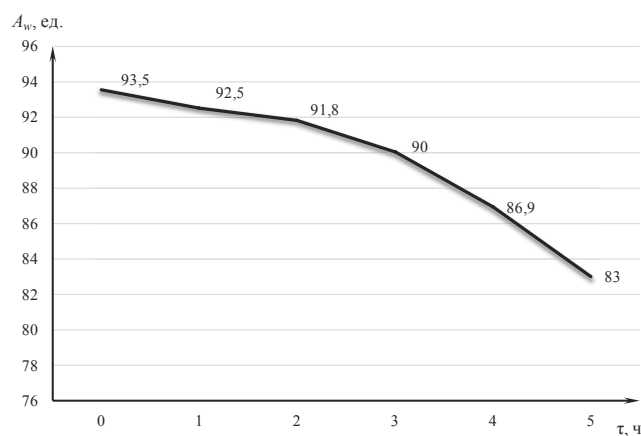


Рис. 2. Показатели активности воды СБМП в зависимости от времени

Fig. 2. Water activity in dry protein-based dairy product depending on time

из самых информативных методов исследования гидратации пищевых систем [8–10].

Определение активности воды основывается на измерении относительной влажности воздуха в замкнутом объеме при термодинамическом равновесии. В разработанной нами установке для определения активности воды, влажность воздуха в замкнутом объеме с пищевым продуктом измеряется психометрическим датчиком.

Психометрический датчик представляет собой две узкие пластины из пористого полимерного материала, частично погруженные в сосуд с водой. Этот сосуд изолирован от замкнутого объема с пищевым продуктом. Между пластинами вставляется хромель — копелевая термопара, которая соединяется с цифровым вольтметром. Психометрический датчик находится внутри колпака, внутри которого устанавливается емкость с продуктом. Испаряющаяся с пористых дисков влага охлаждает термопару.

Можно показать, что относительная влажность воздуха под колпаком равна активности воды в исследуемом продукте.

Из графика, представленного на рис. 2, видно, что в процессе сушки показатель активности воды уменьшается до величины 0,83. В работах [11–13] показано, что бактерии *Staphylococcus aureus* не могут развиваться в средах с A_w ниже 0,83–0,85. Анализ литературных данных показывает, что при такой активности воды и при достаточно высокой кислотности среды, характерной для СБМП, прекращается развитие не только *Staphylococcus aureus*, но и многих других патогенных микроорганизмов. Поэтому можно прогнозировать высокую бактериальную устойчивость СБМП в процессе дальнейшего досушивания при комнатной температуре. Соответственно и окончательно высушенный продукт не будет поддерживать развитие микроорганизмов.

Это подтверждается микробиологическими исследованиями.

Микробиологические показатели исходного СБМП (табл. 2) соответствуют требованиям Госстандарта РК СТ РК 44–97.

Для определения рациональных сроков хранения целесообразно руководствоваться значениями микробиологических

Таблица 2
Микробиологические показатели СБМП

Table 2

Microbiological indicators of dry protein-based dairy product

Наименование показателя	Значение показателя
КМАФАнМ, КОЕ/см ³ , не более	$7 \cdot 10^3$
БГКП (коли-формы) в 0,01 г	Не выявлены
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы в 25 г	Не выявлены
Стафилококки <i>S. aureus</i> в 1 см ³	Не выявлены
Дрожжи, КОЕ/г, не более	Не выявлены
Плесени, КОЕ/г, не более	Не выявлены

Таблица 3

Микробиологические показатели СБМП в процессе хранения

Table 3

Microbiological indicators of dry protein-based dairy product during storage

Время хранения, мес	КМАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, КОЕ/г	Стафилококки <i>S. aureus</i> , КОЕ/см ³
Свежевыработанный	$7,0 \cdot 10^3$	не выявлены	не выявлены
1	$7,1 \cdot 10^3$	не выявлены	не выявлены
2	$7,1 \cdot 10^3$	не выявлены	не выявлены
3	$7,2 \cdot 10^3$	не выявлены	не выявлены
4	$7,3 \cdot 10^3$	не выявлены	не выявлены

логических показателей. Микробиологические показатели СБМП в процессе хранения представлены в табл. 3.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что СБМП, в случае соблюдения условий хранения, не будет подвержен микробиологической порче в течение 4 мес.

Органолептические показатели СБМП определяли через каждый месяц с момента изготовления при температуре хранения 15...18 °С. Также установлено, что продукт сохраняет первоначальные органолептические показатели в течение 4 мес.

К 5-ому месяцу хранения, продукт становится очень твердым, появляется шероховатость, из-за того, что соль выходит на поверхность продукта, тем самым изменяя органолептические показатели продукта.

На основании данных, показанных на рис. 1. и 2, построена зависимость активности воды СБМП от влажности (рис. 3).

С целью интерпретации полученной зависимости активности воды СБМП от влажности и сравнения с аналогичными графиками для других пищевых материалов была получена зависимость A_w в растворах сахарозы от содержания воды в растворе (рис. 4).

При росте концентрации снижается влагосодержание раствора и падает активность воды. При сравнении графиков на рис. 3 и рис. 4 обнаруживается, что в отличие от концентрированного раствора сахарозы, при доста-

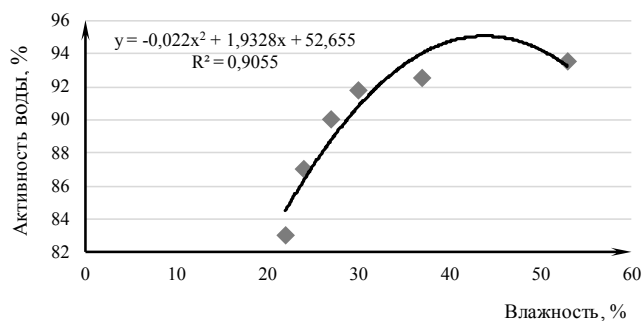


Рис. 3. Зависимость активности воды СБМП от влажности
 Fig. 3. Dependence of water activity in dry protein-based dairy product on moisture content

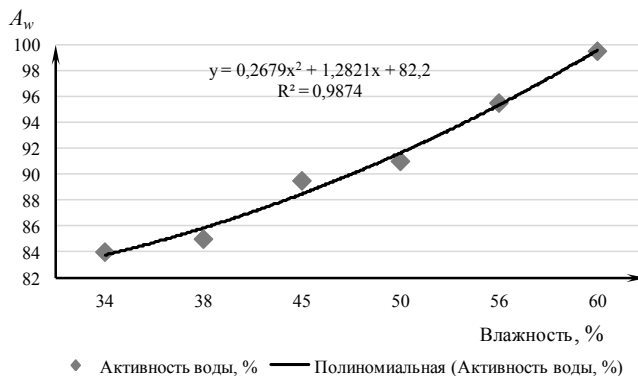


Рис. 4. Зависимость A_w в растворах сахарозы от содержания воды в растворе
 Fig. 4. Dependence A_w in sucrose solutions on water ratio in solution

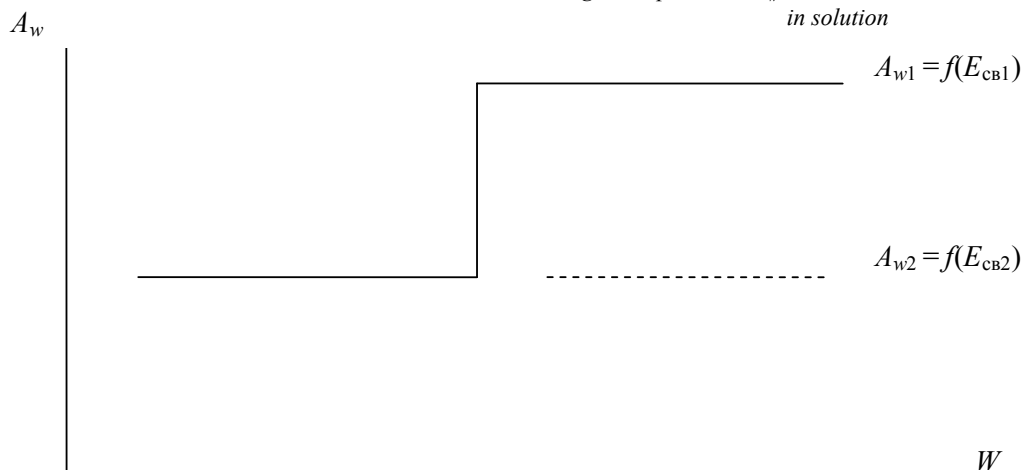


Рис. 5. Идеальная зависимость активности воды от влажности при последовательном удалении двух гидратных оболочек
 Fig. 5. Ideal dependence of water activity on moisture content at consecutive removal of two hydration sheaths

Аминокислотный состав СБМП

Таблица 4

Content of amino acids in dry protein-based dairy product

Table 4

Наименование показателей	Значения, %
Аргинин	0,18
Лизин	0,50
Тирозин	0,22
Фенилаланин	0,40
Гистидин	0,16
Лейцин+изолейцин	0,74
Метионин	0,08
Валин	0,34
Пролин	0,62
Треонин	0,30
Серин	0,36
Аланин	0,24
Глицин	0,14
Цистин	0,94
Глутаминовая кислота	1,58
Аспаргиновая кислота	0,58

точно высокой влажности СБМП (в начальный период сушки) активность воды изменяется очень медленно, а с уменьшением влажности падает быстрее.

Указанные особенности поведения активности воды, в зависимости от влажности, связаны с различием механизмов гидратации сахарозы и казеина. Если у сахарозы вода связывается с гидроксильными группами, то у молочного белка — в основном с ионизированными группами белковой молекулы. По сравнению с гидроксильными группами сахарозы ионизированные группы белка расположены дальше друг от друга и имеют более высокую энергию связи с водой. Можно предположить, что ионизированные группы белка окружены первой и второй гидратными оболочками, в которых молекулы воды имеют различные энергии связи.

Так как A_w зависит от энергии связи $E_{св}$, то в идеальном случае последовательного удаления двух гидратных оболочек, график зависимости $A_w(W)$ должен выглядеть следующим образом, как показано на рис. 5.

Очевидно сходство правой части этого графика с кривой на рис. 3, но которая имеет более плавный наклон, что может быть обусловлено небольшой вариацией энергий связи в первой и второй гидратных оболочках.

Конфигурация молекул воды, окружающей поверхностные молекулы сахарозы, по-видимому, такова, что

с воздухом граничат молекулы с самой различной энергией связи, поэтому одновременно возможен выход в газовую фазу молекул с разными величинами $E_{св}$. Это приводит к S-образной изотерме сорбции [6], начальная часть которой наблюдается на рис. 5.

Практическое применение такого исследования формы кривых активности воды состоит в том, что даже на тех стадиях сушки, когда влага удаляется с трудом и кажется, что сушка уже малоэффективна, данный продукт все равно следует «досушивать» до требуемого значения активности воды. Это удается сделать, так как на поздних стадиях сушки наклон зависимости $A_w(W)$ достаточно высок.

Общее содержание белков в СБМП составило 46,28%. Исследован аминокислотный состав СБМП (табл. 4). Представленные данные свидетельствуют о высокой пищевой ценности СБМП.

Выводы

Таким образом, инфракрасная конвективная сушка при температуре 40–60 °С позволяет реализовать процесс

сушки за 5–6 ч. При этом активность воды в продукте составляет менее 0,83 ед. Это не позволяет развиваться микрофлоре в продукте, что подтверждается микробиологическими исследованиями. Сухой белковый молочный продукт в случае соблюдения условий хранения сохраняет свои свойства в течение 4 мес. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что инфракрасная конвективная сушка является эффективным способом получения белковых молочных продуктов длительного хранения. Выявленные зависимости изменения активности воды и влажности от времени могут быть объяснены на основе представлений о различных механизмах гидратации белков и углеводов. В дальнейшей работе планируется провести анализ влияния способа сушки на качественные показатели СБМП, а также влияние способа упаковки продукта на срок хранения.

Благодарности

Исследования проведены в рамках гос. задания 10.8678.2017/7.8

Литература

1. Бабаев Г. Г., Матякубова П. М., Насимханов Л. Н. Изучение инфракрасного метода сушки зерна и зернистых материалов. // Молодой ученый. 2016. № 14. С. 116–118.
2. Ракова А. Ю. Инфракрасный способ сушки зерна. // В мире научных открытий: материалы II Всероссийской студенческой научно-практической конференции. 23–24 мая 2018 г. Ульяновск: УлГАУ, 2018. Том III, Ч. 2. С. 48–50.
3. Демидов С. Ф., Филиппов В. И., Петров С. А. Инфракрасная сушка кроющих чешуек репчатого лука перед закладкой на хранение // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. № 4.
4. Инфракрасная сушка продуктов // Сушка пищевых продуктов. [Электронный ресурс]: <https://www.prosushka.ru/8-infrakrasnaya-sushka-produktov.html>. — Дата обращения: 12.03.2018.
5. Голубева Л. В., Богатова О. В., Догарева Н. Г. Практикум по технологии молока и молочных продуктов. Технология цельномолочных продуктов. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. 384 с.
6. Голубева Л. В. Технология молока и молочных продуктов. Молочные консервы: учебник и практикум для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. 392 с.
7. Практикум по технологии хранения и переработки продукции животноводства: учебное пособие: 2-е изд., перераб. и доп./ В. В. Федюк, Е. И. Федюк. — Донской ГАУ, 2018. 172 с.
8. Хранимоспособность молочных консервов с добавкой мальтодекстрина / Л. В. Голубева, С. А. Титов, А. А. Губанова, Л. Н. Голубева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1, с. 101–105.
9. Голубева Л. В. и др. Мальтодекстрин в технологии производства концентрированного молокосодержащего продукта // Пищевая промышленность. 2015. № 3. С. 14–16.
10. Ивкова И. А. и др. Разработка технологии и исследования качества молочных консервов для регионов с ограниченными ресурсами натурального молочного сырья // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 3. С. 254–258.

References

1. Babaev G. G., Matyakubova P. M., Nasimkhanov L. N. The study of the infrared method of drying grain and granular materials. *Young scientist*. 2016. No. 14. Pp. 116–118. (in Russian)
2. Rakova A. Yu. Infrared method of grain drying. / In the world of scientific discoveries: proceedings of the II All-Russian student scientific-practical conference. 2018 May 23–24. Ulyanovsk, 2018. Vol. III, Part 2. Pp. 48–50. (in Russian)
3. Demidov S. F., Filippov V. I., Petrov S. A. Infrared drying of covering scales of onions before laying for storage // Scientific journal of NIU ITMO. Series “Processes and Food Production Equipment”. 2016. No. 4. (in Russian)
4. Infrared food drying. *Food Drying*. [Electronic resource]: <https://www.prosushka.ru/8-infrakrasnaya-sushka-produktov.html>. — Date of access: 12.03.2018. (in Russian)
5. Golubeva L. V., Bogatova O. V., Dogarava N. G. Workshop on the technology of milk and dairy products. Technology of whole milk products. SPb.: Publishing House Lan', 2012. 384 pp. (in Russian)
6. Golubeva L. V. Technology of milk and dairy products. Canned milk: textbook and workshop for universities. — 2nd ed., Rev. Moscow: Publishing house Yurayt, 2019. 392 pp. (in Russian)
7. Workshop on technology of storage and processing of animal products: textbook: 2nd ed., Rev. and add./ V. V. Fedyuk, E. I. Fedyuk. Donskoy GAU, 2018. 172 pp. (in Russian)
8. Storage capacity of canned milk with the addition of maltodextrin / L. V. Golubeva, S. A. Titov, A. A. Gubanova, L. N. Golubeva. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2016. No. 1, pp. 101–105. (in Russian)
9. Golubeva L. V. et al. Maltodextrin in the production technology of concentrated milk-containing product. *Food industry*. 2015. No. 3. Pp. 14–16. (in Russian)
10. Ivkova I. A. et al. Development of technology and research of quality of canned milk for regions with limited resources of natural milk raw materials. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018. vol. 80. no. 3. Pp. 254–258. (in Russian)

11. Feehery E. E., Doona C. J., Taub I. A. Effect of water activity on the grown kinetics of *Staphylococcus aureus* in ground bread crumb // *Journal of Food Science*. 2003. V. 68. No 3, pp. 982–986.
12. Sevenich R., Mathys A. Continuous Versus Discontinuous Ultra-High-Pressure Systems for Food Sterilization with Focus on Ultra-High-Pressure Homogenization and High-Pressure Thermal Sterilization: A Review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 17. No. 3. p. 646–662.
13. Ziuzina D., Los A., Bourke P. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in foods by thermal and nonthermal control strategies // *Staphylococcus aureus*. Academic Press, 2018. p. 235–255.
14. Сайко Д. С. Адсорбционные слои воды на поверхности тонких пленок оксида алюминия. / Д. С. Сайко, В. В. Ганжа, С. А. Титов, И. Н. Арсентьев, А. В. Костюченко, С. А. Солдатенко // *Журнал технической физики*. 2009. т. 29. с. 86–91.
15. Зяблов А. Н. и др. Сорбция синтетических красителей полимерами с молекулярными отпечатками // Сорбционные и хроматографические процессы. 2017. Т. 17. №. 1. С. 156–160.
16. Голикова О. О., Рудометова Н. В. Исследование сорбции пищевых красителей на оксиде алюминия / Сборник научных трудов XII МНПК «Интенсификация пищевых производств: от идеи к практике». 2018. С. 87–91.
11. Feehery E. E., Doona C. J., Taub I. A. Effect of water activity on the grown kinetics of *Staphylococcus aureus* in ground bread crumb. *Journal of Food Science*. 2003. V. 68. No 3, pp. 982–986.
12. Sevenich R., Mathys A. Continuous Versus Discontinuous Ultra-High-Pressure Systems for Food Sterilization with Focus on Ultra-High-Pressure Homogenization and High-Pressure Thermal Sterilization: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 17. No. 3. p. 646–662.
13. Ziuzina D., Los A., Bourke P. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in foods by thermal and nonthermal control strategies. *Staphylococcus aureus*. Academic Press, 2018. p. 235–255.
14. Saiko D. S. Adsorption layers of water on the surface of thin films of aluminum oxide. / D. S. Sayko, V. V. Ganzha, S. A. Titov, I. N. Arsenyev, A. V. Kostyuchenko, S. A. Soldatenko. *Journal of technical physics*. 2009. vol. 29. pp. 86–91. (in Russian)
15. Zyablov A. N. et al. Sorption of synthetic dyes by polymers with molecular imprints. *Sorption and chromatographic processes*. 2017. vol. 17. no. 1. Pp. 156–160. (in Russian)
16. Golikova O. O., Rudometova N. V. Investigation of sorption of food dyes on aluminum oxide / Collection of scientific papers XII MNPК «Intensification of food production: From idea to practice». 2018. Pp. 87–91. (in Russian)

Сведения об авторах

Голубева Любовь Владимировна

д. т. н., профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения Воронежского государственного университета инженерных технологий, 394090 г. Воронеж, пр. Революции, 19, golubeva_lv@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3891-4559; Scopus ID: 57076143400; Author ID: 299788

Титов Сергей Александрович

д. т. н., профессор кафедры физики, теплотехники и теплоэнергетики Воронежского государственного университета инженерных технологий, 394090 г. Воронеж, пр. Революции, 19, 125titov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9510-5168; Scopus ID: 57194724216, Author ID: 751756

Шахов Сергей Васильевич

д. т. н., профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий, 394090 г. Воронеж, пр. Революции, 19, s_shahov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5865-2357; Scopus ID: 6603252351, Author ID: 106083

Саранов Игорь Александрович

к. т. н., инженер отдела интеллектуальной собственности Воронежского государственного университета инженерных технологий, 394090 г. Воронеж, пр. Революции, 19, mr.saranov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9510-5168; Scopus ID: 57195503836; Author ID: 751082

Борзенкова Марина Александровна

студент Воронежского государственного университета инженерных технологий, 394090 г. Воронеж, пр. Революции, 19, borzenkova@mail.ru

Information about authors

Golubeva Lyubov Vladimirovna

D. Sc., Professor of Animal Products Technology Department of Voronezh State University of Engineering Technologies, 394090 Voronezh, 19 Revolution Ave., golubeva_lv@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3891-4559; Scopus ID: 57076143400, Author ID: 299788

Titov Sergey Aleksandrovich

D. Sc., Professor of Department of Physics, Heat Engineering and Heat Power Engineering of Voronezh State University of Engineering Technologies, 394090 Voronezh, 19 Revolution Ave., 125titov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9510-5168; Scopus ID: 57194724216, Author ID: 751756

Shahov Sergey Vasilyevich

D. Sc., Professor of Department of Machines and Apparatuses for Food Production of Voronezh State University of Engineering Technologies, 394090 Voronezh, 19 Revolution Ave., s_shahov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5865-2357; Scopus ID: 6603252351, Author ID: 106083

Saranov Igor Aleksandrovich

Ph. D., engineer of Department of intellectual property of Voronezh State University of Engineering Technologies, 394090 Voronezh, 19 Revolution Ave., mr.saranov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9510-5168; Scopus ID: 57195503836, Author ID: 751082

Borzenkova Marina Aleksandrovna

Student of Voronezh State University of Engineering Technologies, 394090 Voronezh, 19 Revolution Ave., borzenkova@mail.ru