

УДК 664.85

Поступила в редакцию 12.04.2023
Received 12.04.2023**С. Г. Каманова¹, И. Ж. Темирова², А. Б. Альдиева², Г. Х. Оспанкулова²**¹*Колледж пищевых наук и инженерии, Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства, Янлин, Шэньси, Китайская Народная Республика*²*НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан*

ВЛИЯНИЕ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЯГОД ГОЛУБИКИ

Аннотация. Полезные свойства голубики давно известны, сегодня она активно используется в фармацевтике и кулинарии, являясь важнейшим ингредиентом уникальных лекарственных препаратов, а также изысканных десертов, прохладительных напитков, аппетитной выпечки. Популярность ягоды стремительно растет, однако ягоды из-за высокого содержания влаги в составе, являются скоропортящимися продуктами. После сбора в ягодах начинается интенсивно протекать процесс дыхания, который приводит к изменению вкусовых качеств, а также к разрушению органических кислот и углеводов. Поэтому, важным направлением науки является разработка эффективных технологий, обеспечивающих сохранность всех полезных компонентов в ягодах в течение длительного времени. Целью настоящей работы является изучения влияния параметров сублимационной сушки на органолептические свойства и химический состав ягод голубики. В статье представлены результаты биохимических показателей ягод голубики до и после сублимационной сушки. В исследованиях применялись общепринятые химические и аналитические методы. В результате исследований установлено, что снижение биохимических показателей ягод голубики имеет зависимость от температуры полок и времени сублимации. Результаты выполненных экспериментов будут использованы при разработке технологии сублимационной сушки ягод.

Благодарность. Данное исследование было профинансировано Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан ИРН: BR10765062 «Разработка технологии по обеспечению сохранности качества сельскохозяйственного сырья и продуктов переработки в целях снижения потерь при различных способах хранения».

Ключевые слова: голубика; витамины; сахара; антиоксидантная активность; полифенолы; антоцианы.

S. G. Kamanova¹, I. Zh. Temirova², A. B. Aldiyeva², G. Kh. Ospankulova²¹*College of Food Sciences and Engineering, Northwestern University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi, China*²*S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan*

THE EFFECT OF FREEZE-DRYING ON THE ORGANOLEPTIC PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF BLUEBERRIES

Abstract. The useful properties of the blueberry have been known since time immemorial and today it is actively used in pharmaceutical and culinary industries, being the most important ingredient of unique medicines, as well as exquisite desserts, refreshing drinks and appetizing baked goods. The popularity of the berry is growing rapidly, however, because of their high moisture content, they occur as perishable products. After picking in berries, intense process of respiration begins, which leads to a change in taste, as well as the destruction of organic acids and carbohydrates. Therefore, development of effective technologies that ensure the preservation of all the useful components in berries for a long time are becoming an important area of science. The aim of this work is to study the effect of freeze-drying parameters on organoleptic properties and chemical composition of blueberries. The article presents the results of biochemical parameters of blueberries before and after freeze-drying. The research used conventional chemical and analytical methods. As a result of the research, it was found that the reduction of biochemical parameters of blueberries has a dependence on the shelf temperature and sublimation time. The results of the performed experiments will be used in the development of the technology of freeze-drying of berries.

Acknowledgements. This study was funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan IRN: BR10765062 “Development of technology to ensure the preservation of the quality of raw agricultural materials and processed products in order to reduce losses in various methods of storage.”

Keywords: blueberry, vitamins, sugars, antioxidant activity, polyphenols, anthocyanins.

Введение. Голубика считается натуральным продуктом для здоровья, содержащим различные классы биологически активных соединений, которые вносят свой вклад во многие общеизвестные преимущества для здоровья. Ягоды голубики являются богатым источником флавоноидов, фенольных кислот, антоцианов, стильбенов и дубильных веществ, а также питательных соединений, таких как сахара, эфирные масла, каротиноиды, витамины и минералы [1, 2]. Голубика является важным источником минералов и витаминов — марганца, витамина А, железа, кальция, витамина К, витамина Е, цинка, фосфора и селена, а также богата антиоксидантами, клетчаткой, органическими кислотами и т.д. [3–5].

Содержание и состав полифенолов в голубике зависит от условий произрастания, способов возделывания, сроков созревания и других условий [6, 7]. В работе Джованелла и др. (2009) опубликованы сведения о том, что содержание общих фенолов и общих антоцианов в ягоде голубики варьирует от 250 до 310 мг 100г⁻¹ и от 92 до 126 мг 100 г⁻¹ соответственно. Данные аналогичны тем, о которых сообщают Prior et.al. (1998), по результатам исследований которых общее количество фенолов составляет от 233 до 273 мг 100 г⁻¹ и антоцианов от 62 до 157 мг 100 г⁻¹ [8].

Установлено благотворное влияние голубики на организм человека при ряде хронических заболеваний, включая рак, сердечно-сосудистые расстройства, диабет и нейродегенеративные заболевания, защитное действие на зрительную функцию при воспалении сетчатки. Полезные свойства культуры связаны с обилием антиоксидантов в этих ягодах [9, 10]. Антиоксиданты помогают защитить организм от повреждений, вызванных свободными радикалами, болезней и ускоренного старения.

Свежие ягоды, содержащие большое количество воды и биологически активные соединения, являются скоропортящимся продуктом. Сушка — один из самых эффективных методов обработки для продления срока хранения ягодных продуктов, при котором питательные вещества и активные компоненты ягод могут быть сохранены в значительной степени [11, 12]. Сублимационная сушка считается одним из лучших методов сохранения органолептических и питательных свойств биологических продуктов [13]. Сублимированные продукты характеризуются низкой активностью воды, незначительными изменениями объема и формы, высокой способностью к регидратации, повышенной пористостью и стекловидным состоянием [14].

Целью настоящих исследований являлось изучение влияния параметров процесса сублимационной сушки на сохранность нутриентов и органолептические свойства ягод голубики.

Материалы и методы исследований. Объекты исследования — голубика сорта «Блюголд» (рис. 1). Все пробы ягод отбирались в фазу полной спелости в Алматинской области, с. Есик, питомник «Драган».



a



b

Рис. 1. Ягоды голубики сорта «Блюголд» (а — свежая, б — сублимированная)

Fig. 1. Bluegold blueberries (a — fresh, b — freeze-dried)

Вакуумная сублимационная сушка ягод осуществлялась в сублиматоре СБ 2 (Россия). Эксперименты проводились при температуре десублиматора $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура предварительного замораживания ягод внутри продукта составляла $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура нагрева полок в промежутке $+35\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (с шагом $5\text{ }^{\circ}\text{C}$) и длительности сублимации 18–22 часов (с шагом 2 ч).

При проведении исследований использовали ГОСТ ISO 13299-2015 Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля. Organoleptic analysis. Methodology. General guidance for establishing an organoleptic profile, ГОСТ 32896-2014 Фрукты сушеные. Общие технические условия.

Определение витаминов проводилось согласно ГОСТ 51635-2011, 12822-2014, М-04-41-2005 методом капиллярного зонного электрофореза на приборе Капель М-105.

Сахара определялись согласно ГОСТ 53152-2008 на высокоэффективном жидкостном хроматографе (ВЖХ) «AGILENT-1200» с диодно-матричным и флуоресцентным детекторами.

Общее содержание полифенолов определялось методом Folin & Ciocalteu (Singleton et al., 1999) [15] с некоторой модификацией процедуры подготовки образцов, как описано ниже. Галловая кислота и фенольный реагент Folin & Ciocalteu были приобретены у Sigma-Aldrich. Вода очищалась с помощью устройства Millipore Q-POD element. Экстракт смешивался с реагентом Folin & Ciocalteu и раствором карбоната натрия. Сумма общих фенольных соединений определялась с помощью двухлучевого спектрофотометра UV-1800 и выражалась в эквивалентах галловой кислоты (GAE, мг галловой кислоты /100 г образца) через калибровочную кривую галловой кислоты. Абсорбция раствора определялась при 750 нм.

Определение общего количества антоцианов проводилось спектрофотометрическим методом, согласно методике Benvenuti, S. (2004) [16], в качестве стандарта использовался цианидин-3-глюкозид. Экстракты разбавлялись до объема 100 мл двумя буферами с pH 1,0 и pH 4,5. После 20-минутной инкубации при комнатной температуре измерялось поглощение при 510 и 700 нм. Содержание антоцианов рассчитывали, используя молярный коэффициент экстинкции цианидин-3-глюкозида, равный 26 900, молекулярную массу 449,2 и коэффициент поглощения $A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 4,5}$.

Определение антиоксидантной активности проводилось согласно методике к прибору «ЦветЯуза-01-АА».

Оценка результатов экспериментов осуществлена общепринятыми методами математической статистики.

Результаты исследований и их обсуждение. Одними из важных показателей, обуславливающих качество сублимированных ягод и последующий рыночный спрос, являются органолептические свойства, которые напрямую зависят от способов и параметров сушки. Результаты исследований по влиянию различных параметров сушки на органолептические показатели сублимированных ягод голубики приведены на рис. 2.

В результате проведенных экспериментов установлено, что в сублимированных ягодах голубики по мере увеличения температуры полок и времени сублимации снижаются органолептические показатели, а соответственно и качество готового продукта. Так, при температуре полок 35, 40 $^{\circ}\text{C}$, времени 18, 20, 22 часа наблюдались незначительные изменения органолептических показателей, однако ягода была не досушена, а при температуре полок 35 $^{\circ}\text{C}$ незначительно отличалась от свежей. К примеру, при температуре 35 $^{\circ}\text{C}$ внешний вид согласно бальной системе оценки составил 4,96, цвет — 4,91, вкус и запах — 4,9 баллов. При температуре 40 $^{\circ}\text{C}$ внешний вид ягоды оценили в 4,88, цвет — 4,87, вкус и запах — 4,82 баллов. Оптимальные параметры сублимационной сушки ягод голубики были установлены при температуре полок 45 $^{\circ}\text{C}$ и времени сублимации 20 ч, при этих параметрах ягода голубики обладала высокими органолептическими показателями: внешний вид составил — 4,81, цвет — 4,79, вкус и запах — 4,82 балла. Увеличение температуры полок до 50 $^{\circ}\text{C}$ на всех временных промежутках отрицательно повлияло на качество сублимированной ягоды, наблюдалось ухудшение внешнего вида, крошковатость, потемнение, вкус и запах горечи. Внешний вид при сушке 18 ч составил 4,62 балла и заметно снижался при сушке 22 ч составив 4,46 балла, цвет ягод при 18 ч — 4,58, тогда как при 22 ч — 4,41 баллов, вкус и запах при 18 ч — 4,71 и при 22 ч — 4,43 баллов. В связи с вышеизложенным увеличение температуры полок до 50 $^{\circ}\text{C}$ не рекомендуется.

Биохимический состав ягод как сырья для технологических разработок определяется различными показателями, которые всесторонне характеризуют их свойства, потребительскую ценность, назначение. Изучено влияние различного времени сублимирования и различной температуры полок сублимационной сушки на общее содержание витаминов, сахаров, полифенолов, антоцианов и антиоксидантной активности в ягодах голубики, результаты приведены в табл. 1.

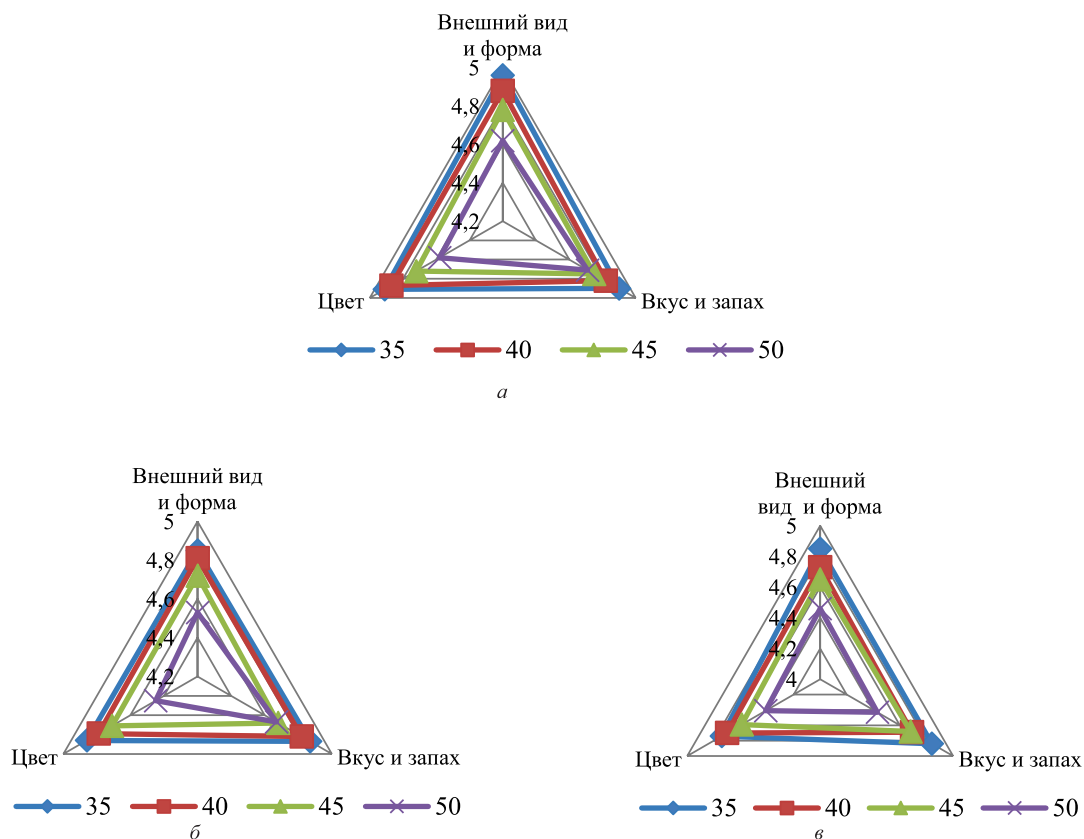


Рис. 2. Органолептические показатели голубики при длительности сублимации 18 (а), 20 (б), 22 (в) часа

Fig. 2. Organoleptic characteristics of blueberries at sublimation time of 18 (a), 20 (b), 22 (c) hours

Таблица 1. Биохимические показатели голубики до и после сублимации
Table 1. Biochemical parameters of blueberries before and after sublimation

Наименование показателя	Время сублимации, ч	Температура полки при сублимации, °C			
		35	40	45	50
Витамины, мкг/100 г	Свежая	9.005±0.017			
	18	7.98±0.021	7.86±0.021	7.69±0.015	7.55±0.035
	20	7.94±0.019	7.87±0.023	7.76±0.022	7.35±0.017
	22	6.37±0.013	6.25±0.016	6.07±0.028	5.79±0.013
Сахара, %	Свежая	5.25±0.016			
	18	4.68±0.002	4.56±0.023	4.48±0.028	4.33±0.016
	20	4.52±0.009	4.35±0.008	4.29±0.019	4.06±0.008
	22	3.65±0.014	3.58±0.019	3.46±0.013	3.31±0.023
Полифенолы, г/100 г	Свежая	62.83±0.0018			
	18	62.79±0.0023	48.54±0.0011	45.08±0.0056	42.41±0.012
	20	47.97±0.0007	42.98±0.0012	39.15±0.0012	36.34±0.023
	22	43.93±0.0025	37.07±0.0017	31.27±0.0020	26.94±0.005
Антоцианы, г/100г	Свежая	24.86±0.017			
	18	23.24±0.021	23.03±0.021	19.68±0.015	15.01±0.035
	20	21.39±0.019	19.77±0.023	14.81±0.022	12.78±0.017
	22	20.66±0.013	16.81±0.016	12.31±0.028	8.60±0.013
Содержание антиоксидантов, мг/г	Свежая	3.39±0.031			
	18	3.21±0.018	3.26±0.013	3.38±0.029	3.25±0.027
	20	3.18±0.005	3.11±0.023	3.06±0.028	3.03±0.019
	22	2.98±0.014	2.81±0.044	2.76±0.032	2.71±0.013

Исследования показали, что для ягоды голубики в зависимости от температуры полок и времени сублимационной сушки наблюдается снижение биохимических показателей. Н Максимальная сохранность полезных веществ в голубике определена при температуре полок 35 °С, времени сушки 18 часов, наименьшая при температуре полок 50 °С и времени сушки 22 часа. Так, к примеру, при температуре полок 35 °С и времени сублимации 18 ч содержание витаминов снизилось на 11,4%, сахаров — 17,5 %, полифенолов — 0,1 %, антоцианов — 6,5 %, антиоксидантной активности — 5,3 %. При температуре полок 35 °С, времени 20 ч содержание витаминов снизилось на 11,8 %, сахаров — 13,9 %, полифенолов — 23,7 %, антоцианов — 14 %, антиоксидантной активности — 6,2 %. При температуре полок 35 °С, времени 22 ч содержание витаминов снизилось на 29,2%, сахаров — 30,5 %, полифенолов — 30,1 %, антоцианов — 16,9 %, антиоксидантной активности — 12,1 %.

При сублимации, проходящей при температуре полок 50 °С, времени 18 ч, содержание витаминов снизилось на 16,1 %, сахаров — 22,7 %, полифенолов — 32,5 %, антоцианов — 39,6 %, антиоксидантной активности — 4,2 %. Тогда как при температуре полок 50 °С, времени 20 ч наблюдалось снижение содержания витаминов на 18,4 %, сахаров — 22,7 %, полифенолов — 42,2 %, антоцианов — 48,6 %, антиоксидантной активности — на 10,6 %. Наименьшая сохранность установлена при температуре полок 50 °С, времени сублимации 22 ч, снижение витаминов составило 35,7 %, сахаров — 37 %, полифенолов — 57,1 %, антоцианов — 65,4 %, антиоксидантной активности — 20,1 %.

Активные соединения ягод полифенолы и антоцианы в процессе сушки окисляются и подвергаются термической деградации, особенно при высоких температурах. Количество антоцианов линейно уменьшается с повышением температуры сушки. Такая же закономерность наблюдается с содержанием полифенолов. Установлено, что увеличение температуры полок и времени сублимации оказывает отрицательное воздействие в большей степени на сохранность полифенолов и антоцианов.

В этом исследовании изучалось влияние сублимационной сушки ягод голубики на их органолептические свойства и биохимические показатели в зависимости от температуры полок и времени сублимации в сравнении со свежей ягодой. В результате исследований установлено, что наименьшее снижение показателей наблюдается при температуре полок 35 °С, времени сублимации 18 ч и составила для витаминов — 11,4 %, сахара — 10,9 %, полифенолы — 0,1 %, антоцианы — 6,5 %, антиоксидантная активность — 5,3 %. Наибольшее снижение данных показателей наблюдалось при температуре полок 50 °С, времени сублимации 22 ч и составила для витаминов — 35,7 %, сахара — 37 %, полифенолы — 57,1 %, антоцианы — 65,4 %, антиоксидантная активность — 20,1 %.

По сравнению с образцами свежей ягоды, высушенные сублимацией ягоды, при длительности процесса сушки 18 и 20 часов потеряли незначительное содержание ценных компонентов. Увеличение времени сублимации ягод голубики до 22 часов значительно снижает уровень содержания витаминов и сахаров.

Заключение. Таким образом, в результате исследований установлено, что при сублимировании ягод голубики на органолептические свойства и химический состав оказывают влияние температура полок и время сублимации. На основании проведенных исследований установлены оптимальные параметры сублимационной сушки ягод голубики, при которых сохраняются качество и состав готовых продуктов: температура полок 45 °С, время сублимации 20 ч.

Список использованных источников

1. Nile, S. H., & Park, S. W. (2014). Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30(2), 134-144.
2. Sinelli, N., Spinardi, A., Di Egidio, V., Mignani, I., & Casiraghi, E. (2008). Evaluation of quality and nutraceutical content of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by near and mid-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 50(1), 31-36.
3. Skesters, A., Kleiner, D., Blázovics, A., May, Z., Kurucz, D., & Szentmihályi, K. (2014). Mineral element content and antioxidant capacity of some Latvian berries.
4. Skupień, K. (2006). Chemical composition of selected cultivars of highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). *Folia Horticulturae*, 18(2), 47-56.
5. Grembecka, M., & Szefer, P. (2013). Comparative assessment of essential and heavy metals in fruits from different geographical origins. *Environmental monitoring and assessment*, 185, 9139-9160.
6. Giovanelli, G., & Buratti, S. (2009). Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food chemistry*, 112(4), 903-908.

7. Sellappan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(8), 2432-2438.
8. Prior, R. L., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., ... & Mainland, C. M. (1998). Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(7), 2686-2693.
9. Rashidinejad, A. (2020). Blueberries. In *Nutritional composition and antioxidant properties of fruits and vegetables* (pp. 467-482). Academic Press.
10. Miyake, S., Takahashi, N., Sasaki, M., Kobayashi, S., Tsubota, K., & Ozawa, Y. (2012). Vision preservation during retinal inflammation by anthocyanin-rich bilberry extract: cellular and molecular mechanism. *Laboratory investigation*, 92(1), 102-109.
11. Crane, J. H. (2017). This document was developed using information compiled during the National Mango Board-sponsored 2015-2017 research project, Mango Cultivar Evaluation Project-Phase 1.
12. Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., & Tagawa, A. (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83(3), 422-429.
13. Genskowsky, E., Puente, L. A., Pérez-Álvarez, J. A., Fernández-López, J., Muñoz, L. A., & Viuda-Martos, M. (2016). Determination of polyphenolic profile, antioxidant activity and antibacterial properties of maqui [*Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz] a Chilean blackberry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(12), 4235-4242.
14. Shui, G., & Leong, L. P. (2006). Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food chemistry*, 97(2), 277-284.
15. Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press.
16. Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. A., & Bertelli, D. (2004). Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *Journal of food science*, 69(3), FCT164-FCT169.

Информация об авторах

Каманова Светлана Георгиевна, докторант лаборатории функциональной химии и диетологии пищевых продуктов, Колледж пищевых наук и инженерии, Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства (Янлин 712100, Шэньси, Китай).

E-mail: kamanovasveta@mail.ru

Темирова Индира Жанатовна, магистр техники технологии кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств ВАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», (пр. Женис 62, г. Астана, Республика Казахстан).

E-mail: indira_t85@mail.ru

Альдиева Акмарал Беймбетовна, младший научный сотрудник кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина» (пр. Женис 62, г. Астана, Казахстан).

E-mail: akylinaakmaral@mail.ru

Оспанкулова Гульназым Хамитовна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры Технологии пищевых и перерабатывающих производств, Технический факультет, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», пр. Женис 62, г. Астана, Казахстан.

E-mail: bulashevag@mail.ru

Information about authors

Kamanova Svetlana Georgievna, PhD student of the Laboratory of Functional Chemistry and Nutrition of Food Products, College of Food Sciences and Engineering, Northwestern University of Agriculture and Forestry (China, Shaanxi, Yangling, 712100).

E-mail: kamanovasveta@mail.ru

Temirova Indira Zhanatovna, Master of Engineering Technology of the Department of Technology of Food and Processing Industries, Technical Faculty, NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University» (Republic of Kazakhstan 010011, Astana city, Zhenis avenue, 62).

E-mail: indira_t85@mail.ru

Aldieva Akmaral Beimbetovna, Junior researcher of the Department of Technology of Food and Processing Industries, Technical Faculty, NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University» (Republic of Kazakhstan 010011, Astana city, Zhenis avenue, 62).

E-mail: akylinaakmaral@mail.ru

Ospankulova Gulnazym Khamitovna, PhD (Biological Sciences), Senior Lecturer of the Department of Technology of Food and Processing Industries, Technical Faculty, NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University» (Republic of Kazakhstan 010011, Astana city, Zhenis avenue, 62).

E-mail: bulashevag@mail.ru