

Юлия Владимировна Щербакова^{1✉}, Фарида Юнусовна Ахмадуллина²,

Алена Артемовна Кузнецова³, Олеся Вадимовна Самылова⁴

^{1,2,3,4}Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Республика Татарстан, Россия

^{1,2}balakirevajulia3@mail.ru

³aloynasoft2002@gmail.com

⁴o-samylova@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Цель исследования – изучение интегральной антиоксидантной активности кисломолочной продукции для питания детей в процессе хранения. Задачи: оценить ИАА кисломолочных продуктов для детского питания казанского производителя ОАО «Детская молочная кухня» и выявить динамику изменения данного показателя при их хранении; оценить уровень окислительных процессов в данных продуктах и содержание доступных тиоловых групп белковых молекул исследуемых образцов. Объект исследования – ассортимент кисломолочных напитков для детского питания казанского производителя ОАО «Детская молочная кухня» («Биойогурт», «Наринэ», «Бифилайф»). Интегральную антиоксидантную активность определяли на кулонометрическом анализаторе «Эксперт-006» методом гальваностатической кулонометрии с помощью электрогенерированного брома, который охватывает практически все группы антиоксидантов в пробе продукта, является экспрессным, обладает хорошей воспроизводимостью результатов измерения, простотой инструментального исполнения, высокой точностью. Дополнительно изучали изменение содержания доступных тиоловых групп белковых молекул в исследованных образцах (спектрофотометрический метод с использованием реактива 5,5'-дитиобис-(2-нитробензойная кислота), которые играют важнейшую роль в окислительно-восстановительных процессах и являются одними из ключевых компонентов антиоксидантной системы кисломолочных продуктов, и перекисное окисление липидов с помощью регистрации малонового диальдегида (спектрофотометрический метод с использованием тиобарбитуровой кислоты). При хранении исследованных продуктов происходило снижение их антиоксидантной активности, что подтверждалось уменьшением в них количества доступных сульфгидрильных групп молочных белков и увеличением интенсивности процессов перекисного окисления липидов. Изучена интегральная антиоксидантная активность кисломолочных напитков для питания детей раннего возраста казанского производителя ОАО «Детская молочная кухня»: наибольшей антиоксидантной активностью обладало «Наринэ» (99,35 мг/100 мл). Установлено протекание окислительных процессов при хранении кисломолочных продуктов – накопление малонового диальдегида, что подтверждает полученные результаты по их антиоксидантной активности. Наибольшей биологической ценностью и наименьшим накоплением токсичных продуктов окисления в конце срока годности обладал кисломолочный продукт «Биойогурт». Показана перспективность показателя интегральной антиоксидантной активности, измеренного методом гальваностатической кулонометрии, для оценки качества продукции на основе молока.

Ключевые слова: интегральная антиоксидантная активность, кулонометрия, кисломолочные продукты, малоновый диальдегид, детское питание, биотехнология

Для цитирования: Изменение качества кисломолочных продуктов для детского питания в процессе хранения / Ю.В. Щербакова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 12. С. 153–159. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-153-159.

Yulia Vladimirovna Shcherbakova^{1✉}, Farida Yunusovna Akhmadullina²,
Alena Artemovna Kuznetsova³, Olesya Vadimovna Samylova⁴

^{1,2,3,4}Kazan National Research Technological University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

^{1,2}balakirevajulia3@mail.ru

³aloynasoft2002@gmail.com

⁴o-samylova@mail.ru

CHANGES IN THE FERMENTED DAIRY PRODUCTS QUALITY FOR BABY FOOD DURING STORAGE

The aim of the study is to investigate the integral antioxidant activity of fermented milk products for children's nutrition during storage. Objectives: to evaluate the IAA of fermented milk products for baby food of the Kazan manufacturer OAO Detskaya Molochnaya Kukhnya and to identify the dynamics of changes in this indicator during their storage; to evaluate the level of oxidative processes in these products and the content of available thiol groups of protein molecules of the studied samples. The object of the study is the range of fermented milk drinks for baby food of the Kazan manufacturer OAO Detskaya Molochnaya Kukhnya (Bioyogurt, Narine, Bifilife). The integral antioxidant activity was determined on the coulometric analyzer Expert-006 by galvanostatic coulometry using electrogenerated bromine, which covers almost all groups of antioxidants in the product sample, is express, has good reproducibility of measurement results, simplicity of instrumental execution, and high accuracy. Additionally, we studied the change in the content of available thiol groups of protein molecules in the samples under study (spectrophotometric method using 5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) reagent, which play a key role in oxidation-reduction processes and are one of the key components of the antioxidant system of fermented milk products, and lipid peroxidation using malonic dialdehyde registration (spectrophotometric method using thiobarbituric acid). During storage of the studied products, their antioxidant activity decreased, which was confirmed by a decrease in the amount of available sulfhydryl groups of milk proteins and an increase in the intensity of lipid peroxidation processes. The integral antioxidant activity of fermented milk drinks for nutrition of young children of the Kazan manufacturer OAO Detskaya Molochnaya Kukhnya was studied: Narine had the highest antioxidant activity (99.35 mg/100 ml). The occurrence of oxidation processes during storage of fermented milk products, accumulation of malonic dialdehyde, has been established, which confirms the results obtained on their antioxidant activity. The fermented milk product Bioyogurt had the highest biological value and the lowest accumulation of toxic oxidation products at the end of the shelf life. The prospects of the integral antioxidant activity indicator measured by galvanostatic coulometry for assessing the quality of milk-based products have been shown.

Keywords: integral antioxidant activity, coulometry, fermented milk products, malonic dialdehyde, baby food, biotechnology

For citation: Changes in the fermented dairy products quality for baby food during storage / Yu.V. Shcherbakova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(12): 153–159 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-153-159.

Введение. Питание – один из важнейших факторов, определяющих наше самочувствие, рост и развитие на протяжении всего жизненного цикла. Поэтому очень важно, чтобы вместе с пищей человек получал все необходимые компоненты для полноценного развития, которые бы способствовали укреплению его иммунитета. В связи с этим важную роль играют кисломолочные продукты, особенно в рационе детей первых лет жизни. Наряду с важнейшими нутриентами они содержат пробиотики, способствующие формированию крепкого иммунитета

пищеварению ребенка [1, 2]. Кроме того, многие компоненты кисломолочных продуктов обуславливают их антиоксидантный статус, благодаря чему повышают значимость последних в лечебно-профилактическом питании [3].

На сегодняшний день для питания ребенка существует достаточно широкий ассортимент кисломолочных продуктов, именно поэтому перед потребителем встает вопрос о выборе более качественного продукта. Однако информация, представленная на упаковке товарного продукта, очень часто является недостаточной для объек-

тивной оценки качества кисломолочной продукции. Таким образом, необходим новый инновационный показатель качества кисломолочной продукции. Мы предлагаем использовать интегральную антиоксидантную активность (ИАА), определяемую кулонометрическим титрованием электрогенерированным бромом. Перспективность нового качественного параметра в молочной промышленности была оценена и подтверждена результатами наших исследований [4].

Под качеством кисломолочной продукции понимают не только оценку основных ее показателей, но и сохранность данных показателей в течение срока годности, установленного производителем.

Цель исследования – изучение интегральной антиоксидантной активности кисломолочной продукции для питания детей в процессе хранения.

Задачи: оценить ИАА кисломолочных продуктов для детского питания казанского производителя ОАО «Детская молочная кухня» и выявить динамику изменения данного показателя при их хранении; оценить уровень окислительных процессов в данных продуктах и содержание доступных тиоловых групп белковых молекул исследуемых образцов.

Объекты и методы. Объектом исследования являлся ассортимент кисломолочных напитков для детского питания казанского производителя ОАО «Детская молочная кухня», характеристика которых представлена в таблице.

Характеристика исследованных кисломолочных продуктов для детского питания

Продукт	Срок годности, ут	Состав
Биоюгурт	5	Молоко нормализованное, комплекс витаминов (А, Е, D ₃ , В ₆), йогуртная закваска, бифидо-культуры, белок – 3,2 г, жиры – 3,2 г, углеводы – 4,5 г
Наринэ	5	Молоко нормализованное, закваска чистых культур ацидофильных молочнокислых микроорганизмов штамм «Наринэ», белок – 2,8 г, жиры – 3,2 г, углеводы – 4,0 г
Бифилайф	5	Молоко нормализованное, закваска на чистых культурах молочнокислых микроорганизмов и симбиотической закваски бифидобактерий «Бифилайф», белок – 2,8 г, жиры – 3,2 г, углеводы – 4,1 г

Были выбраны следующие контрольные точки для оценки интегральной антиоксидантной активности исследованной продукции:



Дополнительно определяли содержание малонового диальдегида (МДА) как маркера перекисного окисления липидной фракции продукта и доступных сульфгидрильных групп белков, которые являются важнейшими антиоксидантами продукции на основе молока [5].

Интегральную антиоксидантную активность исследованных образцов продукции определяли методом гальваностатической кулонометрии с помощью электрогенерированного брома на анализаторе «Эксперт-006» (МВИ 01-44538054-07) [6]. Данные по антиоксидантной активности приведены в пересчете на рутин (ТУ 9369-141-04868244-07), а также в процентах от величины антиоксидантной активности продукта в начале

срока хранения. Уровень перекисного окисления липидов и доступных сульфгидрильных групп в кисломолочных напитках оценивали спектрофотометрическими методами [7, 8].

Статистическая обработка данных была выполнена в Microsoft Excel с использованием пакета «Анализ данных».

Результаты и их обсуждение. Результаты по изменению качества кисломолочных продуктов для детского питания представлены на рисунке 1 (для большей наглядности данные приведены в процентах от значений параметра в начале срока хранения продукта, усредненные абсолютные величины подписаны внутри столбцов диаграммы).

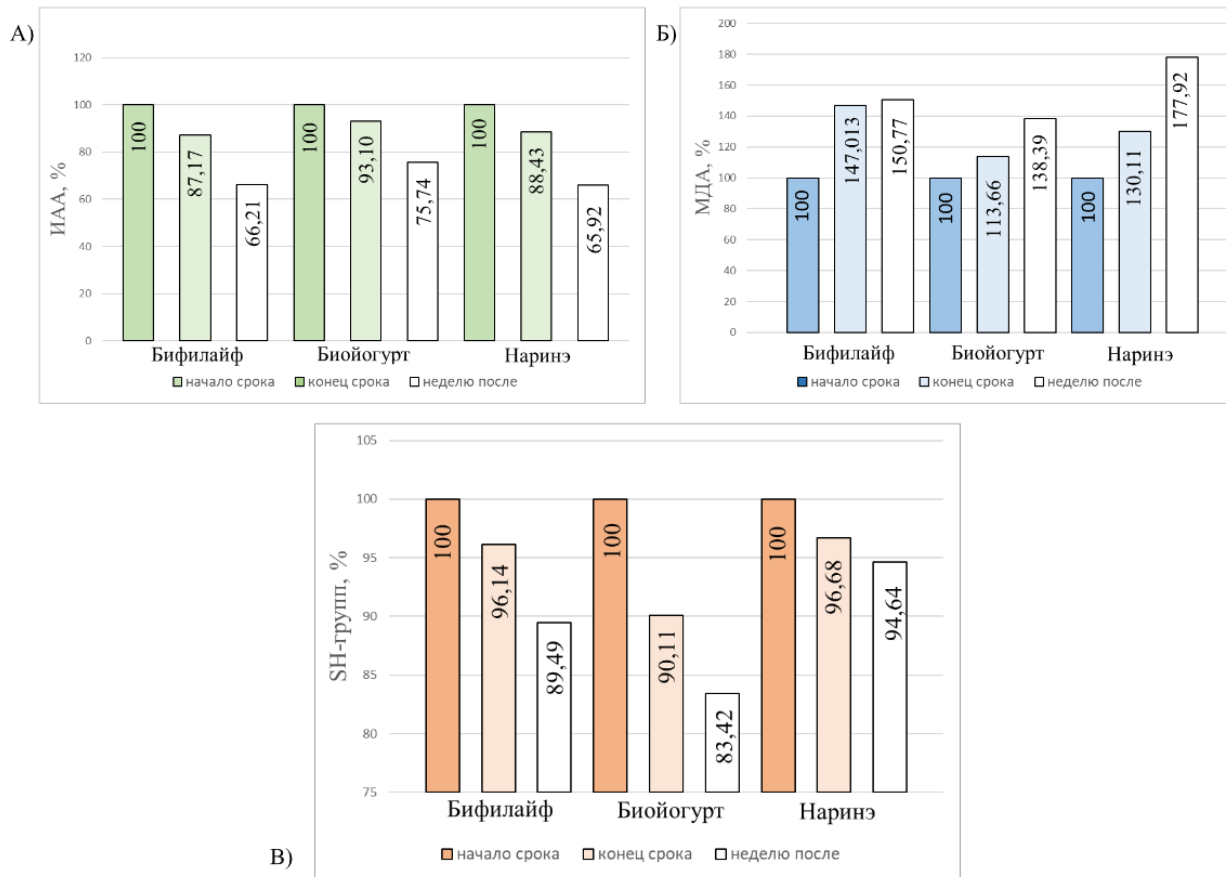


Рис. 1. Изменение качества кисломолочных продуктов для детского питания при хранении: А – интегральная антиоксидантная активность; Б – малоновый диальдегид; В – доступные сульфгидрильные группы белков молока

Наибольшей антиоксидантной активностью обладал «Наринэ», что, вероятнее всего, связано с индивидуальными особенностями закваски.

Важно отметить, что при увеличении срока хранения кисломолочных продуктов для детского питания величина ИАА уменьшалась практически для всех исследованных образцов.

Это можно объяснить тем, что в процессе хранения продукта количество активной микрофлоры закваски, способной вырабатывать антиоксиданты, уменьшается. Происходит окисление молочных жиров, вызванное сменой доминирующей культуры микроорганизмов в кисломолочных продуктах. Антиоксиданты среды расходуются на торможение данных процессов [8]. Однако стоит отметить, что интенсивность данных процессов зависит от закваски,

используемой для приготовления кисломолочного продукта. Так, согласно работе [9], разработанная закваска на основе молочнокислых бактерий и дрожжей для кумысного продукта приводила не только к снижению антиоксидантной активности продукта в конце срока хранения, но и увеличивала данный показатель. Вероятнее всего, это объясняется именно тем, что дрожжи в отличие от молочнокислых лактококков обладают способностью к синтезу глутатиона в значительных количествах, являющегося антистрессовым фактором. Данное предположение подтверждается также нашими собственными результатами (на примере обезжиренного кефира), представленными на рисунке 2.

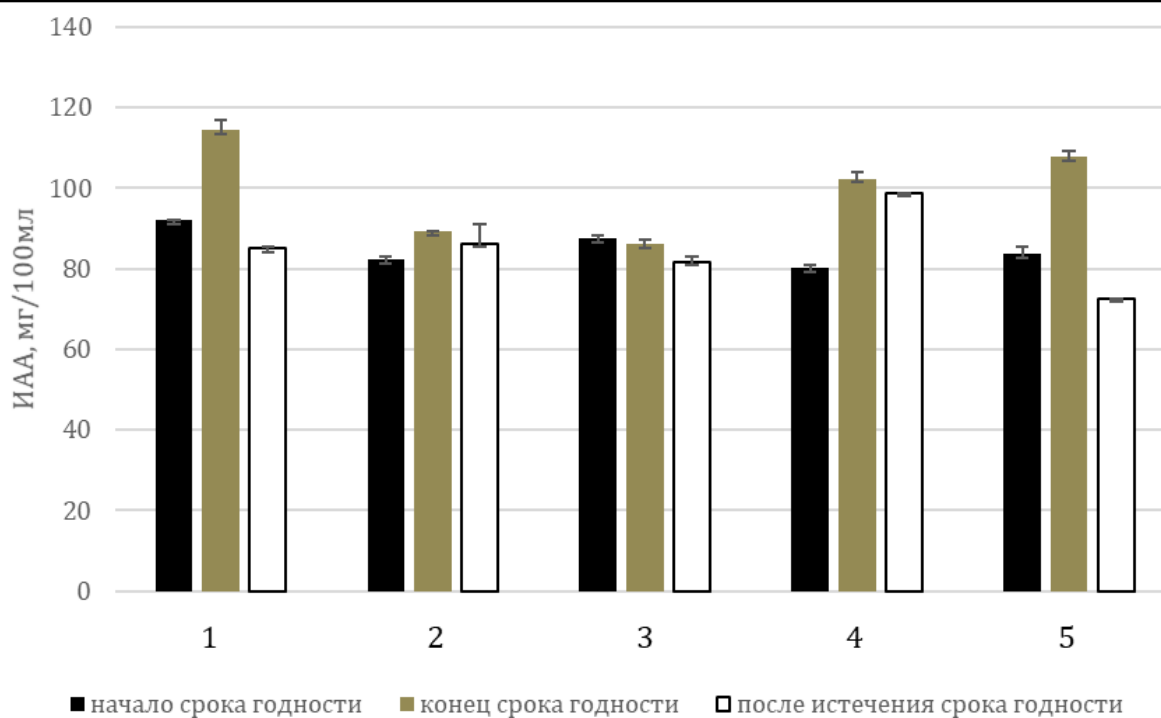


Рис. 2. Влияние сроков хранения на интегральную антиоксидантную активность обезжиренного кефира (1, 2, 3, 4, 5 – номер пробы)

О том, что окислительные процессы действительно протекают при хранении кисломолочных продуктов, свидетельствуют данные по увеличению в процессе их хранения малонового диальдегида и содержания доступных сульфгидрильных групп белков (см. рис. 1, б, в).

Однако несмотря на то, что тенденции изменения ИАА, МДА и содержание доступных сульфгидрильных групп белков качественно были схожими для всех исследованных продуктов, они отличались количественно.

Согласно полученным данным, наименьшее снижение ИАА характерно для продукта «Биоюгурт». Это, вероятнее всего, объясняется тем, что он обогащен витаминами (А, Е, D₃, B₆), которые могут тормозить процесс окисления при хранении «Биоюгурта» [10, 11].

Наибольшие изменения ИАА при хранении претерпевали кисломолочные продукты «Бифилайф» и «Наринэ».

Полученные результаты очень хорошо согласуются с данными по накоплению малонового диальдегида в исследуемых кисломолочных продуктах: наименьшее накопление токсичных продуктов перекисного окисления липидов было характерно для продукта «Биоюгурт», наибольшее – для продуктов «Бифилайф» и «Наринэ».

Что касается содержания доступных сульфгидрильных групп белков (рис. 6), полученные результаты также подтверждают экспериментальные данные по интегральной антиоксидантной активности. Наименьшее снижение доступных SH-групп было характерно для продукта «Биоюгурт». Это с большой долей вероятности объясняется повышенным содержанием в нем белка (3,2 г).

Наибольшее снижение доступных SH-групп было характерно для продуктов «Бифилайф» и «Наринэ» (содержание белка 2,8 г).

Таким образом, показано, что несмотря на то, что все исследованные продукты выпускаются согласно современным нормативам и требованиям, все же они существенно отличаются по показателю интегральной антиоксидантной активности. Данный показатель мог бы быть полезен в качестве дополнительного маркера для выбора наиболее полезного и качественного продукта питания.

Заключение

1. Изучена интегральная антиоксидантная активность кисломолочных напитков для питания детей раннего возраста казанского производителя ОАО «Детская молочная кухня»: наи-

большей антиоксидантной активностью обладал продукт «Наринэ» (99,35 мг/100 мл).

2. Антиоксидантная активность исследованных продуктов при хранении снижается, что подтверждается уменьшением в них количества доступных сульфгидрильных групп молочных белков.

3. Установлено протекание окислительных процессов при хранении кисломолочных продуктов – накопление малонового диальдегида, что подтверждает полученные результаты по их антиоксидантной активности.

4. Выявлено, что наибольшей биологической активностью в сочетании с менее выраженной интенсивностью процессов окисления в конце срока годности обладал кисломолочный продукт «Биоюгurt».

5. Показано, что показатель интегральной антиоксидантной активности кисломолочных продуктов является чувствительным показателем для оценки их качества.

Список источников

1. *Сергеев И.В., Веретенникова И.В.* Экономика организаций (предприятий). М: Велби; Проспект, 2006. 560 с.
2. Кисломолочные продукты и здоровье ребенка / *А.И. Хавкин* [и др.] // *Российский вестник перинатологии и педиатрии.* 2020. Т. 65, № 6. С. 155–165.
3. *Будников Г.К., Зиятдинова Г.К., Валитова Я.Р.* Электрохимическое определение глутатиона // *Журнал аналитической химии.* 2004. Т. 59, № 6. С. 643–644.
4. *Балакирева Ю.Б.* Гальваностатическая кулонометрия для оценки антиоксидантной активности молока и молочных продуктов: науч.-метод. пособие / *А.А. Лапин* [и др.]. М.: РАЕН, 2009. 60 с.
5. *Аинная А.Д., Щербакова Ю.В., Ахмадуллина Ф.Ю.* Изучение изменения интегральной антиоксидантной активности кисломолочной продукции для детского питания при хранении // *Пищевые технологии и биотехнологии: XVIII Всерос. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов с междунар. участием, Казань, 18–21 апреля 2023 г.* Казань: Казан. нац. исследовательский технол. ун-т, 2023. С. 542–545.
6. Интегральная антиоксидантная активность ряженки различных производителей /

7. *К.А. Насрулина* [и др.] // *Бутлеровские сообщения.* 2021. Т. 66, № 5. С. 111–116.
8. Методическое положение по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма / *сост. М.И. Рецкий* [и др.]; Воронеж. гос. ун-т. Воронеж, 2010. 70 с.
9. Интегральная антиоксидантная активность кефира для детского питания разных производителей / *Ю.В. Щербакова* [и др.] // *Бутлеровские сообщения.* 2019. Т. 60, № 11. С. 56–62.
10. *Креккер Л.Г., Колосова Е.В.* Антиоксидантная активность как функциональное преимущество кисломолочного продукта в процессе хранения // *Хранение и переработка сельхозсырья.* 2022. № 2. С. 147–160.
11. *Лазарева О.Н.* Свободнорадикальные процессы и антиокислительные свойства молока и кисломолочных продуктов: диссертация ... канд. биол.наук: 03.00.04 / Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН. Уфа, 2008. 130 с.
12. *Щербакова Ю.В.* Влияние тепловой обработки на компоненты антиоксидантной системы молока и его интегральную антиоксидантную активность: дис. ... канд. биол. наук / Москов. гос. акад. ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина. М., 2011. 148 с.

References

1. *Sergeev I.V., Veretennikova I.V.* Ekonomika organizatsii (predpriyatii). M: Velbi; Prospekt, 2006. 560 s.
2. *Kislomolochnye produkty i zdorov'e rebenka / A.I. Khavkin* [i dr.] // *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii.* 2020. T. 65, № 6. S. 155–165.
3. *Budnikov G.K., Ziyatdinova G.K., Valitova Ya.R.* Ehlektrokhimicheskoe opredelenie glutationa // *Zhurnal analiticheskoi khimii.* 2004. T. 59, № 6. S. 643–644.
4. *Balakireva Yu.B.* Gal'vanostaticheskaya kulonometriya dlya otsenki antioksidantnoi aktivnosti moloka i molochnykh produktov: nauch.-metod. posobie / *A.A. Lapin* [i dr.]. M.: RAEN, 2009. s. 60.
5. *Ainnaya A.D., Shcherbakova Yu.V., Akhmadullina F.Yu.* Izuchenie izmeneniya integral'noi antioksidantnoi aktivnosti kislomolochnoi

- produksii dlya detskogo pitaniya pri khraneni
nii // Pishchevye tekhnologii i biotekhnologii:
XVIII Vseros. konf. molodykh uchenykh, aspi-
rantov i studentov s mezh-dunar. uchastiem,
Kazan', 18–21 aprelya 2023 g. Kazan': Kazan.
nats. issledovatel'skii tekhnol. un-t, 2023.
S. 542–545.
6. Integral'naya antioksidantnaya aktivnost' ryazhenki razlichnykh proizvoditelei / *K.A. Nasrulina* [i dr.] // *Butlerovskie soobshcheniya*. 2021. T. 66, № 5. S. 111–116.
7. Metodicheskoe polozhenie po izucheniyu processov svobodnoradikal'nogo okisleniya i sistemy antioksidantnoi zashchity organizma / sost. *M.I. Retskiy* [i dr.]; Voronezh. gos. un-t. Voronezh, 2010. 70 s.
8. Integral'naya antioksidantnaya aktivnost' kefirov dlya detskogo pitaniya raznyh proizvoditelei / *Yu.V. Shcherbakova* [i dr.] // *Butlerovskie soobshcheniya*. 2019. T. 60, № 11. S. 56–62.
9. *Krekker L.G., Kolosova E.V.* Antioksidantnaya aktivnost' kak funktsional'noe preimushchestvo kislomolochnogo produkta v protsesse khraneniya // *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. 2022. № 2. S. 147–160.
10. *Lazareva O.N.* Svobodnoradikal'nye protsessy i antiokislitel'nye svoystva moloka i kislomolochnykh produktov: dissertatsiya ... kand. biol.nauk: 03.00.04 / Institut biokhimii i genetiki Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN. Ufa, 2008. 130 s.
11. *Shcherbakova Yu.V.* Vliyanie teplovoi obrabotki na komponenty antioksidantnoi sistemy moloka i ego integral'nuyu antioksidantnuyu aktivnost': dis. ... kand. biol. nauk / *Moskov. gos. akad. veterinarnoi meditsiny i biotekhnologii im. K.I. Skryabina*. M., 2011. 148 s.

Статья принята к публикации 15.11.2024 / The article accepted for publication 15.11.2024.

Информация об авторах:

Юлия Владимировна Щербакова¹, доцент кафедры промышленной биотехнологии
Фарида Юнусовна Ахмадуллина², старший преподаватель кафедры промышленной биотехнологии
Алена Артемовна Кузнецова³, студентка 4-го курса
Олеся Вадимовна Самылова⁴, студентка 4-го курса

Information about the authors:

Yulia Vladimirovna Shcherbakova¹, Associate Professor at the Department of Industrial Biotechnology
Farida Yunusovna Akhmadullina², Senior Lecturer, Department of Industrial Biotechnology
Alena Artemovna Kuznetsova³, 4th year student
Olesya Vadimovna Samylova⁴, 4th year student

