

**Туяна Нимбуевна Занданова**

<sup>1</sup>Арктический государственный агротехнологический университет, Якутск, Россия  
<sup>1</sup>tuyana35@mail.ru

### ИЗУЧЕНИЕ ВИТАМИНСИНТЕЗИРУЮЩЕЙ И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОБНОГО КОНСОРЦИУМА

Цель исследования – изучение динамики аскорбиновой кислоты и антиоксидантной активности при ферментации коровьего молока микробным консорциумом. Исследование динамики аскорбиновой кислоты проводили в течение сквашивания молока микробным консорциумом и антиоксидантной активности – при созревании полученного продукта. В качестве контрольных образцов использовали исходную комбинированную закваску (кефирная закваска + *L. acidophilus* + *L. bulgaricus* + *L. helveticus* в соотношении 1 : 0,5 : 0,5 : 0,5 соответственно). Для определения содержания витамина С использовали титриметрический метод, основанный на взаимодействии аскорбиновой кислоты с натрием 2,6-дихлорфенолиндофенолятом. Антиоксидантную активность образцов оценивали амперометрическим методом при помощи жидкостного хроматографа «Цвет Яруза-01-АА». Обезжиренное коровье молоко предварительно пастеризовали при  $86 \pm 2$  °С с выдержкой 10 мин и охлаждали до температуры ферментации  $30 \pm 2$  °С. В подготовленное молоко вносили 5 % закваски. В молоке, заквашиваемым микробным консорциумом, накопление аскорбиновой кислоты продолжалось в течение 24 ч культивирования. В контрольных образцах витаминсинтезирующая активность снижалась после 8 ч культивирования. Изучение антиоксидантной активности проводили при температуре  $30 \pm 2$  °С в течение 3 сут созревания. В образце с микробным консорциумом наблюдалось повышение антиоксидантной активности в течение 72 ч на фоне ее снижения в контрольных образцах (кефирной закваске и комбинированной исходной закваске). Выраженная антиоксидантная активность, вероятно, связана с тем, что способ получения микробного консорциума вырабатывает механизмы поддержания равновесия между продукцией антиоксидантов и развитием окислительных процессов, не зависящих от изменения температуры культивирования.

**Ключевые слова:** антиоксидантная активность, аскорбиновая кислота, микробный консорциум, кефирная закваска

**Для цитирования:** Занданова Т.Н. Изучение витаминсинтезирующей и антиоксидантной активности микробного консорциума // Вестник КрасГАУ. 2024. № 1. С. 183–188.

**Tuyana Nimbuevna Zandanova**

Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia  
tuyana35@mail.ru

### STUDYING THE VITAMIN-SYNTHESIS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE MICROBIAL CONSORTIUM

The purpose of research is to study the dynamics of ascorbic acid and antioxidant activity during the fermentation of cow's milk by a microbial consortium. A study of the dynamics of ascorbic acid was carried out during the fermentation of milk by a microbial consortium and antioxidant activity during the ripening of the resulting product. The original combined starter (kefir starter + *L. acidophilus* + *L. bulgaricus* + *L. helveticus* in the ratio 1: 0.5: 0.5: 0.5, respectively) was used as control samples. To determine the vitamin C content, a titrimetric method was used, based on the interaction of ascorbic acid with sodium 2,6-dichlorophenolindophenolate. The antioxidant activity of the samples was assessed by the amperometric

method using a Tsvet Yaruza-01-AA liquid chromatograph. Skim cow's milk was pre-pasteurized at  $86 \pm 2$  °C for 10 min and cooled to a fermentation temperature of  $30 \pm 2$  °C. 5% starter was added to the prepared milk. In milk fermented by a microbial consortium, the accumulation of ascorbic acid continued during 24 hours of cultivation. In control samples, vitamin synthesizing activity decreased after 8 hours of cultivation. The study of antioxidant activity was carried out at a temperature of  $30 \pm 2$  °C for 3 days of ripening. In the sample with the microbial consortium, an increase in antioxidant activity was observed within 72 hours against the background of its decrease in the control samples (kefir starter and combined initial starter). The pronounced antioxidant activity is probably due to the fact that the method of obtaining a microbial consortium develops mechanisms for maintaining a balance between the production of antioxidants and the development of oxidative processes that are independent of changes in cultivation temperature.

**Keywords:** antioxidant activity, ascorbic acid, microbial consortium, kefir starter

**For citation:** Zadanova T.N. Studying the vitamin-synthesis and antioxidant activity of the microbial consortium // Bulliten KrasSAU. 2024;(1): 183–188. (In Russ.).

**Введение.** Воздействие на организм различных вредных факторов (физических, биологических и социальных стрессоров) может спровоцировать процесс произвольного радикального окисления. Свободные радикалы могут образовываться вследствие нормального обмена веществ [1]. Не интенсивные окислительные процессы с участием активных форм кислорода относят к процессам естественного метаболизма организма человека [2–4]. Активизация свободнорадикального окисления наблюдается при патологиях. Это связано с тем, что свободные радикалы при биохимическом взаимодействии с другими веществами повреждают их и превращают в свободные радикалы. Одним из способов прерывания реакционной цепи является взаимодействие свободных радикалов с веществами, способными отдавать им свободные электроны при этом сохраняя свою стабильность. Скорость развития реакционной цепи будет зависеть от количества свободных и гибнущих радикалов [4, 5]. В условиях естественного метаболизма имеются механизмы, поддерживающие развитие окислительных процессов на постоянном уровне [5–7]. К ним относятся:

- ферменты супероксиддисмутаза и каталаза, вызывающих снижение количества активных форм кислорода, а также глутатионпероксидаза и глутатионредуктаза, утилизирующие продукты окисления (перекиси);

- эндо-антиоксиданты, присутствующие в организме человека (стероидные гормоны, карнозин, глутатион простагландин и т. д.;

- экзо-антиоксиданты, получаемые человеком с пищей (витамины, минеральные вещества, ненасыщенные жирные кислоты) [7, 8].

Кисломолочные продукты смешанного брожения известны своими лечебными свойствами,

обусловленными уникальным составом молока и микрофлоры. Известно, что в молоке все питательные вещества содержатся в сбалансированной и легкоусвояемой форме. Помимо питательных веществ молоко содержит иммуномодулирующие белковые вещества (лактоферрин, ангиогенин, иммуноглобулины, лизоцим), полиненасыщенные жирные кислоты и витамины.

Пептиды, такие как лактоферрин и ангиогенин, вовлечены в систему естественного иммунитета, обладают каталитической активностью, способствующей стабильности клетки при воздействии свободных радикалов. Полиненасыщенные жирные кислоты, содержащиеся в молоке, являются естественными источниками противовоспалительных эйкозаноидов [9, 10].

Аскорбиновая кислота и ее производные способны прерывать реакционные цепи, отдавая электроны соответствующим акцепторам. Так, присутствие аскорбиновой кислоты в эритроцитах защищает гемоглобин от разрушающего действия окислителей [11].

Содержание аскорбиновой кислоты в кобыльем молоке составляет 8 мг/100 г [12], в коровьем молоке – 0,05–0,35 мг/100 г [13, 14]. При сквашивании кобыльего молока содержание витамина С увеличивается до 13,6 мг/100 г [9], что вполне позволяет отнести кумыс к антиоксидантному продукту.

Продукты жизнедеятельности многокомпонентного состава микрофлоры курунги и кумыса формируют лечебный коктейль, состоящий из витаминов, аминокислот, пептидов и бактериоционов, которые несомненно влияют на развитие окислительно-восстановительных процессов организма человека.

В последние годы возрос интерес к кисломолочным продуктам профилактического дейст-

вия. Одним из путей удовлетворения потребительского спроса является создание способа производства кисломолочных продуктов, таких как курунга и кумыс, с гарантированными лечебными свойствами.

Курунга и кумыс – это родственные продукты, только для производства курунги используют коровье молоко. Ранее нами была разработана биотехнология микробного консорциума, идентичного по своему составу микрофлоре курунги и кумыса. Доказана стабильность его состава, высокая биохимическая активность, в т. ч. антибиотическая по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам [14, 15].

**Цель исследования** – изучение динамики аскорбиновой кислоты и антиоксидантной активности при ферментации коровьего молока микробным консорциумом.

**Объекты и методы.** Для исследования использовали молоко, ферментируемое микробным консорциумом (образец 1). Для получения микробного консорциума проводили культивирование комбинированной закваски, состоящей из кефирной закваски + *L. Acidophilus* + *L. Bulgaricus* + *L. Helveticus* в соотношении 1 : 0,5 : 0,5 : 0,5 соответственно в течение 72 ч при pH 3,5–4. В результате культивирования при критических для выживания микроорганизмов условиях активной кислотности среды формируется микробный консорциум, включающий: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus*

*paraplantarum*, *Lactobacillus parabrevis*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus pontis*, *Lactobacillus reuter*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus amylolyticus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus hamsteri*, *Lactobacillus cripatus*, *Lactobacillus helveticus*, *Torula*, *Saccharomyces cartiliginosus*, *Saccharomyces lactis* и *Acetobacter aceti*.

В качестве контрольных образцов использовали пастеризованное коровье молоко, ферментируемое исходной комбинированной закваской: кефирная закваска + *L. Acidophilus* + *L. Bulgaricus* + *L. Helveticus* в соотношении 1 : 0,5 : 0,5 : 0,5 соответственно (образец 2) и кефирной закваской (образец 3).

Содержание аскорбиновой кислоты определяли по ГОСТ 30627.2-98. Содержание антиоксидантов – амперометрическим методом при помощи жидкостного хроматографа «ЦветЯрус-01-АА».

**Результаты и их обсуждение.** Изучение витаминсинтезирующей активности проводили в процессе ферментации молока указанными выше образцами. Обезжиренное коровье молоко предварительно пастеризовали при  $86 \pm 2$  °С с выдержкой 10 мин и охлаждали до температуры ферментации  $30 \pm 2$  °С. В подготовленное молоко вносили 5 % закваски. Полученные данные представлены на рисунке 1.

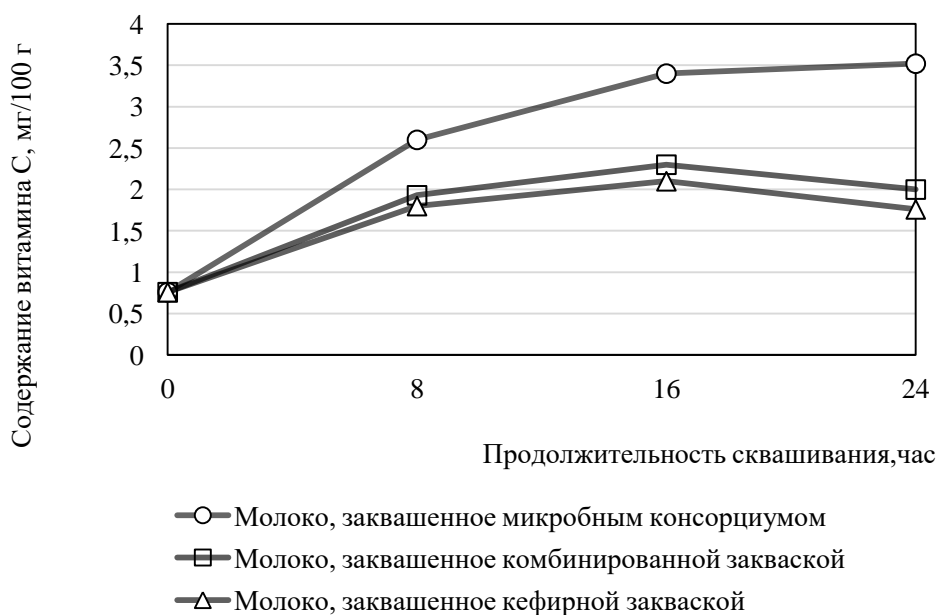


Рис. 1. Динамика аскорбиновой кислоты в сквашиваемом молоке

Из рисунка 1 видно, что во всех образцах наблюдается активное накопление аскорбиновой кислоты в течение первых 8 ч ферментации молока. Так, содержание аскорбиновой кислоты в образце 1 увеличилось на 1,84 мг/100 г; в образце 2 – на 1,54 и образце 3 – на 1,04 мг/100 г.

Установлено, что дальнейшее культивирование контрольных образцов вызывало уменьшение скорости накопления аскорбиновой кислоты. Несколько иной характер изменения содержания аскорбиновой кислоты наблюдали в образце 1. В течение 24 ч культивирования содержание ас-

корбиновой кислоты увеличилось на 2,74 мг/100 г. в сравнении с исходным значением.

Сочетание биологической активности пробиотических культур с выраженной антиоксидантной активностью их метаболитов представляет большой интерес.

Изучение антиоксидантных свойств образцов проводили в течение 3 дней созревания при  $14 \pm 2$  °С после 8-часовой ферментации молока при  $30 \pm 2$  °С. Результаты исследования представлены на рисунке 2.

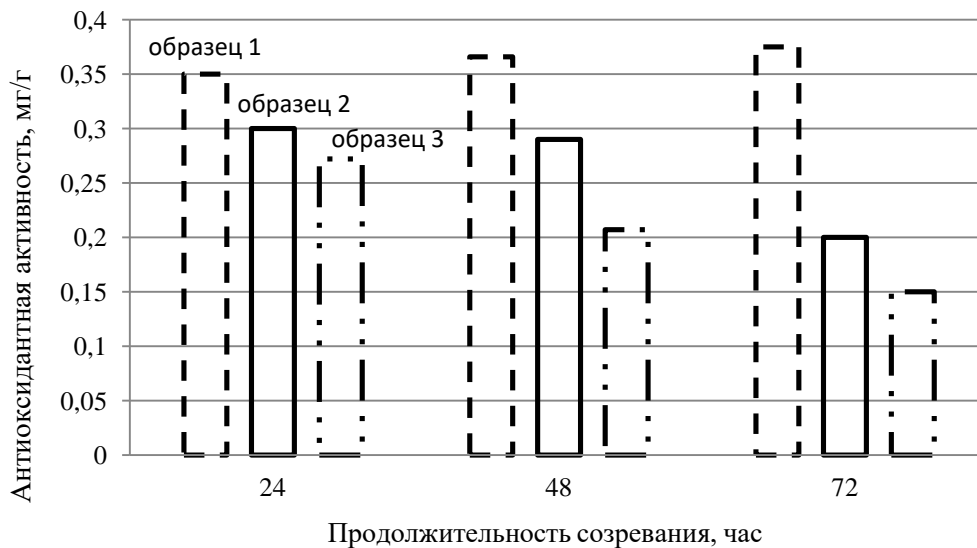


Рис. 2. Динамика антиоксидантной активности образцов в процессе созревания: 1 – молоко, заквашенное микробным консорциумом; 2 – молоко, заквашенное комбинированной закваской; 3 – молоко, заквашенное кефирной закваской

Из рисунка 2 видно, что образец 1 обладает наиболее выраженной антиоксидантной активностью 0,35 мг/г. В процессе созревания антиоксидантный потенциал в образце 1 увеличился на 0,025 мг/г. Антиоксидантная активность в образце 2 и образце 3 на третьи сутки созревания уменьшилась на 0,1 и 0,2 мг/г соответственно.

По нашим данным, продукт, полученный заквашиванием молока микробным консорциумом, обладает выраженными антиокислительными свойствами в сравнении с контрольными образцами. В процессе созревания в нем продолжался рост антиоксидантной активности.

**Заключение.** Полученные результаты доказывают, что стрессовые условия получения микробного консорциума включает механизмы, повышающие витаминсинтезирующую активность формируемого симбиотического сообщества

микроорганизмов и сдерживающие накопление свободных радикалов. Разработанный способ получения микробного консорциума позволяет создать биологически активную основу для производства курунги и кумыса.

#### Список источников

1. Свободнорадикальные процессы и антиоксидантная система в реализации восстановительной функции сна / А.А. Нехороший [и др.] // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 4. С. 71–75.
2. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease / M. Valko [et al.] // Intern. J. Biochem. Cell. Biol. 2007. Vol. 39. P. 44–84.

3. Yin D., Chen K. The essential mechanisms of aging: irreparable damage accumulation of biochemical side-reactions // *Exp. Gerontol.* 2005. Vol. 40. P. 455–465.
4. Шанина Ю. Н., Шанин В. Ю., Зиновьев Е.В. Антиоксидантная терапия в клинической практике. СПб., 2003. 128 с.
5. Чанаева Е.А., Айзман Р.И., Герасев А.Д. Современные представления об антиоксидантной системе организма человека // *Экология человека.* 2013. № 7. С. 50–58.
6. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты / Е.Б. Меньшикова [и др.]. М.: Слово, 2006. 553 с.
7. Фархутдинов Р.Р. Свободнорадикальное окисление: мифы и реальность (избранные лекции) // *Медицинский вестник Башкортостана.* 2006. Т. 1, № 1. С. 146–152.
8. Weiss J.F., Landauer M.R. History and development of radiation-protective agents // *International journal of radiation biology.* 2009; 85 (7): 539–573. DOI: 10.1080/09553000902985144.
9. Антиоксидантные и антибактериальные свойства кумыса / Г.Е. Миронова [и др.] // *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Сер. «Медицинские науки».* 2022. № 2 (27). С. 50–65.
10. Абишева Т.О., Аширова Ж.Б., Рамазанова А.А. Биологические и лечебные свойства кумыса // *Мир современной науки.* 2015. № 2 (30). С. 15–24.
11. Тимирханова Г.А., Абдуллина Г.М., Кулагина И.Г. Витамин С: классические представления и новые факты о механизмах биологического действия // *Вятский медицинский вестник.* 2007. № 4. С. 158–161.
12. Якунин А.В., Синяевский Ю.А., Ибраимов И.С. Оценка пищевой ценности кобыльего молока и кисломолочных продуктов на его основе и возможности их использования в детском питании // *Вопросы современной педиатрии.* 2017. Т. 16, № 3. С. 235–240.
13. Шидловская В.П., Юрова Е.А. Антиоксиданты молока их роль в оценке его качества // *Молочная промышленность.* 2010. № 2. С. 24–26.
14. Занданова Т.Н. Исследование пробиотических свойств бактериального концентрата // *Хранение и переработка сельхозсырья.* 2022. № 3.
15. Занданова Т.Н., Лосорова Ю.Е., Мырьянова Т.П. Исследование возможности получения ассоциативной закваски для курунги // *Вестник КрасГАУ.* 2020. № 9 (162). С. 185–192.

## References

1. Svobodnoradikal'nye processy i antioksidantnaya sistema v realizacii vosstanovitel'noj funkcii sna / A.A. Nehoroshij [i dr.] // *Fiziologiya cheloveka.* 2009. Т. 35, № 4. S. 71–75.
2. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease / M. Valko [et al.] // *Intern. J. Biochem. Cell. Biol.* 2007. Vol. 39. P. 44–84.
3. Yin D., Chen K. The essential mechanisms of aging: irreparable damage accumulation of biochemical side-reactions // *Exp. Gerontol.* 2005. Vol. 40. P. 455–465.
4. Shanina Yu. N., Shanin V. Yu., Zinov'ev E.V. Antioksidantnaya terapiya v klinicheskoy praktike. SPb., 2003. 128 s.
5. Chanaeva E.A., Ajzman R.I., Gerasev A.D. Sovremennye predstavleniya ob antioksidantnoj sisteme organizma cheloveka // *Ekologiya cheloveka.* 2013. № 7. S. 50–58.
6. Okislitel'nyj stress. Prooksidanty i antioksidanty / E.B. Men'shikova [i dr.]. M.: Slovo, 2006. 553 s.
7. Farhutdinov P.P. Svobodnoradikal'noe okislenie: mify i real'nost' (izbrannye lekcii) // *Medicinskij vestnik Bashkortostana.* 2006. Т. 1, № 1. S. 146–152.
8. Weiss J.F., Landauer M.R. History and development of radiation-protective agents // *International journal of radiation biology.* 2009; 85 (7): 539–573. DOI: 10.1080/09553000902985144.
9. Antioksidantnye i antibakterial'nye svoystva kumysa / G.E. Mironova [i dr.] // *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Ser. «Medicinskie nauki».* 2022. № 2 (27). S. 50–65.
10. Abisheva T.O., Ashirova Zh.B., Ramazanova A.A. Biologicheskie i lechebnye svoystva kumysa // *Mir sovremennoj nauki.* 2015. № 2 (30). S. 15–24.

11. *Timirhanova G.A., Abdullina G.M., Kulagina I.G.* Vitamin C: klassicheskie predstavleniya i novye fakty o mehanizmah biologicheskogo dejstviya // *Vyatskij medicinskij vestnik*. 2007. № 4. S. 158–161.
12. *Yakunin A.V., Sinyavskij Yu.A., Ibraimov I.S.* Ocenka pischevoj cennosti kobylogo moloka i kislomolochnyh produktov na ego osnove i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya v detskom pitanii // *Voprosy sovremennoj pediatrii*. 2017. T. 16, № 3. S. 235–240.
13. *Shidlovskaya V.P., Yurova E.A.* Antioksidanty moloka ih rol' v ocenke ego kachestva // *Molochnaya promyshlennost'*. 2010. № 2. S. 24–26.
14. *Zandanova T.N.* Issledovanie probioticheskikh svoystv bakterial'nogo koncentrata // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*. 2022. № 3.
15. *Zandanova T.N., Losorova Yu.E., Myr'yanova T.P.* Issledovanie vozmozhnosti polucheniya associativnoj zakvaski dlya kurungi // *Vestnik KrasGAU*. 2020. № 9 (162). S. 185–192.

Статья принята к публикации 20.10.2023 / The article accepted for publication 20.10.2023.

Информация об авторах:

**Туяна Нимбуревна Занданова**, доцент кафедры пищевых технологий и индустрии питания, кандидат технических наук

Information about the authors:

**Tuyana Nimbuevna Zandanova**, Associate Professor at the Department of Food Technologies and Food Industry, Candidate of Technical Sciences

