

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗАКВАСОЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ И СОХРАНЯЕМОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Н.В. Попова[✉], А.К. Васильев, К.С. Каменева

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

[✉] nvrporova@susu.ru

Аннотация. Высокой популярностью среди растительных напитков пользуются напитки на основе овса. Овес обладает хорошей питательной ценностью и содержит специфические неперевариваемые углеводы, которые стимулируют рост пробиотиков, а также полезных кишечных микроорганизмов. Напитки на основе овса характеризуются хорошими сенсорными характеристиками, ферментация овсяных напитков с помощью пробиотических бактерий способствует повышению пищевой ценности и полезности продукта. Эффективность протекающих ферментационных процессов определяется не только составом питательной среды, но и видовой составляющей закваски молочнокислых бактерий, что и определяет актуальность и направление наших исследований. В результате установлено, что комбинация штаммов молочнокислых бактерий в закваске влияет на динамику накопления их биомассы, формирующиеся органолептические свойства продуктов, их реологические характеристики и антиоксидантные свойства, а также определяют их изменение свойств при хранении пробиотического продукта. У напитков отмечена низкая степень синерезиса – не более 12 %. Антиоксидантная активность увеличивается при ферментации заквасочной композицией 2 на 55,5 %, заквасочной композицией 1 – на 162 %. При хранении образец на заквасочной композиции 2 показывает тенденцию к увеличению антиоксидантной активности – в пределах 81,9–90,3 %, у образца на заквасочной композиции 1 антиоксидантная активность снижается – на 11,8–24,3 %. Таким образом, установлена зависимость между комбинацией штаммов бактерий в пробиотической закваске и полнотой протекания ферментационных процессов в неспецифической для них пищевой системе – растительной среде овсяного напитка, что определяет необходимость учитывать возможные взаимодействия между штаммами для получения продукта с высокими потребительскими свойствами.

Ключевые слова: овсяный напиток, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, комплексная закваска, ферментация, антиоксидантные свойства, пробиотический продукт

Благодарности. Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 23-26-10063.

Для цитирования: Попова Н.В., Васильев А.К., Каменева К.С. Влияние состава заквасочной микрофлоры на формирование и сохраняемость антиоксидантных свойств ферментированных растительных напитков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 3. С. 56–64. DOI: 10.14529/food240307

Original article
DOI: 10.14529/food240307

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF STARTER MICROFLORA ON THE FORMATION AND PRESERVATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF FERMENTED PLANT DRINKS

N.V. Popova[✉], **A.K. Vasiliev**, **K.S. Kameneva**
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia
[✉] nvpopova@susu.ru

Abstract. Oat-based drinks are very popular among plant drinks. Oats have good nutritional value and contain specific indigestible carbohydrates that stimulate the growth of probiotics and beneficial intestinal microorganisms. Oat-based drinks are characterized by good sensory characteristics; fermentation of oat drinks with probiotic bacteria helps to increase the nutritional value and usefulness of the product. The efficiency of the fermentation processes is determined not only by the composition of the nutrient medium, but also by the species component of the lactic acid bacteria starter, which determines the relevance and direction of our research. As a result, it was established that the combination of lactic acid bacteria strains in the starter affects the dynamics of their biomass accumulation, the organoleptic properties of the products that are formed, their rheological characteristics and antioxidant properties, and determines their change in properties during storage of the probiotic product. The drinks have a low degree of syneresis – no more than 12 %. Antioxidant activity increases during fermentation with starter composition 2 – by 55.5 %, with starter composition 1 – by 162 %. During storage, the sample on starter composition 2 shows a tendency to increase antioxidant activity – within 81.9 – 90.3 %, in the sample on starter composition 1, antioxidant activity decreases – by 11.8 – 24.3 %. Thus, a relationship has been established between the combination of bacterial strains in the probiotic starter and the completeness of fermentation processes in a non-specific food system – the plant environment of the oat drink, which determines the need to consider possible interactions between strains to obtain a product with high consumer properties.

Keywords: oat-based drinks, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, complex starter, fermentation, antioxidant properties, probiotic product

Acknowledgment. The article was financially supported by a grant from the Russian Science Foundation (RSF) within the framework of project 23-26-10063.

For citation: Popova N.V., Vasiliev A.K., Kameneva K.S. Influence of the composition of starter microflora on the formation and preservation of antioxidant properties of fermented plant drinks. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 3, pp. 56–64. (In Russ.) DOI: 10.14529/food240307

Высокой популярностью среди растительных напитков пользуются напитки на основе овса. Овес (*Avena sativa* L.) обладает хорошей питательной ценностью и содержит специфические неперевариваемые углеводы, включая устойчивые крахмалы, олигосахариды и растворимые волокна, которые стимулируют рост пробиотиков, а также полезных кишечных микроорганизмов [1]. Напитки на основе овса характеризуются хорошими сенсорными характеристиками, что определяет в свою очередь их высокие потребительские свойства. Ферментация овсяных напитков с помощью пробиотических бактерий способ-

ствует повышению безопасности пищевых продуктов, улучшению пищевой ценности, снижению антипитательных факторов [3, 4, 10].

Молочнокислые бактерии являются разновидностью грамположительных бактерий, могут преобразовывать глюкозу питательного матрикса в конечный метаболит – молочную кислоту. Молочнокислые бактерии способны колонизировать ферментируемую нишу, создавая тем самым различные вкусовые профили, повышая безопасность вырабатываемых продуктов и сокращая период ферментации. Молочнокислые бактерии обладают механиз-

мами улучшения качества пищевых продуктов в основном за счет углеводного обмена, протеолиза и метаболизма аминокислот, липолиза и метаболизма жирных кислот.

Из-за своих метаболических свойств молочнокислые бактерии считаются наиболее оптимальными для ферментации пищевых продуктов. Эндогенные молочнокислые бактерии, прикрепившиеся к поверхности пищевых матриц, могут эффективно превращать питательные субстраты в различные вкусовые соединения или пробиотические факторы во время процессов ферментации. В ходе центрального углеродного метаболизма различные штаммы молочнокислых бактерий могут производить АТФ посредством гомоферментации и гетеро-ферментации [5, 14].

Эффективность протекающих ферментационных процессов определяется не только составом питательной среды, но и видовой составляющей закваски молочнокислых бактерий. В связи с этим целью настоящего исследования стала оценка адаптации заквасок молочнокислых бактерий в растительной среде овсяного напитка с установлением специфики изменения антиоксидантных свойств и структурных характеристик готового пробиотического напитка при хранении.

Материалы и методы исследования

В качестве основы для растительного пробиотического напитка взят напиток овсяный классический «НЕМОЛОКО» (АО «Сады Придонья», Волгоградская область).

Для ферментации использовали коммерчески доступные заквасочные культуры с разным видовым составом:

– заквасочная композиция 1: *Lactobacillus Acidophilus*, *Streptococcus thermophiles* (закваска «Ацидофилин», ООО «БакЗдрав», г. Москва);

– заквасочная композиция 2: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium longum ssp. infantis* (закваска бактериальная «Бифидум», ООО «Зеленые линии», г. Красногорск).

Ферментация напитка на овсяной основе осуществлялась заквасками – 0,2 г/100 мл в течение суток при температуре 38 °С.

Для оценки способности к адаптации молочнокислых заквасок в растительной среде оценивали прирост биомассы микрооргани-

зов с использованием пробирочного биореактора BioSan. Программное обеспечение биореактора BioSan выстраивает графически ферментативную кинетику процесса, основанную на определении интенсивности светорассеяния. В каждой контролируемой точке прибор фиксирует значение прироста биомассы микроорганизмов.

В готовых напитках оценивали органолептические показатели и степень синерезиса. Органолептические показатели пробиотических напитков на растительной основе: внешний вид, консистенция, вкус и запах, цвет регламентируются ГОСТ Р 70650. Синерезис определяли фильтрационным методом путем замера количества сыворотки, выделившейся при фильтровании 100 см³ разрушенного сгустка через бумажный фильтр при комнатной температуре.

Для характеристики антиоксидантного профиля определяли общую антиоксидантную (антирадикальную) активность методом DPPH (%) по модификации. DPPH является стабильным свободно-радикальным соединением, которое широко используется в анализах для оценки способности антиоксидантов поглощать радикалы.

Результаты и их обсуждение

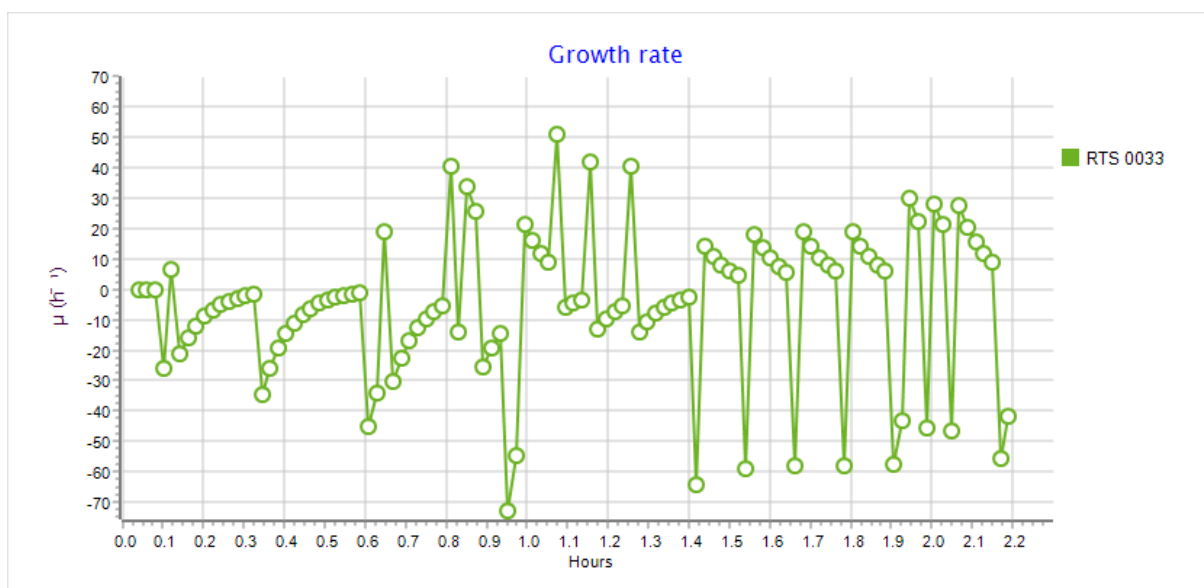
Протекающий процесс адаптации выбранных молочнокислых заквасок в растительной среде должен сопровождаться накоплением биомассы организмов. Результаты оценки данного показателя свидетельствуют об активном протекании биотехнологического процесса и о возможности развития выбранных заквасок в растительной среде овсяного напитка (рис. 1).

Установлено, что динамика протекания процесса накопления биомассы различается у выбранных заквасок, что может быть обусловлено формирующими закваску таксонами бактерий и их протеолитической активностью. Совместное развитие *Lactobacillus Acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* заквасочной композиции 1 показывает активное накопление биомассы уже в первые часы развития в растительной среде овсяного напитка, однако именно в этой закваске фаза ускоренного роста бактерий более динамично сменяется фазой отмирания. Композиция 2: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*,

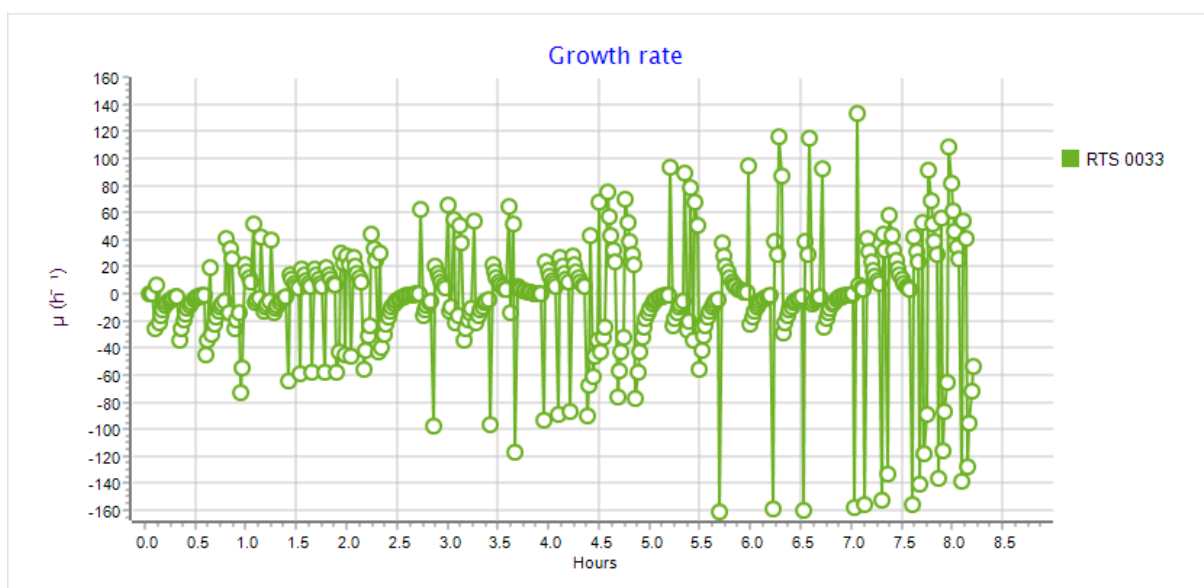
Bifidobacterium longum ssp. Linfantis – показывает более плавное развитие и больший процент накопления биомассы, что наглядно отражает рис. 1 (б), особенности после 6 часов ферментационного процесса.

Бактерии рода *Lactobacillus* относятся к микроорганизмам, имеющим сложные питательные потребности. Для их активного развития требуется наличие веществ для построения бактериальной клетки (нуклеиновых кислот, полисахаридов, аминокислот и т. д.). Кроме того, для роста большинства молочнокислых палочек необходимы органические

формы азота, которые они сами не синтезируют. Протеолитические ферменты лактобактерий играют важную роль в снабжении клеток соединениями азота, в первую очередь аминокислотами. Доступное количество таких соединений в естественной пищевой среде обычно невелико, поэтому основной функцией этих ферментов является гидролиз белков до компонентов, поглощаемых бактериальной клеткой [14]. Трансформация белков пищевых систем при участии молочнокислых бактерий на начальных стадиях протеолиза происходит под влиянием внеклеточных и связанных с кле-

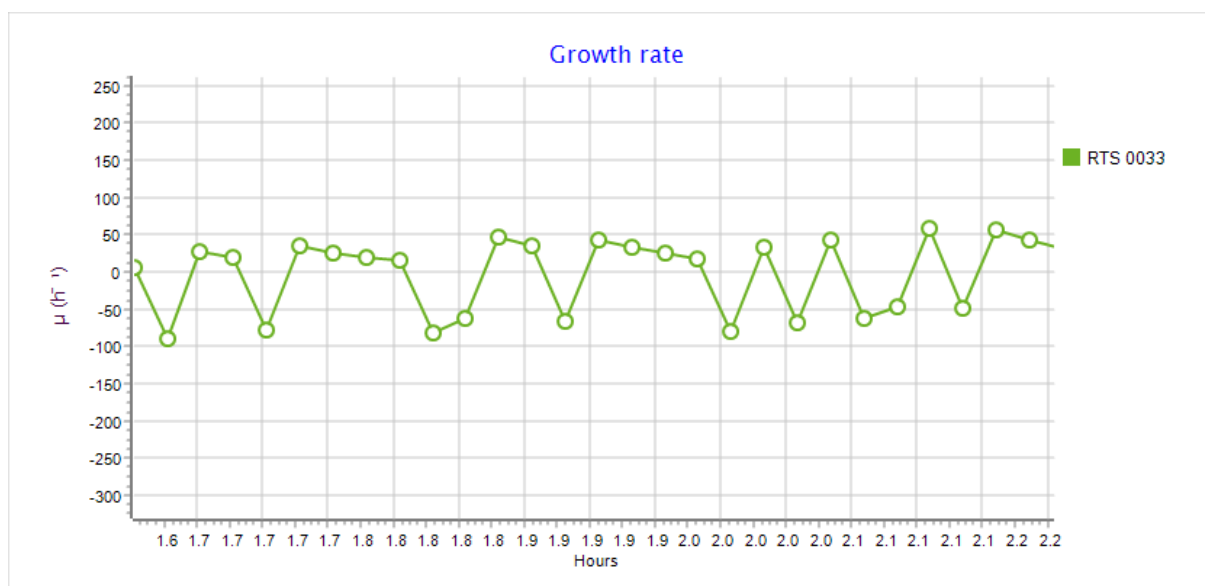


а (1) – заквасочная композиция 1

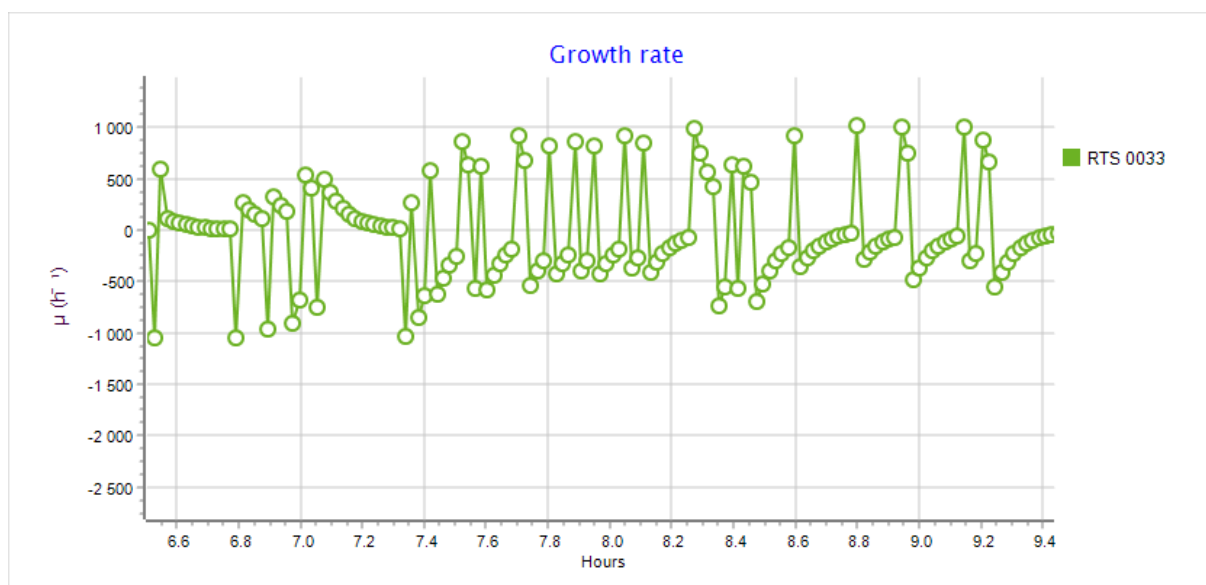


а (2) – заквасочная композиция 1

Рис. 1. Динамика накопления биомассы молочнокислых бактерий в овсяном напитке:
а (1, 2) – заквасочная композиция 1; б (1, 2) – заквасочная композиция 2



б (1) – заквасочная композиция 2



б (2) – заквасочная композиция 2

Рис. 1. Окончание

точной стенкой протеиназ, которые являются мономерными сериновыми протеиназами. Дальнейшее расщепление пептидов протекает под воздействием пептидаз, лактобактерий, представляющих собой метало-, серин- и цистеинпептидазы. Активность протеаз и пептидаз способствует гомеостазу клеток за счет поддержания адекватных внутриклеточных концентраций аминокислот, ди- и трипептидов, которые действуют как осмопротекторы [12].

Необходимость подготовки компонентов питательной среды до требуемого для разных

штаммов молочнокислых бактерий состояния и обуславливает установленную динамику развития.

Lactobacillus acidophilus и *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* чаще всего используются в качестве пробиотиков, однако эти бактерии медленно растут в пищевой среде, поскольку им не хватает существенной протеолитической активности, и по этой причине их обычно и комбинируют с *Streptococcus thermophilus* [7].

Также необходимо отметить, что растительный напиток на основе овса является хо-

рошей питательной основой для развития пробиотических заквасок вследствие содержания большого количества пребиотических соединений, к которым относятся: β -глюкан, арабиноксилан, устойчивый крахмал и фенольные соединения [2]. Биоактивные соединения в матрицах растительного происхождения действуют как носители для молочнокислых бактерий, повышая их жизнеспособность, и являются хорошим субстратом для роста пробиотиков.

Продуцируемые молочнокислыми бактериями протеолитические ферменты способствуют также формированию органолептических и структурно-механических характеристик ферментированных пищевых продуктов, а также оказывают влияние на их биологическую ценность.

Органолептическая оценка выработанных пробиотических напитков показала, что в результате брожения образовался однородный сгусток вязкой консистенции, без посторонних включений. Цвет кремовый, равномерный. Запах продуктов приятный растительный со слегка кисловатым оттенком, вкус приятный, овсяный, слабо кислый. Причем у образца, произведенного с заквасочной композицией 1, вкус и запах более выраженные, интенсивные, что также может свидетельствовать о более активном протекании процесса сквашивания.

На сенсорный профиль ферментированного продукта напрямую влияет метаболическая активность бактерий, которые активно взаимодействуют с компонентами среды, изменяя определенные продукты метаболизма в процессе роста [13].

Для оценки реологических свойств произведенных пробиотических напитков нами оценивалась степень синерезиса в качестве фактора прочности сгустков и, как следствие, потребительских свойств продуктов, и способности сохранять однородную структуру при хранении. Результаты оценки степени синерезиса приведены на рис. 2.

У обоих напитков отмечена низкая степень синерезиса как у готового продукта в начале хранения, так и в конце его хранения – не более 12 %.

На начальном этапе хранения продукт, полученный на заквасочной композиции 1, имел меньшую степень синерезиса – на 2–4,5 % относительно продукта на заквасочной композиции 2, однако на конец хранения более высокими влагоудерживающими свойствами характеризовался продукт на заквасочной композиции 2 – на 1–1,5 %. Однако разница в результатах по степени синерезиса продуктов, полученных на разных заквасках, небольшая, и в целом позволяет отметить высокие влагоудерживающие свойства белковых веществ пробиотических напитков на расти-

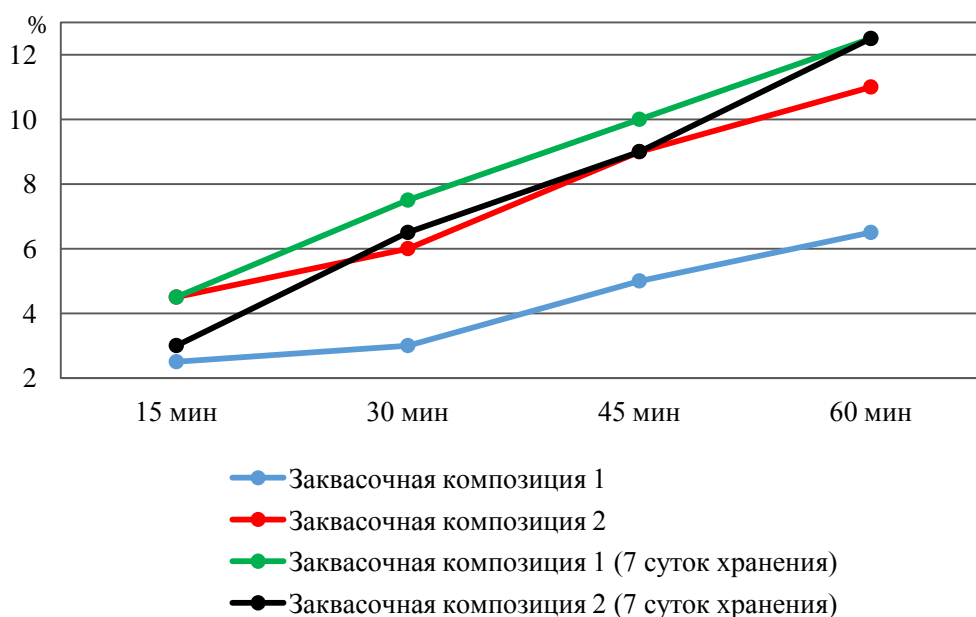


Рис. 2. Результаты оценки степени синерезиса пробиотических продуктов, полученных с использованием заквасочных композиций 1 и 2, на начало и через 7 суток хранения

тельной основе. Данный факт свидетельствует о полноценно протекающем процессе сквашивания растительной среды и формировании хороших реологических характеристик пробиотического продукта, устойчивых при хранении. Это позволяет отметить высокую стабильность структуры ферментированных напитков и стойкость их в хранении.

На следующем этапе исследований оценивали антиоксидантный профиль пробиотических напитков.

Овсяные напитки обладают полезными свойствами за счет содержания фенольных соединений, таких как фенольные кислоты, флавоноиды и предшественники фитоэстрогенов – лигнаны. Только овсяные напитки содержат авенантрамиды, которые представляют собой низкомолекулярные фенольные соединения [11]. Они обладают различными биологическими свойствами, в частности антираздражающим, противовоспалительным и антиоксидантным. Важная группа фитохимикатов представлена β-глюканами в виде волокон. Другими полезными для здоровья соединениями в овсе являются каротиноиды и витамины, в частности витамин E [6, 8, 9].

Пищевое волокно β-глюкан является основным пребиотическим соединением в овсе и может полностью ферментироваться пробиотическими бактериями.

Это позволяет предположить возможные изменения в пробиотических продуктах при ферментации овсяного напитка молочнокислыми бактериями. Результаты оценки антиок-

сидантной активности пробиотических напитков приведены на рис. 3.

Для оценки влияния процесса ферментации на антиоксидантный профиль вырабатываемых пробиотических напитков оценили АОО у овсяного напитка до внесения в него заквасок, она составила 42,5 % (DPPH). Результаты оценки антиоксидантной активности (см. рис. 3) показывают увеличение данного показателя при использовании обеих заквасок. Относительно контрольного образца – напитка овсяного до внесения заквасок, ферментация заквасочной композицией 2 увеличивала АОО на 55,5 %, заквасочной композицией 1 – на 162 %. Это можно объяснить способностью лактобактерий продуцировать β-гликозидазу, которая трансформирует гликозиды в соответствующие им агликоны, улучшая функциональные свойства продукта.

Отмечается разница в значениях данного показателя при хранении. Установлено, что при хранении образец на заквасочной композиции 2 показывает тенденцию к увеличению антиоксидантной активности – на 3 день – на 81,9, на 7 день – на 90,3 % относительно не ферментированного овсяного напитка. При хранении образца на заквасочной композиции 1 антиоксидантная активность снижается, на 3 сутки уменьшение составило 11,8 %, на 7 сутки – 24,3 % относительно только что произведенного ферментированного продукта на этой закваске.

Таким образом, отмечается разница в антиоксидантном профиле напитков на разных

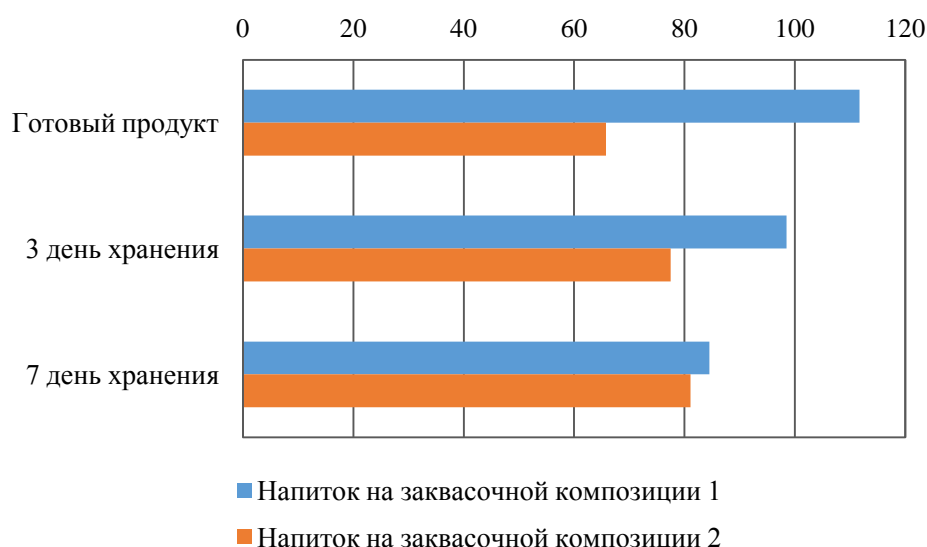


Рис. 3. Результаты оценки антиоксидантной активности исследуемых образцов ферментированных напитков на растительной основе, % (DPPH)

заквасках и его изменении при хранении. Комбинация штаммов молочнокислых и бифидобактерий в заквасочной композиции 2: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium longum ssp. Linfantis* – показывает увеличение АОА и при хранении, что может объясняться продолжающимся процессом ферментации. Заквасочная композиция 1: *Lactobacillus Acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* – уже при ферментации показывала большую динамику развития, и к моменту закладки продукта на хранение процесс уже закончен. Многие антиоксидантные компоненты при хранении разрушаются, чем и может объясняться снижение антиоксидантной активности при хранении.

Таким образом, возможные взаимодействия между штаммами, выбранными для производства пробиотического продукта, должны учитываться для выбора наилучшей комбинации и оптимизации их технологических характеристик.

Заключение

Проведенные исследования показали возможность использования растительного

напитка на овсяной основе для ферментации выбранными заквасочными композициями. Установлено, что динамика протекания процесса накопления биомассы различается у выбранных заквасок, что может быть обусловлено формирующими закваску таксонами бактерий и их протеолитической активностью.

Результаты свидетельствуют, что комбинация бактерий в закваске влияет и на формирующиеся органолептические свойства продукта, его реологические характеристики и антиоксидантный профиль, а также определяют их изменение при хранении пробиотического продукта.

Композиция штаммов: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium longum ssp. Linfantis* – показала лучшие характеристики при адаптации в неспецифической для них пищевой системе – растительной среде овсяного напитка, что определяет необходимость учитывать возможные взаимодействия между видами и штаммами бактерий для получения продукта с высокими потребительскими свойствами.

Список литературы / References

1. Alemayehu GF, Forsido SF, Tola YB, Amare E. Nutritional and Phytochemical Composition and Associated Health Benefits of Oat (*Avena sativa*) Grains and Oat-Based Fermented Food Products. *Scientific World Journal*. 2023 Jul 17;2023:2730175. DOI: 10.1155/2023/2730175. PMID: 37492342; PMCID: PMC10365923.
2. Asem M, Abdelshafy, Mustafa Abdelmoneim Mustafa, Mohamed Ahmed Hassan, Fahad Al-Asmari, Probiotic-fermentation of oat: Safety, strategies for improving quality, potential food applications and biological activities. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 151, 2024, 104640, ISSN 0924-2244. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104640.
3. Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, Article 103975. DOI: 10.1016/j.jff.2020.103975
4. Capozzi, V., Russo, P., Dueñas, M. T., López, P., and Spano, G. (2012). Lactic acid bacteria producing B-group vitamins: a great potential for functional cereals products. *Appl. Microbiol. Biot.* 96, 1383–1394. DOI: 10.1007/s00253-012-4440-2.
5. Filannino, P., Di Cagno, R., and Gobbetti, M. (2018). Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth. *Curr. Opin. Biotech.* 49, 64–72. DOI: 10.1016/j.copbio.2017.07.016.
6. Gangopadhyay, N., Hossain, M., Rai, D., & Brunton, N. (2015). A review of extraction and analysis of bioactives in oat and barley and scope for use of novel food processing technologies. *Molecules*, 20(6), 10884–10909. DOI: 10.3390/molecules200610884.

7. Lim YH, Foo HL, Loh TC, Mohamad R, Abdullah N. Comparative studies of versatile extracellular proteolytic activities of lactic acid bacteria and their potential for extracellular amino acid productions as feed supplements. *J Anim Sci Biotechnol*. 2019 Mar 7;10:15. DOI: 10.1186/s40104-019-0323-z. PMID: 30886709; PMCID: PMC6404369.
8. Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). Foods for special dietary needs: non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349. DOI: 10.1080/10408398.2012.761950.
9. Moretto, L., Tonolo, F., Folda, A. et al. Comparative analysis of the antioxidant capacity and lipid and protein oxidation of soy and oats beverages. *Food Prod Process and Nutr* 3, 1 (2021). DOI: 10.1186/s43014-020-00046-6
10. Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2020). Milk analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential, and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3005–3023. DOI: 10.1080/10408398.2019.1674243
11. Peterson, D. M. (2001). Oat antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 33(2), 115–129. DOI: 10.1006/jcrs.2000.0349.
12. Raveschot C, Cudennec B, Coutte F, Flahaut C, Fremont M, Drider D, Dhulster P. Production of Bioactive Peptides by Lactobacillus Species: From Gene to Application. *Front Microbiol*. 2018 Oct 17;9:2354. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02354. PMID: 30386307; PMCID: PMC6199461.
13. Vinderola CG, Mocchiutti P, Reinheimer JA. Interactions among lactic acid starter and probiotic bacteria used for fermented dairy products. *J Dairy Sci*. 2002 Apr;85(4):721-9. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74129-5. PMID: 12018416.
14. Wang Y, Wu J, Lv M, Shao Z, Hungwe M, Wang J, Bai X, Xie J, Wang Y and Geng W (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Front. Bioeng. Biotechnol*. 9:612285. DOI: 10.3389/fbioe.2021.612285.

Информация об авторах

Попова Наталия Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; nvpopova@susu.ru

Васильев Андрей Константинович, сотрудник управления научной и инновационной деятельности, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; mbz2018vak72@susu.ru

Каменева Ксения Сергеевна, лаборант УНИД, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Natalia V. Popova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; nvpopova@susu.ru

Andrey K. Vasiliev, employee of the Department of Scientific and Innovation Activities, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; mbz2018vak72@susu.ru

Ksenia S. Kameneva, UNID Laboratory Assistant, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 20.05.2024

The article was submitted 20.05.2024