

Научная статья

УДК 663.86

DOI: 10.17586/2310-1164-2023-16-4-29-40

Влияние экстракта зеленого чая на процесс молочнокислого брожения и органолептические показатели ферментированного напитка на основе яблочного сока

А.Х. Аль-Ясари, Н.В. Баракова*, А.С. Басковцева, П.И. Гунькова, Л. Фан Тхи Хонг, Ф.А. Оганнесян

Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург

*n.barakova@mail.ru

Аннотация. Исследовали влияние внесения в яблочный сок экстракта зеленого чая на процесс молочнокислого брожения, вызываемого стартовой культурой молочнокислых бактерий (МКБ) из *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus bulgaricus*, и органолептические показатели готового ферментированного напитка. Сок получен из яблок сорта Симиренко урожая 2022 года, выращенных в Краснодарском крае (Россия). Для повышения выхода сока проводилась ферментативная обработка яблочной мякоти препаратом Vegazym M. Содержание полифенольных соединений в водном экстракте зеленого чая «Зеленые спирали» (Китай) определено спектрометрическим методом с применением реактива Фолина–Чокальтеу и составило 20 мг/дм³. Экстракт вносили в сок в количестве 5; 10 и 15 см³/100 см³. О скорости утилизации молочнокислыми бактериями стартовой культуры компонентов сырья в процессе ферментации образцов судили по изменению в ферментируемой основе массовых концентраций сухих веществ, сахаров, титруемых кислот за период от 0 до 24 ч и от 24 до 48 ч ферментации. Показано, что обработка яблочной мякоти препаратом Vegazym M в количестве 0,09% увеличивает выход сока более чем на 14%. Установлено, что при повышении в ферментируемом яблочном соке количества экстракта зеленого чая активность молочнокислых бактерий возрастает. Наибольшая скорость утилизации компонентов яблочного сока и скорость накопления титруемых кислот молочнокислыми бактериями наблюдается при концентрации экстракта зеленого чая в ферментируемой основе 15 см³ в 100 см³ сока. Наибольшая скорость метаболических процессов при ферментации молочнокислыми бактериями яблочного сока с экстрактом зеленого чая отмечается в первые 24 ч процесса ферментации. Показано, что внесение в яблочный сок экстракта зеленого чая повышает показатели аромата и вкуса ферментированного напитка. Наилучшими органолептическими показателями характеризуется ферментированный напиток из яблочного сока с добавлением 10 см³ экстракта зеленого чая/100 см³.

Ключевые слова: ферментированные напитки; яблочный сок; фенольные вещества зеленого чая; молочнокислые бактерии; молочнокислое брожение

Original article

Influence of green tea extract on the lactic acid fermentation process and organoleptic characteristics of fermented beverage based on apple juice

Arkan H. Al-Yasari, Nadezhda V. Barakova*, Angelina S. Baskovtceva, Polina I. Gunkova,

Loan Phan Thi Hong, Philipp A. Hovhannisyan

ITMO University, St. Petersburg, Russia

*n.barakova@mail.ru

Abstract. We investigated the influence of adding green tea extract to apple juice on the lactic acid fermentation process induced by a starter culture of lactic acid bacteria (LAB) from *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus bulgaricus* and the organoleptic characteristics of the resulting fermented beverage. The juice was obtained from Simirenko apples harvested in 2022 in the Krasnodar Region (Russia). To increase juice yield, the apple pulp underwent fermentative treatment with the Vegazym M enzyme preparation. The content of polyphenolic compounds in the aqueous extract of Green Spirals green tea (China), was determined spectrometrically using the Folin–Ciocalteu reagent and amounted to 20 mg/dm³. The extract was added to the juice at volumes of 5, 10, and 15 cm³/100 cm³. The rate of utilization of raw material components by LAB during fermentation was assessed by changes in the mass concentrations of dry substances, sugars, and titratable acids over the period from 0 to 24 hours and from 24 to 48 hours of fermentation. It was shown that treatment of apple pulp with Vegazym M at a concentration of 0.09% increased juice yield by more than 14%. It was found that as the concentration of green tea extract in the fermentable apple juice increased the activity of lactic acid bacteria also increased. The highest rate of utilization of apple juice components and the rate of accumulation of titratable acids by LAB were observed at a concentration of 15 cm³ of green tea extract per 100 cm³ of juice. The highest rate of metabolic processes during

fermentation by LAB of apple juice with green tea extract was observed in the first 24 hours of the fermentation process. It was demonstrated that adding green tea extract to apple juice enhances the aroma and taste of the fermented beverage. The fermented beverage from apple juice with the addition of 10 cm³ of green tea extract per 100 cm³ exhibited the best organoleptic characteristics.

Keywords: fermented beverages; apple juice; phenolic compounds of green tea; lactic acid bacteria; lactic fermentation

Введение

Ферментированные напитки на основе натуральных соков сегодня достаточно популярны благодаря уникальным вкусовым характеристикам и полезным для здоровья человека свойствам. В процессе жизнедеятельности микроорганизмов продуцируется целый комплекс полезных для организма веществ, повышающих функциональные свойства и органолептические показатели ферментированных напитков [1–3]. Яблочный сок – идеальный источник для создания такого типа напитков, поскольку он широко доступен и богат питательными веществами [4].

Технология ферментированных (сброженных) безалкогольных напитков основана на применении растительного сырья и определенных микроорганизмов, вызывающих процесс брожения [5]. В качестве стартовой микробной культуры для ферментации натуральных соков сегодня предлагается использовать симбиотическую поликультуру микроорганизмов *Oryzomyces indicii* РГЦ, в состав которой входят дрожжи (*Zygosaccharomyces fermentati Naga-nishi*, *Pichia membranaefaciens Hansen*), молочнокислые бактерии (*Lactobacillus paracasei subsp. paracasei*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. dextranicum*), уксуснокислые бактерии (*Acetobacter aceti*) [6]. Оптимизированной питательной средой для жизнедеятельности поликультуры *Oryzomyces indicii* РГЦ является водный раствор сахарозы, но при добавлении в него 6% клюквенного сока деятельность микроорганизмов активизируется, в результате чего повышается биологическая ценность напитка: увеличивается содержание редуцирующих веществ, количество аминного азота, витаминов Р и С, количество органических кислот [7]. Другой симбиотической культурой, предлагаемой к использованию для приготовления ферментированных безалкогольных напитков, является *Medusomyces Gisevii Lindau* – консорциум дрожжеподобных грибов (pp. *Saccharomyces*, *Bretanomyces*, *Candida*, *Schizosaccharomyces*, *Torulasporea*, *Zygosaccharomyces*) и бактерий (*Acetobacter*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Clostridium*). Питательной средой для этой симбиотической культуры являются экстракт чая и сахара, соки [8]. При разработке ферментированных напитков также предлагается использовать молочнокислые бактерии и другие пробиотические культуры [9–12]. Наличие живых клеток микроорганизмов-пробиотиков и продуктов их метаболизма – витаминов, аминокислот, антибактериальных веществ, органических кислот формирует высокую ценность таких напитков.

Для обеспечения активности микроорганизмов стартовых культур при ферментации натуральных соков необходимо наличие в ферментируемой основе источников углерода, азота и факторов роста легкодоступных микроорганизмам. Экстракт зеленого чая, отличающийся высоким содержанием полифенольных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, способен не только положительно влиять на здоровье человека, но и способствовать повышению метаболической активности микробных клеток [13]. Влияние полифенольных веществ зеленого чая на жизнедеятельность молочнокислых бактерий при развитии их в яблочном соке и на качество готового ферментированного напитка в научной литературе представлены недостаточно.

Цель работы – исследовать влияние экстракта зеленого чая, богатого полифенольными веществами, на активность молочнокислых бактерий в процессе ферментации яблочного сока и на органолептические показатели готового ферментированного напитка.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования стали яблоки сорта Симиренко, выращенные в 2022 г в Краснодарском крае (Россия); полученный из яблок сок; водный экстракт зеленого чая «Зеленые спирали» (провинция Фуцзянь, Китай) и ферментированный напиток на основе яблочного сока, обогащенный экстрактом зеленого чая.

Для повышения выхода яблочного сока вследствие гидролиза пектиновых веществ исходную мезгу подвергали ферментативной обработке препаратом *Vegazym M* фирмы ERBSLÖH (Германия). Характеристика препарата *Vegazym M* представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика ферментного препарата *Vegazym M*
Table 1. Characteristics of the enzyme preparation *Vegazym M*

| Ферментный состав | Рабочий диапазон | |
|---|------------------|---------|
| | Температура, °С | pH |
| Пектинэстераза, эндоолигалактуроназа, пектинлиаза | 20–55 | 2,0–7,0 |

Яблочный сок готовили следующим образом. Яблоки измельчали на кухонном комбайне с теркой Bosch MultiTalent 8 MC81S814 (Германия) до достижения среднего размера частиц яблочной мезги (10 ± 1) мм. В полученную массу при тщательном перемешивании вносили ферментный препарат в количестве 0,09% от массы мезги. Ферментативную обработку мезги проводили при 50°С в течение 1 ч. Затем обработанную яблочную мезгу прессовали ручным прессом марки АКИТАJP 340 (Япония) и получали яблочный сок прямого отжима. Количество полученного сока измеряли в цилиндре II класса точности. Свежеприготовленный яблочный сок многократно фильтровали с помощью лавсановой ткани до получения прозрачной жидкости без мякоти. Сразу после получения яблочный сок пастеризовали при температуре 80°С в течение 5 мин и в равных объемах переносили в стерильные колбы Эрленмейера.

Для получения водного экстракта зеленого чая навеску листьев чая массой 0,5–0,6 г растирали в ступке до порошкообразного состояния, заливали 25 см³ дистиллированной водой, нагретой до 100°С. Смесь выдерживали в течение 5 мин, после чего полученный настой фильтровали с помощью лавсановой ткани. Водный экстракт зеленого чая вносили в различных количествах в колбы Эрленмейера с яблочным соком. Обозначение и состав образцов сока, подготовленных для ферментации приведены в таблице 2.

Таблица 2. Состав образцов сока
Table 2. Composition of juice samples

| Обозначение образца | Количество, см ³ | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | яблочного сока | водного экстракта зеленого чая |
| образец 1 (контроль) | 200 | – |
| образец 2 | 200 | 10 |
| образец 3 | 200 | 20 |
| образец 4 | 200 | 30 |

Ферментацию образцов яблочного сока осуществляли культурой молочнокислых бактерий LCD 30 (BDF Ingredients, Испания), включающей штаммы *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Культуру вносили в количестве 0,01 ед. акт. /1 дм³ сырья. Процесс ферментации проводили в термостате при температуре 37°С в течение 48 ч.

В работе использовались следующие методы исследований.

Показатели яблочек сорта Симиренко. Массовая доля влаги – на анализаторе влажности MOC-120H Shimadzu (Shimadzu Corporation, Япония).

Массовую долю экстрактивных веществ, сахаров, титруемых кислот изучали методом дигестии, заключающемся в получении и последующем анализе экстракта яблочной мезги. Навеску мезги массой $100,0 \pm 0,01$ г помещали в мерную колбу на 500 см³ и доводили дистиллированной водой до 3/4 объема всей колбы. В колбу помещали термометр, ставили ее на водяную баню на 2 ч при температуре 80°С и часто перемешивали, после чего колбу вынимали и охлаждали до 20°С. Далее раствор доводили дистиллированной водой до метки, а затем перемешивали, фильтровали через бумажный складчатый фильтр и анализировали.

Для определения массовой доли растворимых сухих веществ в растворе (за вычетом нерастворимых веществ в количестве 0,06 г ($500 - 6 = 494$ см³)) использовали рефрактометр марки PTR 46 (Index

Instruments, Великобритания). Массовую долю растворимых сухих веществ (%) в яблоках вычисляли по формуле

$$C_{\text{эк}} = \frac{(C_1 \pm a) \cdot (V - b)}{m},$$

где $C_{\text{эк}}$ – массовая доля растворимых сухих веществ в яблоках, %;

C_1 – массовая доля растворимых сухих веществ в растворе после дигестии, % (по рефрактометру);

a – поправка к показанию рефрактометра на температуру;

V – объем колбы, в которой проводили дигестию, см³;

b – поправка на объем, занимаемый сухим не растворенным веществом сырья;

m – масса навески сырья, взятой для дигестии, г.

Для определения массовой доли титруемых кислот в 25 см³ отфильтрованного раствора вносили 2–3 капли фенолфталеина, затем титровали 0,1 N раствором гидроксида натрия до появления малиновой окраски.

Массовую долю титруемых кислот (%) рассчитывали по формуле

$$C_{\text{т.к.}} = \frac{3,46 \cdot V_{\text{г}} \cdot (100 - b)}{100 \cdot a},$$

где $V_{\text{г}}$ – объем раствора NaOH концентрации 0,1 моль/см³, израсходованный на титрование, см³;

a – навеска сырья, г;

b – содержание косточек, %.

Показатели яблочного сока. Выход сока (соотношение практически получаемой массы сока к массе используемой яблочной мякоти) контролировали с целью определения эффективности процесса обработки яблочной мякоти ферментным препаратом. Выход сока (%) рассчитывали по формуле

$$\eta = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100\%,$$

где m_1 – масса используемого сырья;

m_2 – масса полученного сока.

Массовую концентрацию растворимых сухих веществ и титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту измеряли по ГОСТ 51433-99; массовую концентрацию сахаров – по ГОСТ 8756.13-87; плотность – с помощью ареометра АСП-1 по ГОСТ 18481-81; рН – потенциометрическим методом на автоматическом титраторе 848 Titrino Plus (Metrohm, Швейцария).

Показатели водного экстракта зеленого чая. Массовую концентрацию полифенольных веществ изучали на спектрофотометре КФК-3-01 (ЗОМЗ, Россия) модифицированным методом Фолина–Чокальтеу, заключающегося в окислении полифенольных соединений реактивом Фолина–Чокальтеу [14]. В качестве фенольного стандарта использовали галловую кислоту, по которой строили градуировочный график.

Раствор галловой кислоты (0,03 мг/дм³) готовили следующим образом. В мерный стакан объемом 500 см³ помещали 50 см³ этилового спирта, доводили водой до метки 400 см³, затем погружали в стакан с раствором электроды рН-метра и добавляли соляную кислоту до достижения раствором значения рН 3,20–3,25. Полученную смесь переносили в мерную колбу объемом 500 см³, растворяли в ней 15 мг галловой кислоты и доводили водой до метки.

Для построения калибровочного графика готовили пять образцов раствора галловой кислоты (0,03 мг/дм³) объемами 1; 2; 5; 10; 20 см³ соответственно. Шестой образец являлся контрольным, он состоял из 1 см³ воды. В каждый образец добавляли реактив Фолина–Чокальтеу, воду и раствор карбоната натрия по методике. Через 30 мин измеряли оптическую плотность растворов в кювете толщиной 10 мм при длине волны 670 нм против контрольного раствора. Измерение оптической плотности повторяли три раза. Калибровочный график по галловой кислоте, построенный по измеренным значениям оптической плотности представлен на рисунке 1.

Для определения полифенольных соединений в чае в мерную колбу объемом 100 см³ помещали 1 см³ исследуемого образца, 15–20 см³ воды, 1 см³ реактива Фолина–Чокальтеу и 10 см³ раствора карбоната натрия. Раствор доводили до метки водой и через 30 мин измеряли оптическую плотность в кювете толщиной 10 см³ при длине волны 670 нм против раствора сравнения, который готовили так же, но заменяя 1 см³ экстракта чая водой.

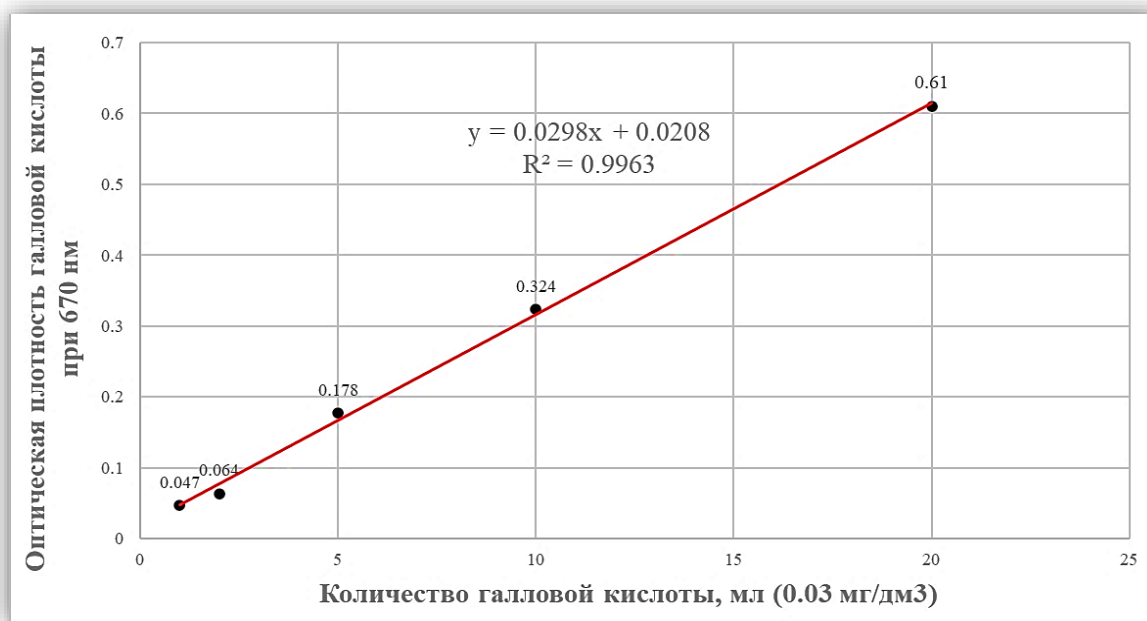


Рисунок 1 – Калибровочный график галловой кислоты для определения количества полифенольных веществ
 Figure 1. Calibration curve of gallic acid for determining the amount of polyphenolic substances

Расчет массовой концентрации фенольных веществ (C , мг/дм³) по галловой кислоте проводили по формуле

$$C = C_1 \cdot K,$$

где C_1 – концентрация фенольных веществ, найденная по калибровочному графику;

K – коэффициент разбавления чая (если разбавляли).

Вычисления округляли до целого числа.

Показатели ферментированного напитка на основе яблочного сока. pH определяли потенциометрическим методом на автоматическом титраторе 848 Titrino Plus (Metrohm, Швейцария); массовую концентрацию растворимых сухих веществ, титруемых кислот, сахаров – аналогично определению данных показателей в исходном сырье.

О скорости утилизации молочнокислыми бактериями стартовой культуры растворимых веществ сырья в процессе ферментации образцов судили по изменению в ферментируемой основе массовых концентраций сухих веществ, сахаров, органических кислот за период от 0 до 24 ч и от 24 до 48 ч ферментации.

Таблица 3. Шкала органолептической оценки напитка

Table 3. Organoleptic evaluation scale of the beverage

| Показатель напитка, его характеристика | Оценка, баллы |
|--|---------------|
| <i>Цвет</i> | |
| совершенно неестественный или непривлекательный | 0 |
| довольно естественный, но имеет некую непривлекательность или странность | 1 |
| идеален, выглядит естественно и привлекательно | 2 |
| <i>Аромат</i> | |
| имеет некоторые недостатки, может быть не совсем приятен или неестественен | 1–2 |
| в основном приятный, но имеет небольшие недостатки | 3 |
| идеальный, полностью приятен и естественен | 4 |
| <i>Вкус</i> | |
| имеет некоторые недостатки, может быть негармоничен или неестественен | 1–2 |
| в основном хороший, но имеет небольшие недостатки | 3 |
| идеальный, полностью гармоничен и естественен | 4 |

Для проведения статистического анализа использовался критерий Стьюдента. Все вычисления и статистические расчеты осуществлялись с использованием программы Microsoft Excel.

Органолептический анализ проводился комиссией из пяти экспертов. Цвет, аромат и вкус напитка оценивались после завершения ферментации яблочного сока культурой молочнокислых бактерий по разработанной балльной шкале, представленной в таблице 3.

Результаты и обсуждение

Химический состав яблок. Результаты исследования некоторых показателей химического состава яблок Симиренко представлены в таблице 4.

Таблица 4. Показатели химического состава яблок сорта Симиренко
Table 4. Physicochemical composition of Simirenko apples

| показатели | Массовая концентрация, % | | | |
|------------|--------------------------|-----------------------|--------------|------------------|
| | влаги | экстрактивных веществ | сахаров | титруемых кислот |
| | 83,47 ± 0,02 | 12,84 ± 0,01 | 10,28 ± 0,01 | 0,76 ± 0,008 |

Из данных, представленных в таблице 4, следует, что используемый в работе сорт яблок отличается высокими показателями качества: содержанием растворимых сухих веществ, сахаров, титруемых кислот. Полученные результаты коррелируют с данными научных источников [4]. Результаты исследования химического состава яблок Симиренко подтвердили перспективность применения данного сорта для производства высококачественного ферментированного напитка.

Яблочный сок. На выход яблочного сока наибольшее воздействие оказывают полигалактуроназы. Предполагают, что это связано с деструкцией пектиновых веществ, выполняющих функцию структурообразующего агента в центральном слое клеточной стенки. На снижение вязкости сока наибольший эффект оказывают пектинлиазы, влияющие на деградацию межклеточных веществ [15]. В связи со значительным воздействием ферментных препаратов пектолитического действия на выход сока, исследовали влияние ферментативной обработки яблочной мякоти на выход, а также на физико-химические показатели сока. Эффективность ферментного препарата Vegazym M оценивали по количеству полученного после прессования яблочного сока. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Влияние ферментативной обработки мякоти препаратом Vegazym M на выход и физико-химические показатели яблочного сока

Table 5. The impact of enzymatic treatment of pulp with Vegazym M on the yield and physicochemical characteristics of apple juice

| Показатели | Яблочный сок | |
|--|---|---|
| | без ферментативной обработки (контроль) | с обработкой мякоти препаратом Vegazym M в дозе 0,09% |
| выход, % | 69,7 ± 1 | 84,3 ± 1 |
| плотность, г/см ³ | 1,061 ± 0,007 | 1,057 ± 0,008 |
| pH | 4,1 ± 0,03 | 4,1 ± 0,03 |
| массовая концентрация, г/100 см ³ | растворимых сухих веществ в пересчете на яблочную кислоту | 15,2 ± 0,02 |
| | титруемых кислот | 0,76 ± 0,01 |
| | сахаров | 12,4 ± 0,02 |
| | | 14,82 ± 0,02 |
| | | 0,73 ± 0,01 |
| | | 11,8 ± 0,02 |

Из результатов, представленных в таблице 5, видно, что внесение в мякоть яблок ферментного препарата Vegazym M в количестве 0,09% от массы мякоти, увеличивает выход яблочного сока по сравнению с контрольным образцом на 14,6%. В яблочном соке, полученном с ферментативной обработкой, несколько снижается содержание экстрактивных веществ, сахара и титруемых кислот.

Экстракт зеленого чая. Результаты определения в экстракте зеленого чая концентрации полифенольных веществ представлены в таблице 6.

Таблица 6. Массовая концентрация суммарных фенольных веществ в водном экстракте зеленого чая
Table 6. A mass fraction of total phenolic compounds in the aqueous extract of green tea

| Оптическая плотность раствора | Массовая концентрация полифенольных веществ, мг/дм ³ |
|-------------------------------|---|
| 0,61 ± 0,005 | 20 ± 0,01 |

Ферментированный напиток на основе яблочного сока. Высококачественный ферментированный напиток можно получить, если в исходной основе присутствуют все необходимые заквасочным микроорганизмам питательные вещества и факторы роста. В процессе молочнокислого брожения бактерии утилизируют растворимые вещества (в т.ч. сахара) сока, образуя органические кислоты, бактериоцины, аминокислоты, витамины и другие биологически-активные вещества и наращивая свою биомассу. Установлено, что штаммы винных дрожжей обладают разной активностью по отношению к полифенолам и танину, наличие которых в среде является как стимулирующим, так и ингибирующим фактором роста в зависимости от штамма. При этом влияние фенольных веществ на ростовую активность штаммов меняется в зависимости от вносимых в среду исследуемых препаратов и их концентрации в среде культивирования [16].

Хотя исследований влияния полифенольных веществ на жизнедеятельность молочнокислых бактерий (МКБ) ранее не проводилось, фенольные соединения могут способствовать повышению метаболической активности и скорости роста МКБ. В силу того, что потребность в напитках, ферментированных молочнокислыми бактериями, на основе соков растет, изучение влияния экстракта зеленого чая, содержащего фенольные вещества, на процесс молочнокислого брожения, протекающего в яблочном соке, является актуальными.

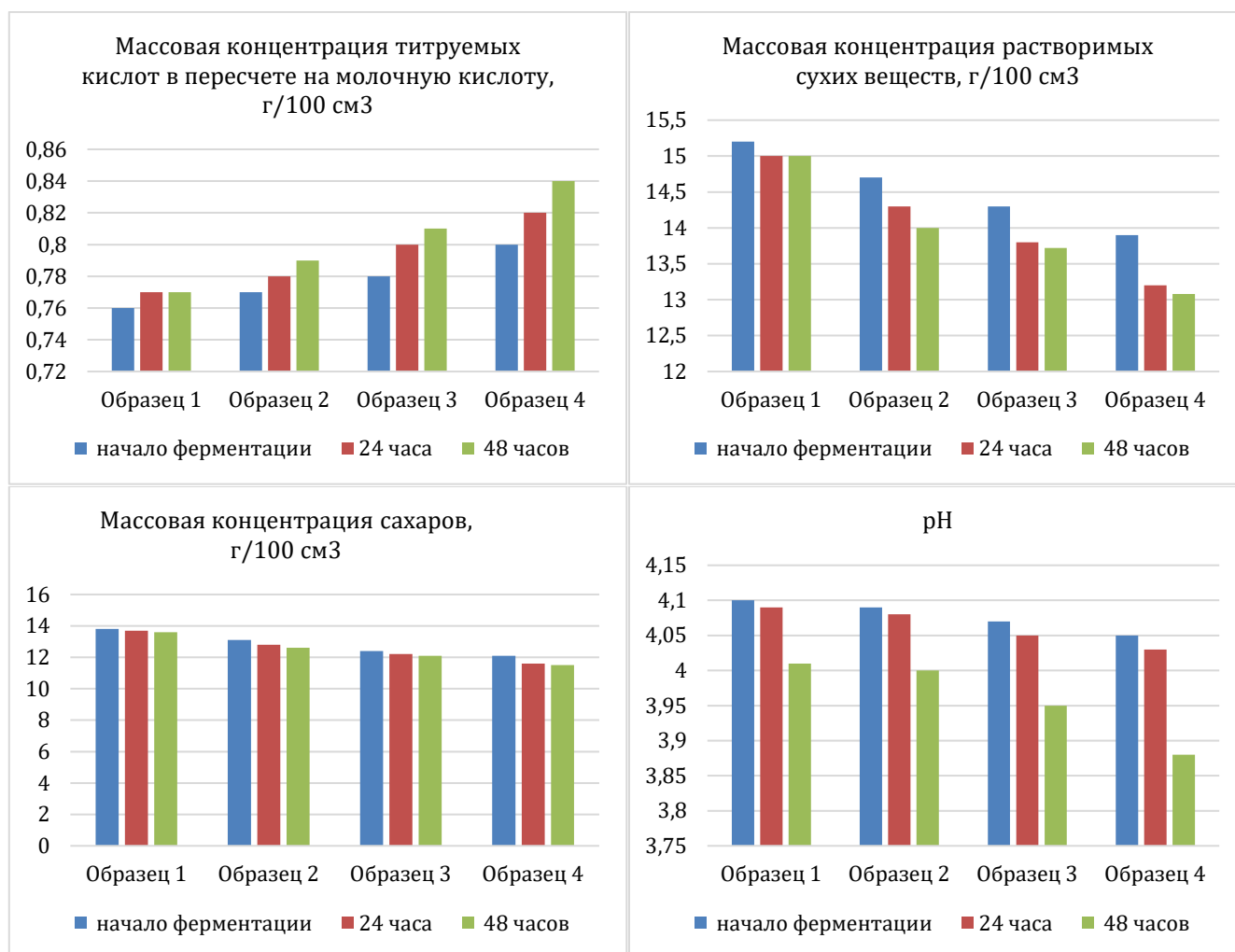


Рисунок 2 – Диаграммы изменения органических кислот, растворимых веществ, сахаров и pH среды в процессе ферментации яблочного сока культурой молочнокислых бактерий

Figure 2. Diagrams illustrating the changes in organic acids, soluble substances, sugars, and pH levels during the fermentation process of apple juice with a culture of lactic acid bacteria

Для выявления влияния концентрации полифенольных веществ экстракта зеленого чая на скорость утилизации молочнокислыми бактериями *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* растворимых веществ яблочного сока проводили ферментацию образцов

сока с добавлением различного количества водного экстракта зеленого чая. Исходя из экспериментально определенной концентрации полифенольных веществ в экстракте зеленого чая содержание полифенольных веществ в 10 см³ экстракта составило 0,2 мг; в 20 см³ – 0,4 мг; в 30 см³ – 0,6 мг. О скорости утилизации МКБ растворимых веществ яблочного сока судили по изменению в ферментируемой основе количества растворимых сухих веществ, сахаров, титруемых кислот и рН. Динамика содержания в исследуемых образцах сока титруемых кислот, растворимых сухих веществ, сахаров и рН в процессе их ферментации МКБ представлена на рисунке 2.

Из результатов (рисунок 2) следует, что концентрация всех растворимых сухих веществ и сахаров снижалась в течение всего процесса молочнокислого брожения. Скорость понижения концентрации сухих веществ увеличивалась с повышением концентрации полифенольных соединений в образцах. В первые 24 ч процесса ферментации концентрация сухих веществ и сахаров во всех образцах понижалась с наибольшей скоростью по сравнению с периодом от 24 до 48 ч процесса. В конце процесса ферментации наименьшее количество сахаров и всех растворимых веществ наблюдалось в образце 4 (с наибольшим содержанием полифенольных соединений), а наибольшее – в образце 1 (без полифенольных соединений экстракта зеленого чая). Скорость роста концентрации титруемых кислот (метаболитов МКБ) возрастала при повышении концентрации полифенольных соединений, наибольшее их увеличение отмечалось в первые 24 ч ферментации.

Таким образом, анализ результатов исследования показал, что внесение в яблочный сок экстракта зеленого чая ускоряет процесс его ферментации молочнокислыми бактериями. При ферментации яблочного сока стартовой бактериальной культурой, включающей штаммы *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* процесс молочнокислого брожения достаточно проводить в течение 24 ч, что коррелирует с данными, полученными при ферментации молочнокислыми бактериями тыквенного сока [12].

Органолептические свойства ферментированного напитка на основе яблочного сока являются одним из важнейших показателей его качества. Результаты органолептической оценки образцов приведены в таблицах 7–10.

Таблица 7. Органолептическая оценка образца 1

Table 7. Organoleptic evaluation of sample 1

| Эксперт | Цвет (макс. 2,0) | Аромат (макс. 4,0) | Вкус (макс. 4,0) |
|---|--|--------------------|------------------|
| 1 | 1,0 | 3,0 | 2,5 |
| 2 | 1,5 | 2,0 | 2,6 |
| 3 | 1,5 | 2,5 | 3,2 |
| 4 | 2,0 | 1,8 | 2,5 |
| 5 | 1,4 | 1,5 | 2,0 |
| Среднее значение | 1,48 | 2,16 | 2,56 |
| Коэффициент весомости (М) | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Значение комплексного показателя качества (К) | $K = 0,2 \cdot 1,48 + 0,4 \cdot 2,16 + 0,4 \cdot 2,56 = 2,184$ | | |

Таблица 8. Органолептическая оценка образца 2

Table 8. Organoleptic evaluation of sample 2

| Эксперт | Цвет (макс. 2,0) | Аромат (макс. 4,0) | Вкус (макс. 4,0) |
|---|--|--------------------|------------------|
| 1 | 1,3 | 3,0 | 3,5 |
| 2 | 1,5 | 2,7 | 3,4 |
| 3 | 1,2 | 2,8 | 3,7 |
| 4 | 1,5 | 3,4 | 3,0 |
| 5 | 1,3 | 3,0 | 3,5 |
| Среднее значение | 1,36 | 2,98 | 3,42 |
| Коэффициент весомости (М) | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Значение комплексного показателя качества (К) | $K = 0,2 \cdot 1,36 + 0,4 \cdot 2,98 + 0,4 \cdot 3,42 = 2,832$ | | |

Таблица 9. Органолептическая оценка образца 3
Table 9. Organoleptic evaluation of sample 3

| Эксперт | Цвет (макс. 2,0) | Аромат (макс. 4,0) | Вкус (макс. 4,0) |
|---|--|--------------------|------------------|
| 1 | 1,5 | 3,5 | 3,8 |
| 2 | 1,5 | 3,6 | 4,0 |
| 3 | 1,5 | 3,5 | 4,0 |
| 4 | 2,0 | 3,5 | 3,5 |
| 5 | 1,4 | 3,5 | 4,0 |
| Среднее значение | 1,58 | 3,52 | 3,86 |
| Коэффициент весомости (М) | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Значение комплексного показателя качества (К) | $K = 0,2 \cdot 1,58 + 0,4 \cdot 3,52 + 0,4 \cdot 3,86 = 3,268$ | | |

Таблица 10. Органолептическая оценка образца 4
Table 10. Organoleptic evaluation of sample 4

| Эксперт | Цвет (макс. 2,0) | Аромат (макс. 4,0) | Вкус (макс. 4,0) |
|---|---|--------------------|------------------|
| 1 | 1,0 | 3,0 | 3,5 |
| 2 | 1,5 | 3,1 | 3,0 |
| 3 | 1,5 | 3,0 | 2,5 |
| 4 | 1,0 | 2,5 | 3,0 |
| 5 | 1,0 | 2,0 | 3,2 |
| Среднее значение | 1,20 | 2,72 | 3,04 |
| Коэффициент весомости (М) | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Значение комплексного показателя качества (К) | $K = 0,2 \cdot 1,2 + 0,4 \cdot 2,72 + 0,4 \cdot 3,04 = 2,544$ | | |

На основе оценок цвета, аромата и вкуса ферментированного напитка на основе яблочного сока, сделанных экспертами, построена профилограмма, представленная на рисунке 3.

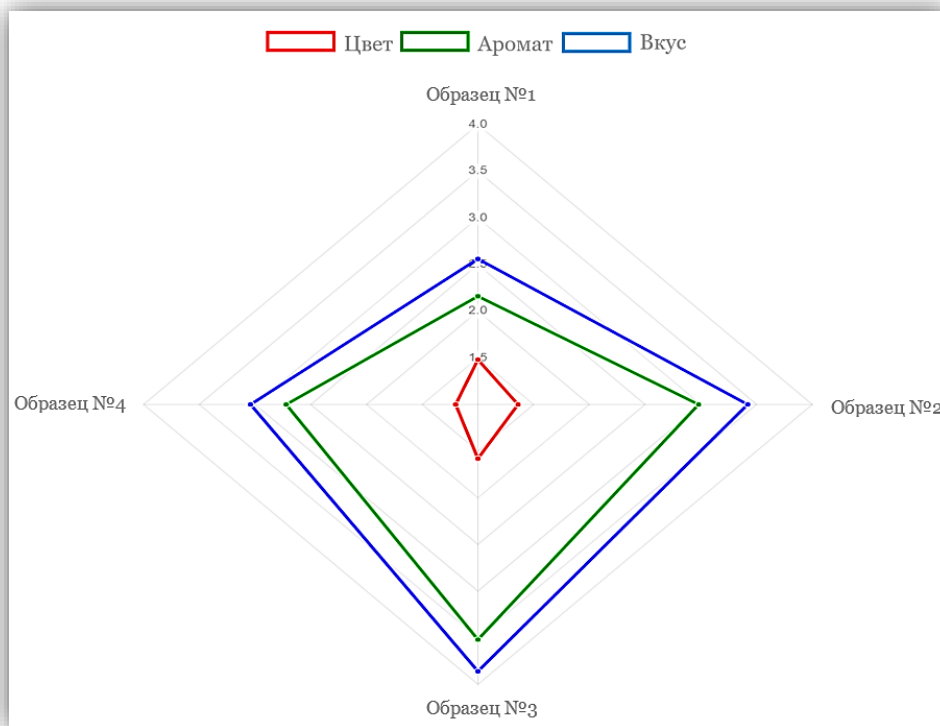


Рисунок 3 – Профилограмма органолептических показателей образцов ферментированного напитка на основе яблочного сока

Figure 3. Profile analysis of sensory characteristics of fermented beverage samples based on apple juice

Анализ оценок экспертов показывает, что внесение экстракта зеленого чая способствовало улучшению аромата и вкуса ферментированного напитка. Наивысшим значением комплексного показателя качества характеризовался образец 3, а наименьшим – образец 1 (без экстракта зеленого чая). На основании величины комплексного показателя качества и профилограммы цвета, аромата и вкуса

ферментированного напитка на основе яблочного сока лучшим по органолептическим показателям признан образец 3 (с добавлением экстракта зеленого чая, содержащего 0,4 мг полифенольных соединений).

Заключение

На основании проведенных исследований установлено следующее. Внесение в сок из яблок сорта Симиренко экстракта зеленого чая, содержащего высокое количество полифенольных соединений, способствует повышению активности стартовой культуры молочнокислых бактерий, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*, и повышает эффективность молочнокислого брожения при его ферментации.

Скорость образования титруемых кислот, являющихся метаболитами молочнокислых бактерий, и скорость понижения концентрации сухих веществ и сахаров возрастают при повышении в ферментируемой основе содержания полифенольных соединений. Наибольшая скорость метаболических процессов при ферментации молочнокислыми бактериями яблочного сока наблюдается в первые 24 ч процесса ферментации. Наибольшая скорость утилизации растворимых сухих веществ, сахаров и скорость накопления титруемых кислот наблюдается при внесении в яблочный сок полифенольных веществ в количестве 0,3 мг на 100 см³ сока.

Внесение в яблочный сок экстракта зеленого чая повышает показатели аромата и вкуса ферментированного напитка. Лучшим по органолептическим показателям признан ферментированный напиток из яблочного сока с добавлением полифенольных веществ 0,2 мг на 100 см³ сока.

Для одновременного достижения высокой активности молочнокислых бактерий в процессе ферментации и наилучших органолептических показателей ферментированного напитка на основе яблочного сока рекомендуется вносить в яблочный сок водный экстракт зеленого чая в количестве 10 см³ на 100 см³ сока. Для повышения выхода яблочного сока целесообразно проводить ферментативную обработку мезги пектолитическим ферментным препаратом.

Литература

1. Белокурова Е.С., Борисова Л.С., Панкина И.А. Овощные ферментированные напитки // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 1. С. 173–179.
2. Харьков В.В., Докучаева И.С. Исследование технологических характеристик овощных ферментированных соков повышенной биологической ценности // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 16. С. 35–37.
3. Sun X.D. Enzymatic hydrolysis of soy proteins and the hydrolysates utilisation. *International Journal of Food Science Technology*. 2011, V. 46, no. 12, pp. 2447–2459. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02785
4. Перфилова О.В., Бабушкин В.А., Магомедов Г.О., Магомедов М.Г. Технология переработки яблок на сок прямого отжима и пюре // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 3. С. 82–85
5. Крукович О.В., Масанский С. Л. Управление процессом сбраживания настоя из листьев крапивы двудомной по показателю его редокс-потенциала // Вестник МГУП. 2021. № 1. С. 20–30.
6. Цед Е.А., Королева Л.М. Новый ферментированный безалкогольный напиток на основе рисового гриба *Oryzomyces indicus* РГЦ // Пиво и напитки. 2007. № 2. С. 48–50.
7. Шевцова Т.В., Каменская Е.П. Анализ качества ферментированных напитков с внесением соков из плодово-ягодного сырья // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: сб. тр. Барнаул: Изд-во Алтайского гос. технич. ун-та им. И.И. Ползунова. 2021. С. 385–388.
8. Сотников В.А., Марченко В.В. Напиток «Чайный гриб» и его технологические особенности // Пищевая промышленность. 2014. № 12. С. 49–52.
9. Серякова П.И., Зиновьева М.Е. Получение ферментированных функциональных напитков на основе соков и нектаров // Научный Альманах. 2018. № 5–2. С. 194–198. DOI: 10.17117/na.2018.05.02.194
10. Теркун Е.П., Кожухова М.А., Гаврилина Н.В. Ферментированные соки и напитки с пробиотическими свойствами // Наука, техника, технологии (Политехнический вестник). 2014. № 2. С. 44–49.
11. Панкина И.А., Белокурова Е.С. Исследование процессов биодegradации углеводов яблочного сока // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. № 4. С. 58–64. DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-4-58-64

12. Развязная И.Б., Тимофеева В.Н. Исследование влияния различных технологических факторов при получении тыквенного напитка, подвергнутого молочнокислому брожению // Инновационные технологии и технические средства для АПК: сб. тр. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. аграрн. ун-та им. Императора Петра I, 2015. С. 131–136.
13. Sun J., Dong S., Li J., Zhao H. A comprehensive review on the effects of green tea and its components on the immune function. *Food Science and Human Wellness*. 2022, V. 11, no. 5, pp. 1143–1155. DOI: 10.1016/j.fshw.2022.04.008
14. Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Загоскина Н.В. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина–Дениса и реактивом Фолина–Чокальтеу: модификация и сравнение // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 291–299. DOI: 10.14258/jcprpm.2021028250
15. Серба Е.М., Курбатова Е.И., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А., Волкова Г.С., Римарева Л.В. Влияние ферментов с различной субстратной специфичностью на степень биокаталитической деструкции плодово-ягодного сырья // Пищевая промышленность. 2018. № 7. С. 68–73.
16. Скорицова Т.К., Танащук Т.Н., Травникова Е.Э. Оценка устойчивости дрожжей рода *Saccharomyces* к полифенолам и танину // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21. № 2. С. 139–142. DOI: 10.35547/IM.2019.21.2.012

References

1. Belokurova E.S., Borisova L.S., Pankina I.A. Vegetable fermented drinks. *Processes and Food Production Equipment*. 2015, no. 1, pp. 173–179. (In Russian)
2. Kharkov V.V., Dokuchaeva I.S. Study of technological characteristics of vegetable fermented juices with increased biological value. *Bulletin of the Technological University*. 2016, V. 19, no. 16, pp. 35–37. (In Russian)
3. Sun X.D. Enzymatic hydrolysis of soy proteins and the hydrolysates utilisation. *International Journal of Food Science Technology*. 2011, V. 46, no. 12, pp. 2447–2459. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02785.x
4. Perfilova O.V., Babushkin V.A., Magomedov G.O., Magomedov M.G. The technology of apple juice and sauce production. *Technologies for the Food and Processing Industry of AIC – Healthy Food*. 2016, no. 3, pp. 82–85. (In Russian)
5. Krukovich O.V., Masansky S. L. Control of the fermentation process of stinging nettle leaves infusion in terms its redox potential index. *Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies*. 2021, no. 1, pp. 20–30. (In Russian)
6. Tsed E.A., Koroleva L.M. New fermented non-alcoholic beverage based on the rice fungus *oryzomyces indici* RGC. *Beer and Beverages*. 2007, no. 2, pp. 48–50. (In Russian)
7. Shevtsova T.V., Kamenskaya E.P. Analysis of the quality of fermented beverages with the addition of juices from fruit and berry raw materials. *Technologies and equipment for the chemical, biotechnological, and food industries*. Collection of works. Barnaul, Polzunov Altai State Technical University Publ., 2021, pp. 385–388. (In Russian)
8. Sotnikov V.A., Marchenko V.V. Drink "Chayny Grib" (Kombucha) and its technological features. *Engineering and Technology*. 2014, no. 12, pp. 49–52. (In Russian)
9. Seriakova P.I., Zinovieva M.E. Production of fermented functional fruit and vegetable drinks. *Science Almanac*. 2018, no. 5–2, pp. 194–198. DOI: 10.17117/na.2018.05.02.194. (In Russian)
10. Terkun E.P., Kozhukhova M.A., Gavrilina N.V. Fermented juices and beverages with probiotic properties. *Science, Technology, Technologies (Polytechnic Bulletin)*. 2014, no. 2, pp. 44–49. (In Russian)
11. Pankina I.A., Belokurova E.S. Biodegradation of carbohydrates in apple juice. *Processes and Food Production Equipment*. 2016, no. 4, pp. 58–64. DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-4-58-64. (In Russian)
12. Razvyaznaya I.B., Timofeeva V.N. Study of the impact of various technological factors in the production of pumpkin beverage subjected to lactic acid fermentation. *Innovative Technologies and Technical Means for Agro-Industrial Complex*. Collection of works. Voronezh, Voronezh State Agrarian University n.a. Emperor Peter I Publ., 2015, pp. 131–136. (In Russian)
13. Sun J., Dong S., Li J., Zhao H. A comprehensive review on the effects of green tea and its components on the immune function. *Food Science and Human Wellness*. 2022, V. 11, no. 5, pp. 1143–1155. DOI: 10.1016/j.fshw.2022.04.008
14. Nikolaeva T.N., Lapshin P.V., Zagoskina N.V. Method for determining the total content of phenolic compounds in plant extracts with Folin–Denis reagent and Folin–Chocalteu reagent: modification and comparison. *Chemistry of Plant Raw Material*. 2021, no. 2, pp. 291–299. DOI: 10.14258/jcprpm.2021028250. (In Russian)
15. Serba E.M., Kurbatova E.I., Sokolova E.N., Borshcheva Yu.A., Volkova G.S., Rimareva L.V. Influence of enzymes with different substrate specificity on the degree of biocatalytic degradation of fruit and berry raw materials. *Food Biotechnology*. 2018, no. 7, pp. 68–73. (In Russian)
16. Skorikova T.K., Tanashchuk T.N., Travnikova E.E. Assessment of *Saccharomyces* yeast resistance to polyphenols and tannin. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019, V. 21, no. 2, pp. 139–142. DOI: 10.35547/IM.2019.21.2.012 (In Russian)

Информация об авторах

Аль-Ясари Аркан Хади – аспирант факультета биотехнологий

Надежда Васильевна Баракова – канд. техн. наук, доцент, доцент факультета биотехнологий

Ангелина Станиславна Басковцева – аспирант факультета биотехнологий

Полина Исаевна Гунькова – канд. техн. наук, доцент, доцент научно-образовательного центра химического инжиниринга и биотехнологий

Фан Тхи Хонг Лоан – бакалавр факультета биотехнологий

Филипп Артемович Оганнесян – аспирант факультета биотехнологий

Information about the authors

Arkan H. Al-Yasari, Postgraduate Student, Faculty of Biotechnology

Nadezhda V. Barakova, Ph.D. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor of the Faculty of Biotechnology

Polina I. Gunkova, Ph.D. (Tech.), Associate Professor, Associate Professor of the Scientific and Educational Center for Chemical Engineering and Biotechnology

Angelina S. Baskovtceva, Postgraduate Student, Faculty of Biotechnology

Loan Phan Thi Hong, Bachelor of Biotechnology Faculty

Philipp A. Hovhannisyanyan, Postgraduate Student, Faculty of Biotechnology

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 22.10.2023

Одобрена после рецензирования 28.11.2023

Принята к публикации 30.11.2023

The article was submitted 22.10.2023

Approved after reviewing 28.11.2023

Accepted for publication 30.11.2023