

Научная статья
УДК 637.146.34
DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-88-100

**Обоснование выбора заквасочной культуры молочнокислых организмов
для производства обогащенного йогурта**

Артем Игоревич Рыков¹, Светлана Викторовна Агафонова²

^{1,2}Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

¹temuha111@gmail.com ORCID 0009-0006-1334-3178

²svetlana.agafonova@klgtu.ru ORCID 0000-0002-5992-414X

Аннотация. По оценкам иностранных исследователей (Ghio V. et al.), около 65–80 % взрослого населения мира страдают непереносимостью лактозы. Непереносимость лактозы возникает у человека на генетическом уровне, поскольку она связана с геном LCT, или геном лактазы. На непереносимость лактозы, согласно медицинским исследованиям США, также влияет этническая принадлежность человека. Переход от традиционных к безлактозным продуктам ставит такие технологические задачи перед пищевой промышленностью, как сохранение полезных свойств в конечном продукте, приемлемые органолептические показатели и расширение ассортимента продукции для удовлетворения предпочтений потребителей. Для разработки качественного кисломолочного продукта особое внимание стоит уделить применяемой закваске с учетом сбалансированности следующих параметров: температуры, скорости сквашивания, вкуса и консистенции. Целью исследования явилось обоснование выбора заквасочной культуры для получения безлактозного йогурта, обогащенного концентратом люпинового белка, с наиболее благоприятными органолептическими характеристиками. Проведены сравнительные исследования заквасок различных производителей по физико-химическим, органолептическим показателям. Определены основные параметры процесса сквашивания йогурта: температура, время сквашивания, кислотность и органолептические показатели готового продукта. В результате проведенных исследований выявлено, что предпочтительной заквасочной культурой для производства йогурта является закваска Dalton Starter Y₀, которая придает йогурту чистый, кисломолочный вкус и аромат, без каких-либо пороков, при температуре сквашивания 40–42 °С и времени сквашивания 5–6 часов. Описана возможность получения безлактозного йогурта с использованием ферментного препарата Daugizum Y 50 L и безлактозного йогурта с добавлением люпинового концентрата. Изучено содержание лактозы в молоке и безлактозных йогуртах. В результате использования ферментного препарата Daugizum Y 50 L было снижено содержание лактозы в йогурте до 0,001 %.

Ключевые слова: йогурт, заквасочная культура, безлактозный продукт, лактаза, ферментный препарат.

Для цитирования: Рыков А. И., Агафонова С. В. Обоснование выбора заквасочной культуры молочнокислых организмов для производства обогащенного йогурта // Известия КГТУ. 2024. № 75. С. 88-100. DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-88-100.

Original article

Justification of the choice of a starter culture of lactic acid organisms for the production of enriched yogurt

Artem I. Rykov¹, Svetlana V. Agafonova²

^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

Abstract. According to foreign researchers (Ghio B. et al.), about 65–80% of the adult population in the world suffer from lactose intolerance. Lactose intolerance occurs in humans at the genetic level, since it is associated with the LCT gene or the lactase gene. According to medical research in the USA, lactose intolerance is also affected by a person's ethnicity. The transition from traditional to lactose-free products poses such technological challenges for the food industry as preserving beneficial properties in the final product, acceptable organoleptic indicators and expanding the range of products to meet consumer preferences. To develop a high-quality fermented milk product, special attention should be paid to the starter culture used, taking into account the balance of the following parameters: temperature, fermentation rate, taste and consistency. The purpose of the study was to substantiate the choice of starter culture for obtaining lactose-free yogurt enriched with lupine protein concentrate with the most favorable organoleptic characteristics. Comparative studies of starters from different manufacturers were carried out according to physicochemical and organoleptic indicators. The main parameters of the yogurt fermentation process have been determined: temperature, fermentation time, acidity and organoleptic indicators of the finished product. As a result of the studies, it has been found that the preferred starter culture for yogurt production is the Dalton Starter Yo starter, which gives the yogurt a pure, sour-milk taste and aroma, without any defects, at a fermentation temperature of 40–42 °C and a fermentation time of 5–6 hours. The possibility of obtaining lactose-free yogurt using the enzyme preparation Dayrizym Y 50 L and lactose-free yogurt with the addition of lupine concentrate is described. The lactose content in milk and lactose-free yogurts has been studied. As a result of using the enzyme preparation Dayrizym Y 50 L, the lactose content in yogurt has been reduced to 0.001%.

Keywords: yogurt, starter culture, lactose-free, lactase, enzyme preparation.

For citation: Rykov A. I., Agafonova S. V. Justification of the choice of a starter culture of lactic acid organisms for the production of enriched yogurt // *Izvestiya KGTU=KSTU News*. 2024;(75): 88-100. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2024-75-88-100.

ВВЕДЕНИЕ

Издавна разнообразие кисломолочных изделий расширялось процессом ферментации молока домашних животных. Кисломолочные производства занимают второе место по значимости в отрасли ферментированных продуктов.

Йогурт – кисломолочный продукт, полученный путем сквашивания молока, является одним из самых древних и популярных товаров среди потребителей [1]. Его полезные свойства обусловлены повышенным содержанием белков с высокой биологической ценностью, витаминов В₂ и В₁₂, а также жирных кислот с короткой и средней цепью. Молочнокислые бактерии ферментируют молочный сахар с получением молочной кислоты и ряда побочных веществ, воздействующих на молочный белок и составляющих йогурт. Закваски, используемые в молочной промышленности, можно разделить на две большие группы – мезофильные и термофильные. Мезофильные закваски имеют оптимальную температуру роста 30 °С и применяются при производстве большинства видов сыров. Термофильные заквасочные культуры имеют оптимум действия при 37 °С и используются для йогурта, твердых и полутвердых сыров с высокими температурами приготовления. Симбиотические закваски *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* лежат в основе производства йогуртов. Для йогуртовых продуктов возможно использование заквасок на основе *Streptococcus thermophilus* и любых видов *Lactobacillus*. Симбиотическое взаимодействие, называемое протокооперацией, является одним из ключевых факторов, определяющих процесс ферментации и качество йогурта. Закваски играют ключевую роль в определении типа брожения, влияют на вкус, текстуру, пищевую ценность, а также препятствуют развитию бактериофагов. В применяемой закваске должны быть сбалансированы три параметра: скорость сквашивания, консистенция и вкус готового продукта. На органолептические характеристики йогурта оказывают влияние, в основном, следующие факторы: вид используемого молока, применяемая заквасочная культура, технология производства [2, 3].

Коровье молоко содержит около 4,7 % лактозы – дисахарида, состоящего из глюкозы и галактозы, гидролизующегося в организме человека в энтероцитах тонкого кишечника. Уровень лактазы в тонком кишечнике высок при рождении, что позволяет новорожденному переваривать большое количество лактозы, присутствующей в женском молоке (около 7 г/100 г). Однако примерно у 65–80 % населения планеты экспрессия лактазы генетически запрограммирована на снижение после отъема от груди, так что в кишечнике взрослого человека сохраняется только остаточная активность этого фермента [4, 5]. В России это потенциально каждый второй житель [6]. Непереносимость лактозы вызывает у человека расстройства желудочно-кишечного тракта. Лечение непереносимости включает в себя снижение или полное исключение из рациона продуктов, содержащих лактозу, до исчезновения симптомов, что является трудной задачей, так как лактоза присутствует в составе молочных продуктов и используется в качестве пищевой добавки [7].

Помимо непереносимости лактозы, дисахарид обладает также технологическим недостатком, т. к. сладость растворов лактозы примерно в 5 раз ниже, чем

сахарозы. Для усиления сладкого вкуса молочным продуктам требуется дополнительное введение сахара, в зависимости от получаемого конечного продукта данное добавление может значительно варьировать [8]. Действующий технический регламент на молоко и молочную продукцию определяет содержание лактозы в безлактозном молочном продукте на уровне 0,1 г на 1 л готового к употреблению продукта и ниже.

Люпин перспективен в производстве белковых продуктов высокой биологической ценности и способен конкурировать с ближайшим аналогом – соей. Он повышает пищевую ценность продукта за счет увеличения содержания белка и приносит определенную пользу для здоровья за счет соответствующих биоактивных пептидов [9, 10]. На сегодняшний день существуют разработки получения молочных продуктов с использованием люпина в качестве обогащающей добавки и/или заменяющей основной компонент в «классической» технологии. Люпиновое молоко с яичным порошком можно использовать для производства продуктов, аналогичных йогурту [11]. Показана высокая пищевая и биологическая ценность аналоговых плавящихся сыров на основе люпиновой пасты, употребление которых может существенно обогатить рацион придерживающихся особой диеты потребителей [12]. Применение люпинового молока при изготовлении замороженных десертов не оказало негативного влияния на физико-химические свойства конечного продукта, однако показало невысокую органолептическую оценку из-за горького вкуса [13]. Мороженое, сделанное на основе люпина и соевого молока, может служить заменой «классическому» мороженому, изготовленному из коровьего молока [14].

Целью настоящего исследования явилось обоснование выбора заквасочной культуры для получения безлактозного йогурта, обогащенного концентратом люпинового белка, с наиболее благоприятными органолептическими характеристиками. Для достижения поставленной цели решались задачи по исследованию химического состава молока (сырья для производства йогурта), динамики кислотонакопления в сквашиваемых образцах при использовании различных заквасок и ферментного препарата лактазы Dayrizum Y 50 L, органолептических показателей образцов йогурта и остаточного содержания лактозы в них.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве заквасочных культур для производства йогурта использовались закваски, представленные в табл. 1.

Для получения безлактозного йогурта применяли ферментный препарат микробного происхождения Dayrizum Y 50 L, производитель «SternEnzym GmbH & Co. KG», Kurt-Fischer-Straße 55, 22926 Ahrensburg (Германия). В основе ферментного препарата лежит жидкая дрожжевая β -галактозидаза β (-D-галактозидгалактогидролаза) с широким диапазоном pH и температуры. Фермент растворяют в жидкости, содержащей глицерин. Благодаря специальной стадии очистки фермент не дает побочных эффектов, позволяет получить безлактозный продукт без неприятных привкусов, активен при стандартной температуре сквашивания йогурта (30–40 °C).

Таблица 1. Характеристика заквасочных культур для йогурта
 Table 1. Characteristics of starter cultures for yogurt

Закваска	Страна-производитель	Состав	Технологические режимы сквашивания			Описание
			Температура, °С	Время, ч	Кислотность, °Т	
Profi-line® YO 22.11 R3 Golden Line®	Россия	<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>lactis</i>	37–44	4–7	70–80	Обеспечивает плотную структуру продукта, маловязкую, умеренно густую консистенцию, умеренный аромат йогурта и кисло-молочный вкус.
Golden Time® YO 22.40 D Golden Line®	Россия	<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	37–44	4–6	75–80	Обеспечивает вязкую и плотную структуру продукта, чистый кисло-молочный вкус и аромат.
MicroM ILK YO 60/1	Италия	<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> , <i>actobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	38–42	4–7	70–75	Обеспечивает густую, немного тянущуюся консистенцию, мягкий сливочный вкус и аромат.

Dalton Starter Yo	Италия	<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>Thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	40–42	4–5	70–75	Данная закваска обладает средним уровнем кислотообразования и ароматизации. Вырабатывает значительное количество полисахаридов, что увеличивает вязкость продукта.
-------------------	--------	--	-------	-----	-------	--

В качестве обогащающей добавки был использован люпиновый белковый концентрат, полученный по технологии, предусматривающей шелушение семян, измельчение ядра и получение муки, смешивание муки с водой. В полученном субстрате было существенно снижено содержание небелковых соединений за счет расщепления их ферментными препаратами целлюлолитической направленности и последующей промывки ферментолита [15].

Массовую долю белка в молоке определяли согласно ГОСТ 23327-98, массовую долю жира – по ГОСТ 5867-90, п. 2 (кислотный метод), кислотность – по ГОСТ 3624-92.

Массовая доля лактозы определялась по ГОСТ Р 54760-2011 методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе «МАЭСТРО». Метод включает удаление жира и белка из образца путем добавления растворов сульфата меди и гидроксида натрия. Разделение моносахаридов и дисахаридов в фильтрате осуществляли на хроматографической колонке в режиме изократического элюирования с регистрацией на рефрактометрическом детекторе [16]. Для измерений использовали колонку длиной 300 мм, с внутренним диаметром 6,5 мм. Скорость потока элюента составила 0,3–0,4 см³/мин, температура термостата – 80 °С, объем вводимой пробы – 10 мкл. Идентификацию углеводов проводили, сравнивая время удерживания летучих производных углеводов и соответствующих образцов. Для количественного определения лактозы необходимо построить градуировочные графики, используя растворы с заранее установленной концентрацией (массовой долей).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для получения йогурта использовали молоко питьевое пастеризованное, с массовой долей жира 3,2 % по ГОСТ 31450-2013, химический состав которого приведен в табл. 2.

Эксперимент подтвердил, что все виды заквасок образовывали молочно-белковый сгусток в течение 7 часов при температуре сквашивания 40–42 °С (рис. 1). Данные показывают достижение титруемой кислотности исследуемых образцов в пределах 78 ± 10 °Т по истечении 7 часов. Ферментный препарат Daugizum Y 50 L не изменил заявленного производителями заквасок времени сквашивания.

Таблица 2. Химический состав молока
 Table 2. Chemical composition of milk

Наименование показателей	Содержание, г/100 г
Лактоза	4,6±0,1
Кислотность, °Т	17,0±1,9
Жир	3,200±0,065
Белок	3,00±0,06

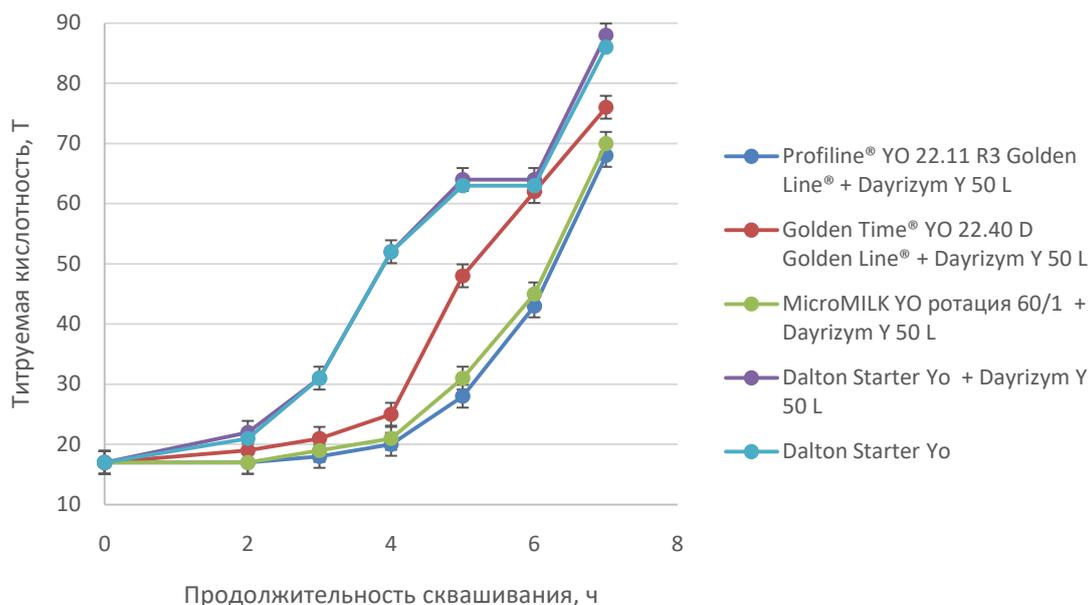


Рис. 1. Динамика кислотонакопления в образцах йогурта в процессе сквашивания
 Fig. 1. Dynamics of acid accumulation of samples in the process of yogurt fermentation

Массовая доля лактозы во всех образцах йогурта составила менее 0,00100 % ($\pm 0,00012$ %), что значительно ниже допустимого значения (0,1 %) по требованиям, предъявляемым к безлактозным молочным продуктам. Использование ферментного препарата Dayrizym Y 50 L позволяет практически полностью гидролизовать лактозу до «следового» содержания, лежащего на границе высокоточного метода определения. За счет гидролиза лактозы до глюкозы и галактозы конечный продукт приобретает дополнительную сладость, что позволяет снизить содержание «добавленных» сахаров в сладких йогуртах.

Была проведена органолептическая оценка и характеристика образцов безлактозного йогурта с использованием описательного метода сенсорного анализа. Полученные результаты представлены на рис. 2.

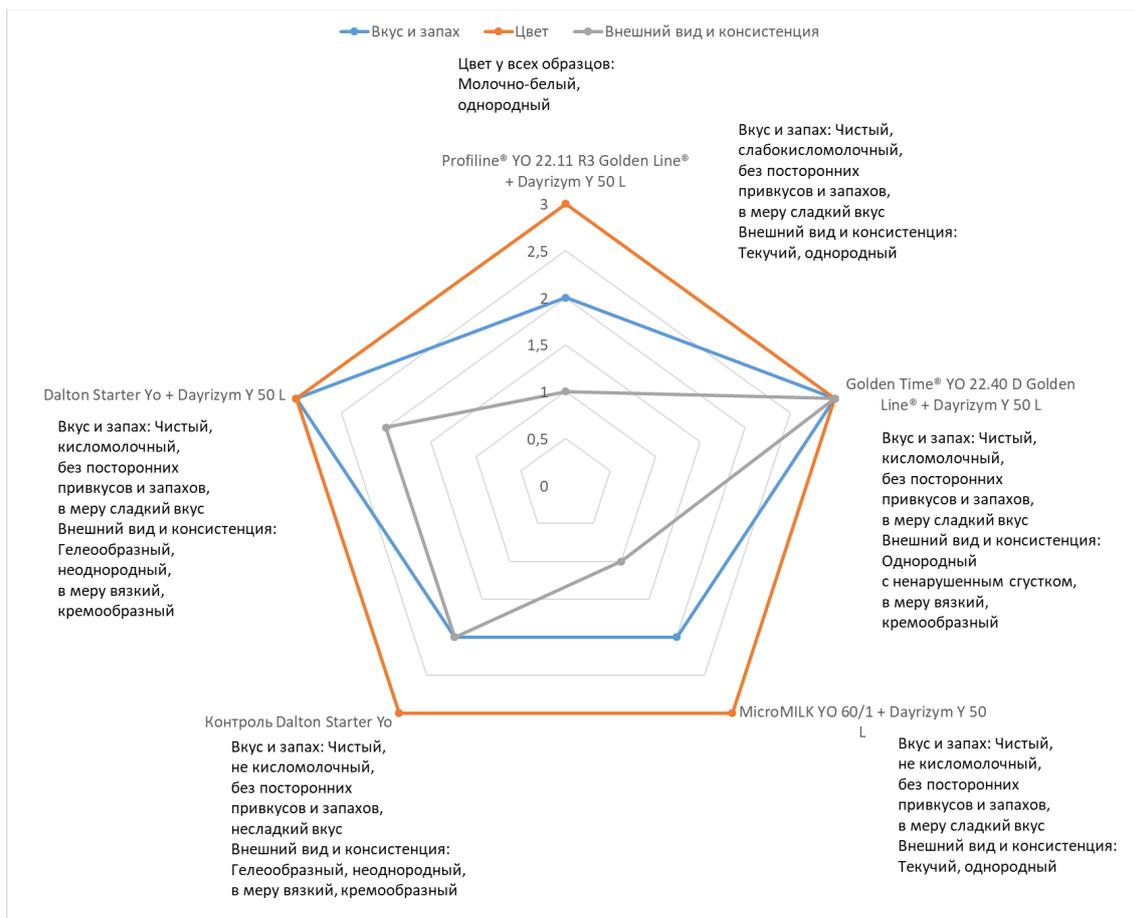


Рис. 2. Органолептическая характеристика и оценка образцов йогурта, полученных с использованием разных заквасочных культур

Fig. 2. Organoleptic characteristics and evaluation of yogurt samples obtained using various starter cultures

Предварительная рецептура йогурта с использованием люпинового белкового концентрата была апробирована в связи с техно-функциональными свойствами белков, такими как растворимость и эмульгирование, что делает белки перспективными для использования в качестве заменителей молочного сырья [17]. В результате образец йогурта, обогащенный люпиновым белковым концентратом в количестве 5 % к основному сырью (молоку пастеризованному), продемонстрировал приемлемые реологические, текстурные свойства и низкую склонность к синерезису. При молочнокислом брожении люпиновый белковый концентрат способен сократить время брожения, что видно на графиках, представленных на рис. 3.

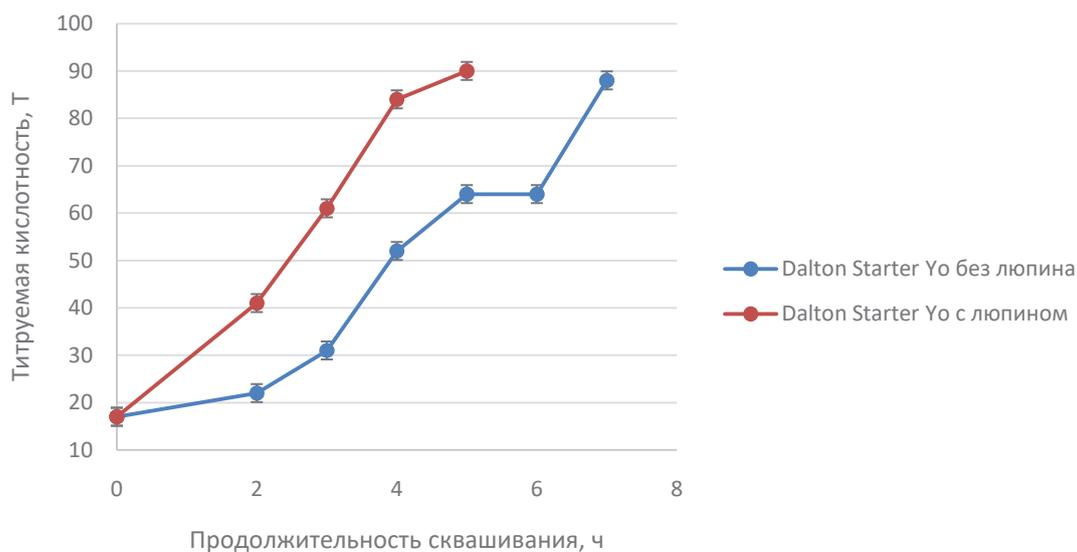


Рис. 3. Сравнение динамики кислотонакопления образцов без/с люпиновым белковым концентратом
 Fig. 3. Comparison of the dynamics of acid accumulation in samples with and without lupine protein concentrate

Образцы йогурта оценивались по девятибалльной шкале по следующим показателям: вкус и запах, цвет, внешний вид и консистенция. Результаты оценки представлены на рис. 4.

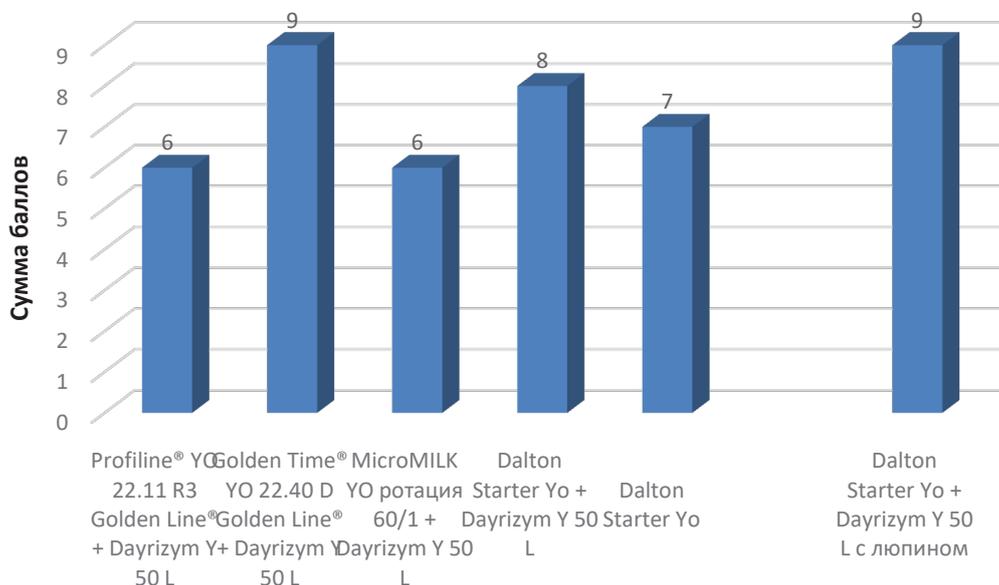


Рис. 4. Органолептическая оценка образцов йогурта
 Fig. 4. Organoleptic evaluation of yogurt samples

Высокую органолептическую оценку (9 баллов) получили образцы йогурта с использованием закваски Golden Time® YO 22.40 D Golden Line®. Йогурт с до-

бавлением люпинового белкового концентрата и применением закваски Dalton Starter Yo также получил высокую оценку (9 баллов). Данные образцы обладали отличным кисломолочным вкусом и ароматом, однородной консистенцией с плотным сгустком, без посторонних привкусов и запахов. Добавление люпинового белкового концентрата не оказало негативного влияния на органолептические характеристики продукта. Образец йогурта без добавления ферментного препарата Dayrizum Y 50 L получил среднюю оценку (7 баллов) из-за недостаточно сладкого вкуса. Образцы йогурта с использованием заквасок Profiline® YO 22.11 R3 Golden Line®, MicroMILK YO 60/1 получили меньшую оценку (6 баллов), так как обладали слабomолочным вкусом и запахом.

ВЫВОДЫ

Исследование процесса кислотонакопления в образцах йогурта и их органолептическая оценка показали, что Dalton Starter Yo является наилучшей закваской для производства безлактозного йогурта с добавлением концентрата люпинового белка. Данная заквасочная культура позволяет получить йогурт с чистым кисломолочным вкусом и ароматом при оптимальном времени сквашивания 5–6 часов и температуре 40–42 °С. Исследование лактозы в молоке (сырье) и готовых йогуртах показало снижение ее количества за счет действия ферментного препарата Dayrizum Y 50 L до допустимых пределов для безлактозных йогуртов.

Йогурт с добавлением люпинового белкового концентрата и применением бактериальной закваски Dalton Starter Yo демонстрирует приемлемые результаты органолептической оценки. Добавление люпинового белкового концентрата положительно влияет на реологические и физико-химические показатели безлактозного йогурта, уменьшает время сквашивания на 29 %. Продукт может быть включен в рацион страдающих непереносимостью лактозы потребителей.

Список источников

1. Dekker P. J. T., Koenders D., Bruins M. J. Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits // *Nutrients*. 2019. V. 11. N 3. P. 551. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.
2. Кабисова П.Э. Перспективы использования заквасок прямого внесения при производстве кисломолочных продуктов // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Сапрыгина Георгия Петровича, Омск, 13–14 апреля 2017 г. Омск, 2017. С. 324–326.
3. Баймагамбетова А. Б, Велямов М. Т. Разработка технологии изготовления кисломолочного продукта йогурта и изучение его качественных показателей // *Новости науки Казахстана*. 2017. № 4 (134). С. 111–131.
4. Lactose-free Yogurts do not Show any Benefits for Lactose-Intolerant Subjects, Compared with Lactose-Containing Yogurts / Ghio B. et al. // *J. Food Nutr Disor* 8. 2019. V. 3. N 2. 4 p. DOI: 10.4172/2324-9323.1000262.
5. Storhaug C. L., Fosse S. K., Fadnes L. T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: A systematic review and meta-analysis //

Lancet Gastroenterology & Hepatology. 2017. N 2. P. 738–746. DOI: 10.1016/S2468-1253(17)30154-1.

6. Результаты всероссийского исследования о непереносимости лактозы и потреблении молочных продуктов в 2023 году. URL: <https://souzmoloko.ru/news/novosti-company-souzmoloko/issledovaniya-o-neperenosimosti-laktozy.html> (дата обращения: 13.08.2024).

7. Fassio F., Facioni M. S., Guagnini F. Lactose maldigestion, malabsorption and intolerance: A comprehensive review with a focus on current management and future perspectives // *Nutrients*. 2018. N. 10. P. 159–169. DOI: 10.3390/nu10111599.

8. Goff H. D. Ice cream and frozen desserts // *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 2000. P. 1–15. DOI: https://doi.org/10.1002/14356007.a13_563.pub2.

9. Peptides derived from lupin proteins confer potent protection against oxidative stress / Guo X et al. // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018 V. 98. N 14. P. 5225–5234. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9059>.

10. Pasta supplemented with isolated lupin protein fractions reduces body weight gain and food intake of rats and decreases plasma glucose concentration upon glucose overload trial / Capraro J. et al. // *Food & Function*. 2014. V. 5. N 2. P. 375–380. DOI: <https://doi.org/10.1039/C3FO60583C>.

11. Kavas N. Yogurt-like product from lupine (*Lupinus albus* L.) milk as an alternative to dairy products // *Foods and Raw Materials*. 2022. V. 10. N 2. P. 377–385. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-546>.

12. Awad R. A., Salama W. M., Farahat A. M. Effect of lupine as cheese base substitution on technological and nutritional properties of processed cheese analogue // *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2014. V. 13. N 1. P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.5>.

13. Akalin H., Kınık Ö., Şatır G. Manufacturing plant-based non-dairy and probiotic frozen desserts and their impact on physicochemical, sensory and functional aspects // *Journal of Food Science and Technology*. 2024. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05964-8>.

14. Asres A. M., Woldemariam H. W., Gemechu F. G. Physicochemical and sensory properties of ice cream prepared using sweet lupin and soymilk as alternatives to cow milk // *International Journal of Food Properties*. 2022. V. 25. N 1. P. 278–287. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2032733>.

15. Рыков А. И., Агафонова С. В. Оптимизация параметров биоконверсии люпинового сырья при получении белкового полуфабриката // *Инновации в индустрии питания и сервисе: электронный сборник материалов V Международной научно-практической конференции*, Краснодар, 11 ноября 2022 г. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2023. С. 197–202.

16. Разработка методик измерений для характеристики стандартных образцов углеводного состава молочных продуктов / О. С. Голынец и др. // *Эталонные Стандартные образцы*. 2022. Т. 18. № 2. С. 35–56.

17. Influence of lupin-based milk alternative heat treatment and exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria on the physical characteristics of lupin-based yogurt alternatives / Hickisch A. et al. // *Food Research International*. 2016. V. 84. P. 180–188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.037>.

References

1. Dekker P. J. T., Koenders D., Bruins M. J. Lactose-free dairy products: market developments, production, nutrition and health benefits. *Nutrients*. 2019. V. 11. N 3. P. 551. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11030551>.
2. Kabisova P. E. Perspektivy ispol'zovaniya zakvasok pryamogo vneseniya pri proizvodstve kislomolochnykh produktov [Prospects for using directly introduced starter cultures in the production of fermented milk products]. *Perspektivy proizvodstva produktov pitaniya novogo pokoleniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy pamyati professora Saprygina Georgiya Petrovicha* [Prospects for the production of new generation food products: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical conference with international participation dedicated to the memory of Professor Georgy Petrovich Saprygin, Omsk, 13–14 April 2017]. Omsk, 2017, pp. 324–326.
3. Baymagambetova A. B., Velyamov M. T. Razrabotka tekhnologii izgotovleniya kislomolochnogo produkta yogurta i izuchenie ego kachestvennykh pokazateley [Development of technology for the production of fermented milk product yogurt and the study of its quality indicators]. *Novosti nauki Kazakhstana*, 2017, vol. 4, iss. 134, pp. 111–131.
4. Ghio B. et al. Lactose-free Yogurts do not Show any Benefits for Lactose-Intolerant Subjects, Compared with Lactose-Containing Yogurts. *J. Food Nutr Disor* 8. 2019. V. 3. N 2. 4 p. DOI: 10.4172/2324-9323.1000262.
5. Storhaug C. L., Fosse S. K., Fadnes L. T. Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: A systematic review and meta-analysis. *Lancet Gastroenterology & Hepatology*. 2017. N 2. P. 738–746. DOI: 10.1016/S2468-1253(17)30154-1.
6. *Rezultaty vs Rossiyskogo issledovaniya o neperenosimosti laktozy i potreblenii molochnykh produktov v 2023 godu* [Results of an all-Russian study on lactose intolerance and consumption of dairy products in 2023], available at: <https://souzmoloko.ru/news/novosti-company-souzmoloko/issledovaniya-o-neperenosimosti-laktozy.html> (Accessed 13 August 2024).
7. Fassio F., Facioni M. S., Guagnini F. Lactose maldigestion, malabsorption and intolerance: A comprehensive review with a focus on current management and future perspectives. *Nutrients*. 2018. N. 10. P. 159–169. DOI: 10.3390/nu10111599.
8. Goff H. D. *Ice cream and frozen desserts*. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 2000. P. 1–15. DOI: https://doi.org/10.1002/14356007.a13_563.pub2.
9. Guo X et al. Peptides derived from lupin proteins confer potent protection against oxidative stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. V. 98. N 14. P. 5225–5234. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9059>.
10. Capraro J. et al. Pasta supplemented with isolated lupin protein fractions reduces body weight gain and food intake of rats and decreases plasma glucose concentration upon glucose overload trial. *Food & Function*. 2014. V. 5. N 2. P. 375–380. DOI: <https://doi.org/10.1039/C3FO60583C>.
11. Kavas N. Yogurt-like product from lupine (*Lupinus albus* L.) milk as an alternative to dairy products. *Foods and Raw Materials*. 2022. V. 10. N 2. P. 377–385. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-546>.

12. Awad R. A., Salama W. M., Farahat A. M. Effect of lupine as cheese base substitution on technological and nutritional properties of processed cheese analogue. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2014. V. 13. N 1. P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.5>.

13. Akalin H., Kınık Ö., Şatır G. Manufacturing plant-based non-dairy and probiotic frozen desserts and their impact on physicochemical, sensory and functional aspects. *Journal of Food Science and Technology*. 2024. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05964-8>.

14. Asres A. M., Woldemariam H. W., Gemechu F. G. Physicochemical and sensory properties of ice cream prepared using sweet lupin and soymilk as alternatives to cow milk. *International Journal of Food Properties*. 2022. V. 25. N 1. P. 278–287. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2032733>.

15. Rykov A. I., Agafonova S. V. Optimizatsiya parametrov biokonversii lyupinovogo syr'ya pri poluchenii belkovogo polufabrikata [Optimization of bioconversion parameters of lupine raw materials when obtaining a protein semi-finished product]. *Innovatsii v industrii pitaniya i servise: elektronnyy sbornik materialov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovations in the food industry and service: online collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference, Krasnodar, 11 November 2022]. Krasnodar, Kuban State Technological University, 2023, pp. 197–202.

16. Golynets O. S. et al. Razrabotka metodik izmereniy dlya kharakterizatsii standartnykh obraztsov uglevodnogo sostava molochnykh produktov [Development of measurement procedures for the characterization of reference materials for carbohydrate composition of dairy product]. *Eталony. Standartnye obraztsy*, 2022, vol. 18, iss. 2, pp. 35–56.

17. Hickisch A. et al. Influence of lupin-based milk alternative heat treatment and exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria on the physical characteristics of lupin-based yogurt alternatives. *Food Research International*. 2016. V. 84. P. 180–188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.037>.

Информация об авторах

А. И. Рыков – аспирант кафедры пищевой биотехнологии

С. В. Агафонова – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

Information about the authors

A. I. Rykov – postgraduate student of the of the Department of Food Biotechnology

S. V. Agafonova – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

Статья поступила в редакцию 17.09.2024; одобрена после рецензирования 27.09.2024; принята к публикации 18.10.2024.

The article was submitted 17.09.2024; approved after reviewing 27.09.2024; accepted for publication 18.10.2024.