



МРНТИ 65.35.29

Научная статья

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-146-1-87-102>

Исследование возможности обогащения шоколадных и снековых изделий пробиотическими культурами

Ғ.Р. Смағұл*¹, Ю.А. Синявский², Д.Н. Туйғунов², Т.В. Савенкова³

¹Алматынський технологический университет, Алматы, Қазақстан

²Қазақская академия питания, Алматы, Қазақстан

³Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

*Автор для корреспонденции: s.galiya_22@mail.ru

Аннотация. Алиментарная профилактика метаболических нарушений путем введения в ежедневный рацион населения функциональных и специализированных продуктов питания является одним из эффективных способов решения проблемы снижения роста развития хронических неинфекционных заболеваний. В связи с этим на сегодняшний день растет осведомленность населения в области взаимосвязи между питанием и здоровьем, отражаясь в пищевом поведении жителей. В последние годы наблюдается тенденция роста в области приоритетных разработок новых функциональных и специализированных продуктов питания, обладающих направленными профилактическими свойствами.

В статье представлены сведения по обогащению шоколадных и снековых изделий пробиотическими микроорганизмами. Проанализированы показатели жизнеспособности и ферментативной активности различных ассоциаций пробиотических культур, включающих штаммы *Streptococcus lactis* SL215, *Streptococcus salivarius* sp. *thermophilus* ST14, *Lactobacillus acidophilus* LA72, *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* LB50, *Lactobacillus casei* LC005, *Lactobacillus rhamnosus* LR112, *Bifidobacterium bifidum* BB79 в различных комбинациях. В результате обогащения шоколадных изделий лиофилизированным порошком пробиотических микроорганизмов с видовым составом *Lactobacillus casei* LC005, *Lactobacillus rhamnosus* LR112 (в соотношении 1:1) было выявлено, что введение консорциума лактобактерий в состав шоколада не оказал существенного влияния на органолептические и реологические показатели продукта. Оценка физико-химических показателей готовых продуктов свидетельствует о высокой пищевой и биологической ценности шоколада.

Ключевые слова: биотехнология, шоколад, снековые продукты, пробиотические микроорганизмы, специализированные продукты, фортификация.

Введение

В настоящее время одной из острых проблем мирового здравоохранения является устойчивое формирование негативной тенденции роста развития хронических неинфекционных заболеваний ввиду резкого ухудшения показателей здоровья населения, а также иммунодефицитных состояний организма [1-3]. К этиологическим причинам данной проблемы можно отнести следующие факторы: современный ритм жизни, вредные привычки, гиподинамию, неправильное питание и т.д. Одним из путей решения проблемы сохранения здоровья населения является алиментарная профилактика хронических неинфекционных заболеваний, характеризующаяся рационализацией питания, путем введения в ежедневный рацион специализированных пищевых продуктов диетического профилактического питания [4].

Растущее осознание связи между характером питания и здоровьем находит свое отражение в современных взглядах потребителей как в Казахстане, так и во всем мире. На сегодняшний день потребители отдают предпочтение органическим продуктам питания, благотворно влияющим на состояние здоровья населения. Данные изменения предпочтений в потребительском поведении и выборе пищевой продукции способствовали формированию новой индустрии функциональных пищевых продуктов. Таким образом, указанная смена парадигмы питания населения привела к приоритетному развитию разработок новых специализированных пищевых продуктов, обладающих направленными профилактическими свойствами. Развитие современных подходов к разработке новых специализированных пищевых продуктов повышенной пищевой и биологической ценности позволит реализовать эффективную политику рационализации питания населения Казахстана [5].

Одним из основных условий выбора базового продукта для фортификации является его массовое потребление. К таким продуктам, безусловно, можно отнести кондитерские изделия, в частности, шоколад. Шоколад – это кондитерское изделие, получаемое из смеси производных какао (*Theobroma cacao* L.), молочных продуктов, сахаров или подсластителей и различных пищевых добавок. Снековые изделия представлены широким набором продуктов, предназначенных для быстрого перекуса в течение дня, к которым также можно отнести и шоколад. Данная категория продуктов имеет уникальный аромат, вкус, структуру и содержит в своем составе комплекс биологически активных веществ, в частности, витамины, макро- и микроэлементы, полифенольные соединения и др. Однако при этом в составе шоколадных изделий обнаружено большое количество сахара (45,3-48,7%), ароматизаторов, консервантов, усилителей вкуса и других пищевых добавок искусственной природы, что значительно снижает его биологическую ценность и может оказать негативное влияние на различные системы организма. В настоящее время предпринимаются многочисленные попытки модификаций рецептуры и технологии производства кондитерских изделий с целью повышения биологической ценности данной категории пищевых продуктов [6-8].

Значительный интерес представляет обогащение пищевых продуктов пробиотическими микроорганизмами, имеющими важное значение в коррекции и

нормализации микробиоты кишечника. На сегодняшний день республиканский рынок пищевых продуктов, содержащих пробиотики, ограничен кисломолочными продуктами и напитками. В связи с этим, целью настоящего исследования явилось исследование возможности обогащения шоколадных и снековых изделий ассоциацией пробиотических микроорганизмов.

Методология исследования

Материалы исследования

Материалами исследования служили образцы специализированного шоколада с добавлением кобыльего молока для диетического профилактического питания, а также пробиотические штаммы лакто- и бифидобактерий производства ООО «Genesis Laboratories», София, Болгария. В целях исследования возможности обогащения шоколадных изделий были оценены показатели жизнеспособности и ферментативной активности штаммов *Streptococcus lactis* SL215, *Streptococcus salivarius* sp. *thermophilus* ST14, *Lactobacillus acidophilus* LA72, *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* LB50, *Lactobacillus casei* LC005, *Lactobacillus rhamnosus* LR112, *Bifidobacterium bifidum* BB79 в различных комбинациях.

Оценка сбраживающей способности пробиотических штаммов

В целях подбора используемых культур лакто- и бифидобактерий для обогащения шоколадных изделий была проанализирована активность пробиотических штаммов путем оценки сбраживающей способности молока исследуемыми штаммами. Метод основан на определении титруемой кислотности исследуемых образцов на различных стадиях ферментации. Для оценки жизнеспособности и ферментативной активности микроорганизмов коровье молоко сквашивалось при температуре $40\pm 2^\circ\text{C}$ и помещалось в термостат. После процесса ферментации образцы нагревали на водяной бане при температуре $23\pm 2^\circ\text{C}$. После этого анализируемые пробы тщательно перемешивали до получения однородной массы, затем гомогенизировали в течение 2 минут и проводили процедуру титрования в присутствии индикатора фенолфталеина.

Анализ физико-химических показателей шоколадных изделий

Анализ белкового состава готовых шоколадных изделий проводился в соответствии с ГОСТ 34551-2019 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка». Согласно методике, была определена массовая доля азота в анализируемой пробе и проведены расчеты с использованием коэффициентов пересчета азота на общий белок.

Анализ массовой доли жира в исследуемых продуктах проводили согласно ГОСТ 31902-2012 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира». В соответствии с указанным методом проводили экстракцию жира из образцов шоколадных изделий с использованием растворителей. После выпаривания растворителей определяли массовую долю жира в исследуемых образцах.

Массовую концентрацию углеводов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на аминопрофильной фазе [9].

Определение влаги и сухих веществ в шоколаде проводили согласно ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ». Исследуемые образцы высушивали при температуре $130\pm 2^\circ\text{C}$, после чего проводили расчеты потеряннной массы по отношению к массе анализируемой пробы до высушивания.

Массовую долю золы в шоколадных изделиях определяли в соответствии с ГОСТ 5901-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси». Согласно методике, проводили озоление исследуемых образцов шоколада при температуре 500°C - 600°C , после чего определяли массовую долю общей золы в анализируемой пробе.

Анализ аминокислотного состава шоколадных изделий

Для оценки аминокислотного состава шоколадных изделий применялся метод высокоэффективной жидкостной хроматографии. Анализ заменимых и незаменимых аминокислот проводился на жидкостном хроматографе Perkin Elmer Series 200 – HPLC. Оценку аминокислотного состава исследуемых образцов проводили по МВИ. МН 1363-2000 «Метод определения аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии». Указанная методика выполнения измерений оценки аминокислотного состава пищевых продуктов заключалась в первоначальном удалении липидов путем экстракции органических растворителей, кислотном гидролизе белков, получении ДАБС-производных аминокислот и анализе на жидкостном хроматографе. Условия анализа аминокислотного: температура – $22\pm 3^\circ\text{C}$, влажность воздуха – не более 75%, напряжение сети – $220\pm 20\text{В}$, частота переменного тока – $50\pm 1\text{Гц}$.

Оценка органолептических показателей шоколадных изделий

Исследование органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей шоколадных изделий проводили в соответствии с ГОСТ 5897-90 «Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей».

Оценка жизнеспособности пробиотических культур в составе шоколадных изделий

Идентификацию и оценку жизнеспособности пробиотических культур в составе шоколадных изделий проводили в соответствии с ГОСТ Р 56139-2014 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов». Производили высеив анализируемых продуктов, содержащих консорциум пробиотических микроорганизмов в определенных разведениях на селективных питательных средах для поверхностного культивирования. Питательная среда MRS была приготовлена в соответствии с ГОСТ ISO 7218-2011 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям». Идентификация исследуемых штаммов производилась на основании фенотипических признаков чистой культуры штамма: культуральные свойства колоний, морфология клеток,

отношение к окраске по Граму, способность к спорообразованию и т.д. Оценка жизнеспособности пробиотических штаммов в шоколадных изделиях осуществлялась путем подсчета характерных колоний на чашках Петри. Для подсчета использовались чашки, на которых выросло от 10 до 300 колоний. Подсчет производили путем умножения числа выросших колоний на чашке на соответствующее разведение.

Статистический анализ

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel, рассчитывая среднюю арифметическую параметра, среднее квадратичное отклонение и ошибку средней арифметической. Для сравнения использовали t-критерий Стьюдента, различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты

Оценка сбраживающей способности различных ассоциаций пробиотических мик-роорганизмов

С целью подбора пробиотических микроорганизмов для обогащения шоколадных и снековых изделий проводили экспериментальные исследования динамики сквашивания молока различными комбинациями лакто- и бифидобактерий, производства ООО «Genesis», Болгария. Видовой состав и температура внесения исследуемых комбинаций представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика исследуемых видов заквасок

№ п/п	Наименование закваски	Видовой состав	Температура внесения, °С
1	Комбинация лиофилизированных пробиотических культур ВУ (Консорциум №1)	<i>Bifidobacterium bifidum</i> BB79, <i>Streptococcus lactis</i> SL215, <i>Lactobacillus acidophilus</i> LA72 (в соотношении 1:1:1)	40±2
2	Комбинация лиофилизированных пробиотических культур ВА (Консорциум №2)	<i>Streptococcus salivarius</i> sp. <i>thermophilus</i> ST14, <i>Lactobacillus delbrueckii</i> sp. <i>bulgaricus</i> LB50, <i>Lactobacillus acidophilus</i> LA72 (в соотношении 1:1:1)	40±2
3	Комбинация лиофилизированных пробиотических культур СР (Консорциум №3)	<i>Lactobacillus case</i> LC005i, <i>Lactobacillus rhamnosus</i> LR112 (в соотношении 1:1)	40±2

В целях оценки сбраживающей способности выбранных консорциумов пробиотических микроорганизмов была исследована эффективность кислотообразования в процессе ферментации. Для анализа сбраживающей активности к используемым

консорциумам штаммов пробиотических микроорганизмов предъявлялись следующие исходные требования: функциональная эффективность, пробиотическое взаимодействие, высокие показатели титра, а также высокая способность к кислотообразованию. Результаты исследования эффективности кислотообразования представлены на рисунке 1.

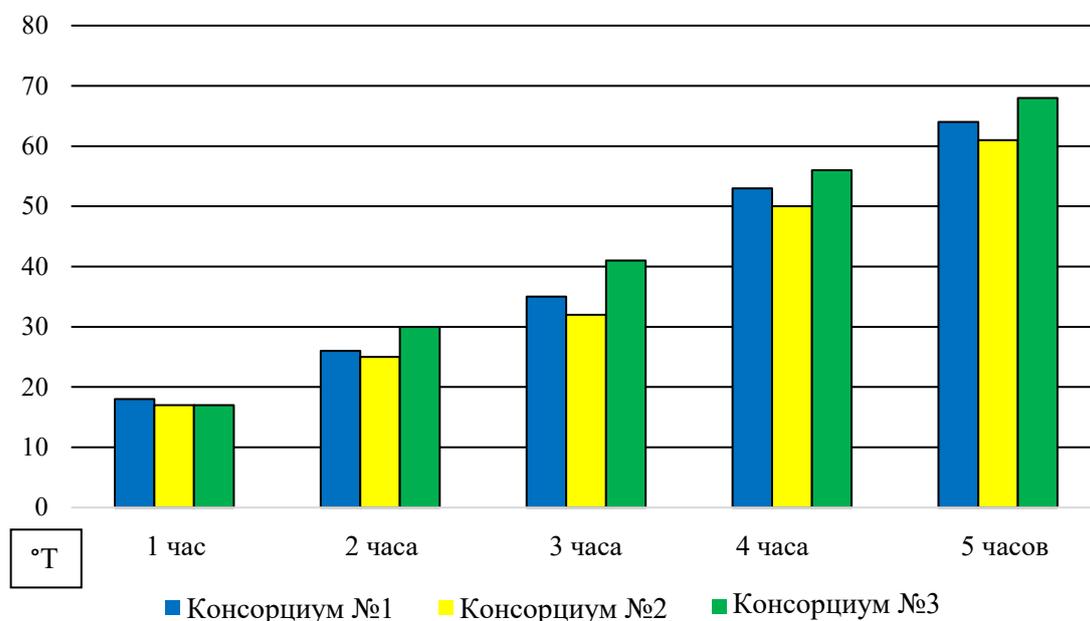


Рисунок 1. Титруемая кислотность образцов в процессе ферментации

По результатам сравнительного анализа динамики сквашивания молока различными ассоциациями пробиотических микроорганизмов было выявлено, что наилучшей сбраживающей способностью обладает комбинация лиофилизированных пробиотических культур CR (Консорциум №3) с видовым составом *Lactobacillus casei* LC005 и *Lactobacillus rhamnosus* LR112 (в соотношении 1:1). Данный консорциум лактобактерий был выбран в качестве функционального ингредиента для обогащения шоколадных изделий с пробиотическими микроорганизмами.

Исследование оптимальной дозировки вносимых пробиотических микроорганизмов в состав шоколадных изделий

Для определения оптимальной дозы вносимого функционального компонента, содержащего консорциум пробиотических микроорганизмов, было исследовано влияние пробиотиков на органолептические и реологические свойства молочного шоколада. Опытными образцами служили шоколадные изделия с добавлением кобыльего молока и лиофилизированных пробиотических микроорганизмов (ЛППМ) в различных концентрациях. В качестве контрольного образца был взят молочный шоколад с добавлением коровьего молока, без пробиотиков. Результаты исследования органолептических свойств приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние пробиотических микроорганизмов на реологические и органолептические свойства шоколадных изделий

№ п/п	Наименование образцов	Внешний вид	Вкус и аромат	Структура	Форма	Текстура
1	Контроль	Лицевая поверхность волнистая с характерным рисунком	Сладкий с привкусом молока, без горечи	Однородная	Соответствующая рецептуре, без деформаций	Твердая
2	ЛППМ 1%	Лицевая поверхность волнистая с характерным рисунком	Сладкий с привкусом молока, без горечи	Однородная, с единичными вкраплениями ЛППМ	Соответствующая рецептуре, без деформаций	Твердая
3	ЛППМ 2%	Лицевая поверхность волнистая с характерным рисунком	Сладкий с привкусом молока, без горечи	Однородная, с единичными вкраплениями ЛППМ	Соответствующая рецептуре, без деформаций	Твердая
4	ЛППМ 5%	Лицевая поверхность волнистая с характерным рисунком	Сладкий с привкусом молока, без горечи	Наблюдается рыхлость в структуре, обусловленная добавлением ЛПМ	Имеются незначительные деформации формы шоколада, обусловленные добавлением ЛПМ	Твердая

Сравнительная оценка органолептических показателей контрольных и опытных образцов шоколадных изделий по десятибалльной шкале приведена на рисунке 2.

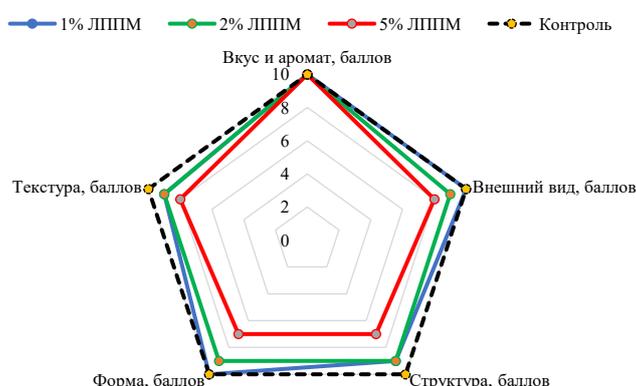


Рисунок 2. Профилограмма сравнительной оценки органолептических показателей опытных и контрольных образцов шоколадных изделий

В результате оценки сенсорных характеристик шоколадных изделий с целью исследования оптимальной дозы вносимого функционального компонента было выявлено, что добавление консорциума лиофилизированных порошков пробиотических микроорганизмов, в концентрации 1% и 2%, в состав шоколадных снековых изделий не оказал существенных различий в сравнении с контрольными образцами. С увеличением дозы вносимого ЛППМ до концентрации 5% в составе шоколада установлены значительные изменения органолептических характеристик исследуемых продуктов, в частности, наблюдалось образование некоторой рыхлости в структуре, а также незначительная деформация формы шоколадных изделий и снеков, обусловленные добавлением лиофилизированного порошка пробиотических микроорганизмов. Наиболее гармоничными являются сенсорные характеристики образцов шоколада с добавлением ЛППМ в концентрации 2%. На основании результатов проведенной органолептической оценки оптимальной дозой вносимого функционального компонента установлено 2 г лиофилизированного порошка пробиотических микроорганизмов на 100 г готового шоколада. На рисунке 3 приведен внешний вид обогащенных пробиотическими микроорганизмами опытного образца шоколада.



Рисунок 3. Внешний вид разработанного шоколада, обогащенного консорциумом пробиотических микроорганизмов

Оценка физико-химических показателей разработанных шоколадных изделий

В рамках проведения исследования проанализированы физическо-химические показатели, а также пищевая и энергетическая ценность шоколадных изделий «ULYTAU» с добавлением кобыльего молока, обогащенных пробиотическими микроорганизмами. Результаты анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3

Анализ пищевой и энергетической ценности, а также физико-химических показателей шоколадных изделий

№ п/п	Наименование показателей	Шоколад без добавок	Шоколад, обогащенный ЛППМ
1	Белки, г	7,11±0,15	7,40±0,15
2	Жиры, г	33,89±0,27	33,84±0,27
3	Углеводы, г	53,84±2,69*	53,60±2,68*
4	Влага	3,91±0,015	3,96±0,015
5	Зола	1,25±0,0001	1,20±0,0001
6	Энергетическая ценность, ккал/кДж	549/2297	549/2297

* статистически значимое отличие ($p < 0,05$).

Известно, что лакто- и бифидобактерии также обладают способностью продуцировать незаменимые аминокислоты, тем самым повышая биологическую ценность продукта. В этой связи в шоколадных изделиях «ULYTAU», обогащенных лиофилизированным порошком пробиотических микроорганизмов, определено содержание свободных аминокислот. Аминокислотный состав шоколадных изделий представлен в таблице 4.

Таблица 4

Аминокислотный состав шоколадных изделий

№ п/п	Наименование аминокислоты	Шоколад без добавок, мг/100 г	Шоколад, обогащенный ЛППМ, мг/100 г
Незаменимые аминокислоты, мг			
1	Триптофан	2,8±0,3	3,1±0,3
2	Фенилаланин	281,3±28,1*	279,9±29,9*
3	Лизин	389,4±28,9*	399,2±39,9*
4	Изолейцин	205,3±8,5	204,3±9,4
5	Метионин	95,6±3,6	95,6±3,4*
6	Валин	294,0±11,4	299,1±13,9
7	Лейцин	659,0±45,9*	667,2±26,7
8	Треонин	255,0±10,5	279,9±11,0
Заменимые аминокислоты, мг			
9	Гистидин	197,9±8,8	197,3±8,7
10	Пролин	123,05±4,3	125,2±5,5

11	Цистеин	73,3±7,1*	74,5±6,5*
12	Глицин	184,6±12,5*	189,1±11,9*
13	Тирозин	180,4±8,0	178,8±6,9
14	Аланин	274,3±11,4	282,2±11,2
15	Глутаминовая кислота	1104,5±40,5	1181,8±38,2
16	Аргинин	403,6±25,4*	405,9±25,6*
17	Аспарагиновая кислота	974,6±25,5	1026,1±32,6
18	Серин	209,1±9,9	224,9±10,5

* статистически значимое отличие ($p < 0,05$).

Изменение аминокислотного состава шоколадных изделий обусловлено жизнедеятельностью пробиотических микроорганизмов. В процессе жизнедеятельности лактобактерий накапливаются аминокислоты лизин, валин, лейцин, треонин, пролин, глицин, аланин, глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота и серин. На основании полученных результатов аминокислотного состава шоколадных изделий был рассчитан аминокислотный скор незаменимых аминокислот исследуемых образцов. Результаты расчетов аминокислотного скор приведены в таблице 5.

Таблица 5

Аминокислотный скор незаменимых аминокислот шоколадных изделий

№ п/п	Наименование аминокислоты	Эталон ФАО мг/1 г белка	Аминокислотный скор	
			Шоколад без добавок, мг/1 г белка	Шоколад, обогащенный ЛППМ, мг/1 г белка
1	Валин	40,0	103,4	105,8
2	Изолейцин	30,0	96,3	95,8
3	Лейцин	61,0	151,9	153,8
4	Лизин	48,0	114,1	117,0
5	Метионин+цистеин	23,0	103,4	103,3
6	Треонин	25,0	143,5	157,5
7	Триптофан	6,60	5,97	6,35
8	Фенилаланин+тирозин	41,0	158,4	157,9

Полученные данные, представленные в таблице 5, свидетельствуют о том, что лимитирующей аминокислотой в образцах шоколадных изделий, обогащенных консорциумом пробиотических микроорганизмов с видовым составом *Lactobacillus casei* LC005 и *Lactobacillus rhamnosus* LR112 (в соотношении 1:1), является триптофан (содержание в 100 г – 3,1±0,3 мг, аминокислотный скор – 6,35 мг в пересчете на 1 г

белка). При этом в стандартном образце шоколада без добавок количество триптофана составило $2,8 \pm 0,3$ мг на 100 г продукта. По данным исследований аминокислотного состава образцов шоколада было выявлено, что введение в состав шоколадных изделий лиофилизированного порошка консорциума пробиотических микроорганизмов, включающих *Lactobacillus casei* LC005 и *Lactobacillus rhamnosus* LR112 (в соотношении 1:1), способствует оптимизации аминокислотного состава, приближая шоколад к эталонному белку по ФАО.

Оценка жизнеспособности пробиотических культур в шоколадных изделиях

С целью идентификации и оценки жизнеспособности пробиотических микроорганизмов в составе шоколадных изделий на седьмые сутки после введения ассоциации лактобактерий в состав шоколада было проведено микробиологическое исследование выживаемости исследуемых штаммов. Посевы образцов шоколадных изделий были выполнены на питательной среде MRS. Идентификация пробиотических микроорганизмов проводилась на основании фенотипических признаков чистой культуры штамма. Результаты микробиологических исследований приведены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты микробиологических исследований шоколадных изделий

№ п/п	Наименование образцов	<i>Lactobacillus casei</i> LC005, КОЕ г/см ³	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> LR112, КОЕ г/см ³
1	Стандартный образец	–	–
2	Шоколад, обогащенный ЛППМ	$1,6 \times 10^9$	$1,3 \times 10^9$

Результаты микробиологического исследования свидетельствуют о схожей активности пробиотических штаммов *Lactobacillus casei* LC005 и *Lactobacillus rhamnosus* LR112 в исследуемых пищевых матрицах, демонстрируя высокие показатели титра.

Обсуждение

В настоящее время существует два способа обогащения кондитерских изделий пробиотическими микроорганизмами – метод прямого внесения, характеризующийся обогащением продукта лиофилизированными порошками пробиотических микроорганизмов [10-11], также метод инкапсуляции пробиотиков с использованием различных гелей и других матриц [12-13]. Для обогащения шоколада консорциум пробиотических микроорганизмов вносился в виде лиофилизированного порошка. С целью определения вносимой дозы пробиотических культур были выработаны опытные партии шоколадных изделий с введением лиофилизированных порошков пробиотических микроорганизмов в количестве 1 г, 2 г и 5 г (ЛППМ 1%, ЛППМ 2% и ЛППМ 5%) на 100 г готового продукта.

В целях оценки сбразживающей способности была проанализирована титруемая кислотность образцов после каждого часа ферментации в течение 5 часов. После подбора пробиотических культур и оптимальных условий внесения была произведена выработка лабораторных партий шоколадных изделий, обогащенных пробиотическими микроорганизмами.

Оценка органолептических характеристик исследуемых кондитерских изделий, в частности, шоколада, позволяет определить, как выглядит продукт с точки зрения потребителя по показателям внешнего вида, вкуса и аромата, текстуры, формы, вкуса, аромата, структуры и общего восприятия. Исследование органолептических свойств шоколадных изделий проводилось методом визуального и дегустационного анализа, основанного на десятибалльной оценке каждого показателя сенсорных характеристик.

Оценка физико-химических свойств шоколадных изделий показала, что добавление в состав шоколадных изделий консорциума лиофилизированных пробиотических микроорганизмов способствовало повышению уровня белков в исследуемых образцах на 4,44%. По другим показателям пищевой и энергетической ценности, введение в состав шоколадных изделий лиофилизированных пробиотических микроорганизмов не оказало значительных изменений свойств продукта.

Следует отметить, что немаловажной составляющей при разработке функциональных пищевых продуктов, обогащенных пробиотическими микроорганизмами, является активность исходного инокулята, зависящая от температуры и времени хранения, рН, взаимодействия с другими компонентами и др. Указанные факторы оказывают значительное влияние на выживаемость пробиотических микроорганизмов в составе продуктов-носителей. Сохранение активности и жизнеспособности вносимых пробиотических культур в течение длительного периода времени является важным критерием при разработке функциональных и специализированных продуктов диетического профилактического питания.

Полученные результаты свидетельствуют о высоких перспективах расширения ассортимента ряда пробиотических продуктов питания с направленными профилактическими свойствами.

Выводы

Таким образом, по результатам проведенных физико-химических, технологических и микробиологических исследований можно сделать вывод, что шоколадные изделия могут служить подходящими носителями пробиотических культур, сохраняя жизнеспособность и активность штаммов молочнокислых и бифидобактерий. Шоколадные изделия, обогащенные ассоциацией пробиотических микроорганизмов, обладают выраженными противомикробными, иммуномодулирующими, микробиоценоз нормализующими и антитоксическими свойствами.

Представленные данные имеют важное значение в разработке функциональных и специализированных продуктов питания диетического и профилактического питания для расширения ассортимента ряда республиканского рынка данной категории продукции.

Вклад авторов

Смағұл Ғ.Р. – определение дизайна исследования, выполнение экспериментальной части исследования, написание текста; Синявский Ю.А. и Савенкова Т.В. – редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи для публикации; Туйгунов Д.Н. – выполнение экспериментальной части исследования, написание текста.

Список литературы

1. Bennett J.E. et al. NCD Countdown 2030: worldwide trends in non-communicable disease mortality and progress towards Sustainable Development Goal target 3.4 // *The Lancet*. – 2018. – Т. 392. – №. 10152. – P. 1072-1088. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31992-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31992-5).
2. Nugent R. et al. Investing in non-communicable disease prevention and management to advance the Sustainable Development Goals // *The Lancet*. – 2018. – Т. 391. – №. 10134. – P. 2029-2035. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30667-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30667-6).
3. Nithya A., Misra S., Panigrahi Ch., et al. Probiotic potential of fermented foods and their role in non-communicable diseases management: An understanding through recent clinical evidences // *Food Chemistry Advances*. – 2023. – Vol. 3. – P. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100381>.
4. Di Daniele N. The role of preventive nutrition in chronic non-communicable diseases // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 5. – P. 1074-1076. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11051074>.
5. Medina-Mendoza M., Castro-Alayo E.M., Balcazar C.R., et al. Conching process time, sauco by-product concentration, and sacha inchi oil levels identification for the enrichment of dark chocolate // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9. – P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19886>.
6. Samanta S., Sarkar T., Chakraborty R., et al. Dark chocolate: An overview of its biological activity, processing, and fortification approaches // *Current Research in Food Science*. – 2022. – Vol. 5. – P. 1916-1943 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.10.017>.
7. Kheto A., Bhati A., Kaur S., Kumar Y., Sehrawat R. Utilization of Inulin as a Functional Ingredient in Food: Processing, Physicochemical Characteristics, Food Applications, and Future Research Directions // *Food Chemistry Advances*. – 2023. – Vol. 9. – P. 100443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100443>.
8. Medina-Mendoza M. et al. Conching process time, sauco by-product concentration, and sacha inchi oil levels identification for the enrichment of dark chocolate // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9. – P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19886>.
9. Соколов М.И., Верзилина Н.Д., Рудаков О.Б., соавт. Экспресс анализ сахаров методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // *Пищевая промышленность*. – 2004. – №8. – С. 94-95.
10. Manoj P.M., Mohan J.R., Khasherao B.Y., et al. Fruit based probiotic functional beverages: A review // *Journal of Agriculture and Food Research*. – 2023. – Vol. 14. – P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100729>.
11. Do Nascimento R.R., Pimentel T.C., Garcia S., Prudencio S.H. Acacia gum candy with *Limosilactobacillus reuteri* and lemongrass essential oil: Effect of storage time on physicochemical characteristics and probiotic survival // *Food Bioscience*. – 2023. – Vol. 56. – P. 103128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103128>.
12. Kistaubayeva A., Abdulzhanova M., Zhantlessova S., Savitskaya I., Karpenyuk T., Goncharova A., Sinyavskiy Yu. The Effect of Encapsulating a Prebiotic-Based Biopolymer Delivery System for Enhanced Probiotic Survival // *Polymers*. – 2023. – Vol. 15(7). – P. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15071752>.

13. Pandey P., Mettu S., Mishra H.N., Ashokkumar M., Martin G. Multilayer co-encapsulation of probiotics and γ -amino butyric acid (GABA) using ultrasound for functional food applications // LWT. – 2021. – Vol. 146. – P. 111432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111432>.

Ғ.Р. Смағұл¹, Ю.А. Синявский², Д.Н. Туйгунов², Т.В. Савенкова³

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

²Қазақ тағамтану академиясы, Алматы, Қазақстан

³Г.В. Плеханов атындағы Ресей экономикалық университеті, Мәскеу, Ресей

Шоколад және снэк өнімдерін пробиотикалық дақылдармен байыту мүмкіндігін зерттеу

Аңдатпа. Халықтың күнделікті рационына функционалды және мамандандырылған тағамдарды енгізу арқылы зат алмасу бұзылыстарының тағамдық профилактикасы көптеген жұқпалы емес аурулардың дамуын төмендетуді шешудің тиімді жолдарының бірі болып табылады. Осыған байланысты, бүгінгі таңда тұрғындардың тамақтану мен денсаулығын сақтау арасындағы байланыс хабардарлығы артып келеді, бұл тұрғындардың тамақтану тәртібінен көрінеді.

Мақалада шоколад өнімдерін пробиотикалық микроорганизмдермен байыту мүмкіндігі туралы ақпарат берілген. Пробиотикалық дақылдардың әртүрлі бірлестіктерінің, соның ішінде әртүрлі комбинациялардағы *Streptococcus lactis* SL215, *Streptococcus salivarius* sp. *thermophilus* ST14, *Lactobacillus acidophilus* LA72, *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* LB50, *Lactobacillus casei* LC005, *Lactobacillus rhamnosus* LR112, *Bifidobacterium bifidum* BB79 штамдарының өміршеңдігі мен ферментативті белсенділігінің көрсеткіштері зерттелді. Шоколад өнімдерін *Lactobacillus casei* LC005, *Lactobacillus rhamnosus* LR112 (1:1 қатынасында) пробиотикалық микроорганизмдердің лиофилденген ұнтағымен байыту нәтижесінде өнімдердің органолептикалық және реологиялық қасиеттері жағынан айтарлықтай айырмашылықтар болмағаны анықталды. Дайын өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштерін бағалау шоколадтың жоғары тағамдық және биологиялық құндылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: биотехнология, шоколад, пробиотикалық микроорганизмдер, мамандандырылған өнімдер, фортификация.

G.R. Smagul¹, Yu.A. Sinyavskiy², D.N. Tuigunov², T.V. Savenkova³

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh Academy of Nutrition, Almaty, Kazakhstan

³Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Study of the possibility of fortification chocolate and snack products with probiotic cultures

Abstract. Nutritional prevention of metabolic disorders, by introducing functional and specialized foods into the daily diet of the population, is one of the effective ways to solve the problem of reducing the growth of chronic non-communicable diseases. In this regard, today the awareness of the population in the field of the relationship between nutrition and health is growing, reflected in the eating behavior of the inhabitants.

The article presents information on the enrichment of chocolate products with probiotic microorganisms. The indicators of viability and enzyme activity of various associations of probiotic

cultures, including strains of *Streptococcus lactis* SL215, *Streptococcus salivarius* sp. *thermophilus* ST14, *Lactobacillus acidophilus* LA72, *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* LB50, *Lactobacillus casei* LC005, *Lactobacillus rhamnosus* LR112, *Bifidobacterium bifidum* BB79 in various combinations, were analyzed. As a result of the fortification of chocolate products with lyophilized powder of probiotic microorganisms with the species composition of *Lactobacillus casei* LC005, *Lactobacillus rhamnosus* LR112 (at a ratio of 1: 1), it was found that the introduction of lactic acid bacteria did not have significant differences in the organoleptic and rheological parameters of the product. The evaluation of the physico-chemical parameters of finished products indicates a high nutritional and biological value of chocolate.

Keywords: biotechnology, chocolate, probiotic microorganisms, specialized products, fortification.

References

1. Bennett J.E. et al. NCD Countdown 2030: worldwide trends in non-communicable disease mortality and progress towards Sustainable Development Goal target 3.4, *The Lancet*, 10152(392) 1072-1088 (2018). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31992-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31992-5).
2. Nugent R. et al. Investing in non-communicable disease prevention and management to advance the Sustainable Development Goals, *The Lancet*, 10134(391), 2029-2035 (2018). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30667-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30667-6).
3. Nithya A., Misra S., Panigrahi Ch., et al. Probiotic potential of fermented foods and their role in non-communicable diseases management: An understanding through recent clinical evidences, *Food Chemistry Advances*, 3, 1-11 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100381>.
4. Di Daniele N. The role of preventive nutrition in chronic non-communicable diseases, *Nutrients*, 5, 1074-1076 (2019). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11051074>.
5. Medina-Mendoza M., Castro-Alayo E.M., Balcazar C.R., et al. Conching process time, sauco by-product concentration, and sacha inchi oil levels identification for the enrichment of dark chocolate, *Heliyon*, 9, 1-12 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19886>.
6. Samanta S., Sarkar T., Chakraborty R., et al. Dark chocolate: An overview of its biological activity, processing, and fortification approaches, *Current Research in Food Science*, 5, 1916-1943 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.10.017>.
7. Kheto A., Bhati A., Kaur S., Kumar Y., Sehrawat R. Utilization of Inulin as a Functional Ingredient in Food: Processing, Physicochemical Characteristics, Food Applications, and Future Research Directions, *Food Chemistry Advances*, 9, 100443 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100443>.
8. Medina-Mendoza M. et al. Conching process time, sauco by-product concentration, and sacha inchi oil levels identification for the enrichment of dark chocolate, *Heliyon*, 9, 1-12 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19886>.
9. Sokolov M.I., Verzilina N.D., Rudakov O.B., soavt. Jekspress analiz saharov metodom vysokoeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii, *Pishhevaja promyshlennost'* [Express analysis of sugars by high performance liquid chromatography, *Food industry*], 8, 94-95 (2004). [in Russian]
10. Manoj P.M., Mohan J.R., Khasherao B.Y., et al. Fruit based probiotic functional beverages: A review, *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 1-7 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100729>.
11. Do Nascimento R.R., Pimentel T.C., Garcia S., Prudencio S.H. Acacia gum candy with *Limosilactobacillus reuteri* and lemongrass essential oil: Effect of storage time on physicochemical characteristics and probiotic survival, *Food Bioscience*, 56, 103128 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103128>.

12. Kistaubayeva A., Abdulzhanova M., Zhantlessova S., Savitskaya I., Karpenyuk T., Goncharova A., Sinyavskiy Yu. The Effect of Encapsulating a Prebiotic-Based Biopolymer Delivery System for Enhanced Probiotic Survival, *Polymers*, 15(7), 1-15 (2023). DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15071752>.

13. Pandey P., Mettu S., Mishra H.N., Ashokkumar M., Martin G. Multilayer co-encapsulation of probiotics and γ -amino butyric acid (GABA) using ultrasound for functional food applications, *LWT*, 146, 111432 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111432>.

Сведения об авторах:

Смағұл Ғ.Ғ. – автор для корреспонденции, PhD докторант, кафедра пищевой биотехнологии, Алматинский технологический университет, улица Толе Би, 100, Алматы, Казахстан.

Синявский Ю.А. – доктор биологических наук, профессор, вице-президент, Казахская академия питания, улица Клочкова, 66, Алматы, Казахстан.

Түйгунов Д.Н. – магистр технических наук, научный сотрудник, Казахская академия питания, улица Клочкова, 66, Алматы, Казахстан.

Савенкова Т.В. – доктор технических наук, профессор, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, Москва, Россия.

Smagul G.R. – corresponding author, 3rd course PhD doctoral student of the Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Tole Bi Street, 100, Almaty, Kazakhstan.

Sinyavskiy Yu.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-President, Kazakh Academy of Nutrition, Klochkov Street, 66, Almaty, Kazakhstan.

Tuigunov D.N. – Master of technical sciences, researcher, Kazakh Academy of Nutrition, Klochkov Street, 66, Almaty, Kazakhstan.

Savenkova T.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny per. 36, Moscow, Russia.