

Применение микрокапсулированных пробиотиков в технологии мягкого сыра Фета

Олеся Сергеевна Бутримова, аспирант

E-mail: olesia89624601442@gmail.com

Роман Олегович Будкевич, канд. биол. наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Нанобиотехнология и биофизика» ЦКП

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований, связанных с применением альгинатных микрокапсул с синбиотиками при производстве мягкого сыра Фета. Основной целью исследования является улучшение функциональных свойств продукта, а также сохранение жизнеспособности и стабильности пробиотических культур в процессе производства и хранения сыра. В качестве синбиотической добавки использовалась смесь штаммов *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum* и пребиотических компонентов – олигофруктозы и инулина, которые были инкапсулированы в полимерную капсулу для увеличения эффективности действия пробиотиков в продукте функционального питания, а также для увеличения срока годности продукта. Для оценки качества готового продукта был проведен анализ физико-химических показателей, микробиологической безопасности, органолептических характеристик, жизнеспособности пробиотиков на различных этапах хранения.

Ключевые слова: сыры мягкие, пробиотики, лактобактерии, инкапсуляция, продукт функционального питания, оценка качества

Для цитирования: Бутримова, О. С. Применение микрокапсулированных пробиотиков в технологии мягкого сыра Фета / О. С. Бутримова, Р. О. Будкевич // Сыроделие и маслоделие. 2025. № 4. С. 59–63. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-4-40>

Введение

Одной из значимых проблем современного мира является неправильное, несбалансированное и нерегулярное питание [1]. Дефицит нутриентов в рационе приводит к различным нарушениям здоровья, этот фактор влияет на отношение людей к своему образу и ритму жизни, а также к пищевым привычкам [1–3]. За последние несколько лет наблюдается резкий рост интереса к здоровому образу жизни, который включает в себя не только физическую активность, но и повышенное внимание к качеству питания [3, 4]. Важной категорией функциональных продуктов являются продукты, обогащенные пробиотическими микроорганизмами, поскольку пробиотики играют ключевую роль в поддержании микробиоты кишечника и укреплении иммунной системы [5, 6].

Сыры обладают уникальными свойствами, которые делают их подходящей матрицей для инкапсуляции и доставки пробиотических культур в организм [7, 8]. В этом контексте сыр Фета представляет собой один из наиболее перспективных продуктов для обогащения пробиотиками [9]. Однако существует проблема, связанная с сохранением жизнеспособности пробиотиков на этапе производства и созревания сыра [9, 10]. Процессы сквашивания и ферментации часто

создают неблагоприятные условия для выживания пробиотических микроорганизмов, что значительно снижает их активность и функциональность в конечном продукте [11, 12].

Одним из наиболее эффективных решений этой проблемы является технология микрокапсуляции [11, 13]. Микрокапсуляция заключается в том, что пробиотические микроорганизмы «запечатываются» в защитную оболочку из биополимеров или белков. Такая защита позволяет пробиотикам выжить при воздействии агрессивных условий производства, таких как изменения температуры, кислотности и ферментативные процессы [13, 14]. Более того, микрокапсулы обеспечивают контролируемое высвобождение пробиотиков в нужном месте кишечника, что значительно повышает их эффективность и биодоступность [15, 16].

Таким образом, целью данного исследования являлось изучение возможности внедрения микрокапсулированных пробиотиков в производство мягкого сыра Фета для повышения его функциональной ценности, улучшения устойчивости пробиотических культур к условиям производства и хранения, а также сохранения их жизнеспособности до момента потребления.

Объекты и методы исследования

В эксперименте использовали рецептуру производства сыра Фета (контроль) г/кг: коровье молоко – 700 ± 1 ; овечье молоко – 300 ± 1 ; мезофильная закваска для сыра – смесь культур *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* (ФГБНУ «Экспериментальная биофабрика», Россия) – 0,02 ЕА (единиц активности); сычужный фермент – $0,3 \pm 0,001$; хлористый кальций – $0,5 \pm 0,001$; 5 % солевой раствор – 600 ± 1 ; дистиллированная вода – 20 ± 1 . При изготовлении опытного образца рецептуру сыра модернизировали путем добавления альгинатных микрокапсул с синбиотиками (смесь штаммов *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum* и пребиотических компонентов – олигофруктозы и инулина) (ООО «Инкапсула», Россия).

Процесс приготовления мягкого сыра Фета: подготовка молока (смесь коровьего и овечьего молока пастеризуют и охлаждают до $32-35\text{ }^{\circ}\text{C}$); добавление закваски и ферментов (мезофильная пробиотическая закваска и сычужный фермент); формирование сгустка; удаление сыворотки; формование и прессование; посолка сыра; хранение. Для производства сыра Фета, обогащенного микрокапсулами, во время проведения процесса формовки в сырную массу добавляли альгинатные микрокапсулы с синбиотиками.

Для оценки качества сыра Фета, обогащенного альгинатными микрокапсулами с синбиотиками, использовали следующие методы анализа.



Источник изображения: freepik.com

Физико-химические. Физико-химические показатели сыра оценивались с использованием стандартных методик. Влажность определяли методом сушки согласно ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества». Титруемую кислотность определяли титрованием раствором гидроксида натрия ($0,1\text{ моль/дм}^3$) согласно ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности». Жировую составляющую анализировали методом Гербера – разрушением белков серной кислотой с последующим центрифугированием и измерением жира в бутирометре согласно ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира». Содержание соли измеряли путем титрования хлорид-ионов согласно ГОСТ 3627-81 «Молочные продукты. Методы определения хлористого натрия». Все показатели опытного образца сравнивались с контрольным.

Микробиологические. Жизнеспособность пробиотических микроорганизмов в обогащенных микрокапсулами образцах сыра оценивалась на разных этапах хранения (6 ч, 72 ч, 1, 4, 8, 12 недель). Для высвобождения пробиотиков альгинатные капсулы разрушали с использованием 2 % раствора цитрата натрия. Пробы сыра высевались на селективный MRS-агар и инкубировались при $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 48 ч. Количество пробиотиков определяли методом подсчета колоний-образующих единиц (КОЕ/г). Стабильность пробиотиков исследовали аналогичным образом спустя 6 ч, 72 ч, 1, 4, 8 и 12 недель хранения при $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Все результаты сравнивались с контрольной группой.

Органолептические. Органолептическая оценка сыра проводилась дегустационной комиссией из 15 человек. Оценивались следующие параметры: вкус, аромат, текстура, внешний вид. Оценка каждого показателя проводилась по десятибалльной шкале.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием программы Statistica 10 и методов вариационной статистики и пакета программ Microsoft Excel.

Результаты статистической обработки в таблицах представлены в виде средней арифметической и ее ошибки среднего ($M \pm m$). Достоверность различий между показателями оценивали с использованием непарного t -критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Результаты оценки органолептических показателей модельных образцов приведены в таблице 1. Образцы имели плотную, однородную консистенцию с вкраплениями альгинатных микрокапсул с синбиотиками; характерный чистый кисломолочный привкус, свойственный сырам Фета, альгинатные микрокапсулы с синбиотиками не имели вкуса и запаха.

Согласно ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей», балльная оценка мягкого сыра включала: запах и вкус (по 20-балльной шкале), консистенцию (по 10-балльной), цвет, рисунок и внешний вид (по 5-балльной). Оценка упаковки не проводилась. Дегустационная комиссия из 15 человек оценила продукт, средние баллы приведены в таблице 2.

Результаты показали, что образец и контроль имели почти одинаковую оценку. Различия выявлены только в консистенции и внешнем виде из-за вкраплений альгинатных микрокапсул с синбиотиками, которые не повлияли на вкус, запах и цвет продукта. Результаты визуализированы на профилограмме (рис.).

На следующем этапе оценивали физико-химические показатели качества образцов: массовую долю влаги, жира и соли. Данные приведены в таблице 3.

Исследование показало, что образец мягкого сыра с альгинатными микрокапсулами с синбиотиками полностью соответствует требованиям нормативных документов и имеет незначительные отличия от контрольного варианта. Микробиологический анализ подтвердил соответствие сыра нормам ТР ТС 033/2013, что подтверждает его безопасность и качество. Результаты динамики изменения количества колониеобразующих единиц (КОЕ/г) в образцах мягкого сыра в процессе хранения представлены в таблице 4.

Таблица 1. Органолептические характеристики анализируемых образцов

Показатель	Контроль	Опытный образец
Внешний вид, цвет	Сыр без наружной корки, с ровной поверхностью. Наружный слой уплотненный. Цвет белый	Сыр без наружной корки, с ровной поверхностью. Наружный слой уплотненный. На поверхности сыра заметны вкрапления альгинатных микрокапсул с синбиотиками. Цвет белый
Рисунок	Отсутствует	Вкрапления альгинатных микрокапсул с синбиотиками
Консистенция	Плотная, однородная	Плотная. Однородная, с вкраплениями альгинатных микрокапсул с синбиотиками
Вкус и запах	Кисломолочный чистый привкус, свойственный сырам Фета	

Таблица 2. Органолептические показатели мягкого сыра, балл

Показатель	Контроль	Опытный образец
Внешний вид	4,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0
Вкус и запах	19,4 ± 0,9	19,4 ± 0,8
Консистенция	9,9 ± 0,5	9,8 ± 0,4
Цвет	4,9 ± 0,3	4,9 ± 0,3
Рисунок	4,9 ± 0,3	4,8 ± 0,2
Общая оценка	43,1 ± 2,3	42,9 ± 2,8

Таблица 3. Характеристика физико-химических показателей качества образцов, %

Показателя	Контроль	Опытный образец
Массовая доля влаги	58,4 ± 3,1	58,2 ± 3,0
Массовая доля жира	45,4 ± 2,4	45,3 ± 2,4
Массовая доля соли	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1

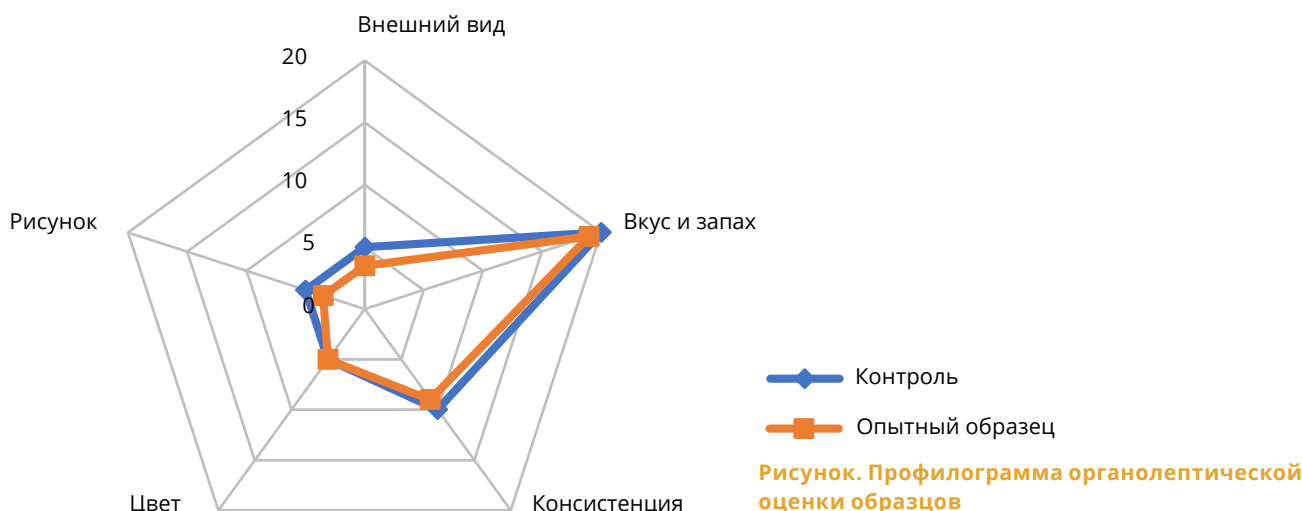


Таблица 4. Результаты количественного подсчета колоний пробиотиков, КОЕ/г, в продукте в процессе хранения

Срок хранения	6 ч	72 ч	1 неделя	4 недели	8 недель	12 недель
Контроль	$(5,4 \pm 0,24) \times 10^7$	$(5,4 \pm 0,08) \times 10^7$	$(4,4 \pm 0,16) \times 10^7$	$(1,06 \pm 0,10) \times 10^6$	$(2,139 \pm 0,21) \times 10^5$	$(4,89 \pm 0,46) \times 10^3$
Опытный образец	$(8,4 \pm 0,24) \times 10^{11}$	$(8,6 \pm 0,17) \times 10^{11}$	$(7,9 \pm 0,21) \times 10^{11}$	$(3,9 \pm 0,22) \times 10^{10}$	$(6,29 \pm 0,25) \times 10^9$	$(2,99 \pm 0,17) \times 10^9$

Примечание: в таблице представлено среднее значение каждого параметра.

По результатам микробиологических исследований, после 12 недель хранения средняя интенсивность роста микроорганизмов в альгинатных микрокапсулах с синбиотиками составила $2,99 \times 10^9$ КОЕ/г, что подтверждает их высокую жизнеспособность и микробиологическую безопасность на протяжении всего периода хранения.

Выводы

В заключение проведенного исследования можно отметить, что использование микрокапсулированных пробиотиков в рецептуре мягкого сыра

Фета представляет собой эффективное решение для повышения его функциональной ценности. Экспериментальные данные показали, что микрокапсулированные пробиотики сохраняют высокую жизнеспособность в процессе производства и хранения, не оказывая отрицательного влияния на органолептические и физико-химические свойства сыра. Внедрение данной технологии позволяет создавать продукты с улучшенными пробиотическими характеристиками, расширять ассортимент функциональных молочных продуктов и формировать положительные тенденции в рационе потребителей. ■

Поступила в редакцию: 21.07.2025
Принята в печать: 15.10.2025

Microencapsulated Probiotics in Soft Feta Cheese

Olesya S. Butrimova, Roman O. Budkevich
North-Caucasus Federal University, Stavropol

Alginate microcapsulation of synbiotics was applied to soft feta cheese to improve its functional properties by maintaining the viability of probiotic cultures during production and storage. The synbiotic additive was a mix of *Lactococcus lactis* and *Lactobacillus plantarum* with oligofructose and inulin. The method of polymer encapsulation made it possible to enhance the performance of prebiotics in functional food and extend its shelf life. The finished product was analyzed for physicochemical parameters, microbiological safety, sensory characteristics, and probiotic count at various stages of storage and production.

Keywords: soft cheese, probiotics, lactobacilli, encapsulation, functional food product, quality assessment

Список литературы

1. Бакуменко О. Е. Пищевой рацион – основа для разработки продуктов функционального питания / О. Е. Бакуменко, И. В. Шерба, Р. О. Будкевич [и др.] // Пищевая промышленность. 2021. № 3. С. 59–62. <https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-3-0031>; <https://elibrary.ru/ctdhexa>
2. Баймишева, Д. Ш. Функциональные продукты в современном рационе питания / Д. Ш. Баймишева, Е. Х. Нечаева, И. В. Сухова // Достижения науки агропромышленному комплексу: сборник научных трудов. – Усть-Кинельский: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – С. 317–320. <https://elibrary.ru/sbflyz>
3. Белякова, Т. Н. Функциональные продукты как тренд XXI века / Т. Н. Белякова, Д. С. Печуркина // Молочная промышленность. 2020. № 2. С. 46–47. <https://elibrary.ru/pazcyg>
4. Войтюк, М. М. Социально-технологические основы создания функциональных продуктов питания на основе льна масличного / М. М. Войтюк [и др.] // Техника и оборудование для села. 2015. № 12. С. 43–46. <https://elibrary.ru/vcqhcv>
5. Мазанкова, Л. Н. Пробиотики: характеристика препаратов и выбор в педиатрической практике / Л. Н. Мазанкова, Е. А. Лыкова // Детские инфекции. 2004. № 1. С. 18–23. <https://elibrary.ru/kapqzd>
6. Alawneh, J. I. Systematic review of an intervention: The use of probiotics to improve health and productivity of calves / J. I. Alawneh [et al.] // Preventive Veterinary Medicine. 2020. Vol. 183. 105147. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105147>
7. Колесникова, С. С. Мягкие и рассольные сыры / С. С. Колесникова // Молочное дело. 2006. № 10. С. 38–39.
8. Крючкова, В. В. Технология рассольного сырного продукта с растительными ингредиентами / В. В. Крючкова [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 1. С. 34–36. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-1-34-36>; <https://elibrary.ru/yuiixz>
9. Красноперова, Е. Ф. Рассмотрение технологических этапов разработки нового кисломолочного продукта с синбиотическими свойствами / Е. Ф. Красноперова, Т. Н. Дубровина // Дни науки – 2018: сборник трудов международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Сибирский университет потребительской кооперации, 2018. – С. 82–88. <https://elibrary.ru/jaqpft>
10. Старовойтова, С. А. Современные технологии доставки пробиотических микроорганизмов / С. А. Старовойтова // Технология органических веществ: материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2022. – С. 284–286. <https://elibrary.ru/bfpxsa>
11. Ананьева, Н. В. Применение иммобилизованных форм пробиотических бактерий в производстве молочных продуктов / Н. В. Ананьева [и др.] // Молочная промышленность. 2006. № 11. С. 46–47. <https://elibrary.ru/kwkzjn>
12. Снежко, А. Г. Инновационные отечественные полимерные материалы для сыроделия / А. Г. Снежко [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2015. № 6. С. 24–27. <https://elibrary.ru/uybzsb>
13. Chen, M. J. Applications of probiotic encapsulation in dairy products / M. J. Chen, K. N. Chen // Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems. Ed. by J. M. Lakkis. – Wiley-Blackwell, 2007. – P. 83–107.
14. Майоров, А. А. Способы посолки сыров / А. А. Майоров, И. М. Мироненко // Сыроделие и маслоделие. 2013. № 3. С. 22–26. <https://elibrary.ru/qcxqen>
15. Champagne, C. P. Encapsulation of probiotics / C. P. Champagne, K. Kailasapathy // Delivery and Controlled Release of Bioactives in Foods and Nutraceuticals. Ed. by N. Gardi. – Cambridge: Woodhead publishing Ltd., 2008. – P. 344–369. <https://doi.org/10.1533/9781845694210.3.344>
16. Cunningham, M. Shaping the Future of Probiotics and Prebiotics / M. Cunningham [et al.] // Trends in Microbiology. 2021. Vol. 29(8). P. 667–685. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2021.01.003>

