

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНКАПСУЛЯЦИИ БИФИДОБАКТЕРИЙ ПРОБИОТИКАМИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ НАПИТКОВ С СОКОМ

Evaluation of the efficiency of bifidobacteria encapsulation with probiotics in enriching juice drinks

Е. С. Барыкина, студент

О. П. Неверова, кандидат биологических наук, доцент

Уральский государственный аграрный университет
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация

В современном обществе забота о здоровье и ведение здорового образа жизни выходят на первый план. Это приводит к устойчивому росту спроса на специализированные и функциональные продукты питания, обогащенные полезными ингредиентами. В обширном спектре питательных веществ, жизненно важных для поддержания здоровья, пробиотики занимают особое место. Эти микроорганизмы оказывают благотворное воздействие на организм человека, открывая захватывающие перспективы для обогащения пищевых продуктов и напитков. Включение пробиотиков в рацион питания становится мощным инструментом для повышения его питательной ценности и усиления полезных свойств. Однако, чувствительность пробиотиков к окружающей среде, представляет собой серьезную проблему. Обеспечение их выживаемости и сохранение активности в процессе производства и хранения продукции является непростой задачей. В ответ на эти вызовы, ученые и технологи активно разрабатывают передовые методы инкапсуляции. Эти инновационные технологии позволяют создавать микроскопические защитную оболочку вокруг пробиотиков, оберегая их от агрессивного воздействия внешней среды. Инкапсуляция становится надежным щитом, обеспечивающим стабильность и жизнеспособность пробиотических культур, позволяя им в полной мере раскрыть свой потенциал для поддержания здоровья человека.

Ключевые слова: пробиотики, коацервация, функциональные продукты, полезные, свойства.

Summary

In modern society, taking care of health and leading a healthy lifestyle come to the fore. This leads to a steady increase in demand for specialized and functional food products enriched with healthy ingredients. Probiotics have a special place in a wide range of nutrients that are vital for maintaining health. These microorganisms have beneficial effects on the human body, opening up exciting prospects for fortification of food and beverages. The inclusion of probiotics in the diet becomes a powerful tool for increasing its nutritional value and enhancing its beneficial properties. However, the sensitivity of probiotics to the environment is a serious problem. Ensuring their survival and remaining active during the production and storage of products is not an easy task. In response to these challenges, scientists and technologists are actively developing advanced encapsulation techniques.

Keywords: probiotics, coacervation, functional products, beneficial properties.

Тенденция к здоровому образу жизни стимулирует спрос на продукты, поддерживающие хорошее самочувствие, что делает данный проект особенно актуальным. Напитки с пробиотиками набирают популярность благодаря их благотворному воздействию на организм. Проведение научных изысканий в области инкапсуляции бифидобактерий и изучения их эффек-

тивности в соковых напитках вносит вклад в развитие биотехнологий и пищевой инженерии, открывая перспективы для создания более совершенных и полезных пищевых продуктов.

Пробиотики – живые микроорганизмы, оказывающие благотворное воздействие на кишечник и, как следствие, на общее состояние здоровья, занимают стратегически важную позицию.

Включение пробиотических культур в состав пищевых матриц, включая жидкие среды, открывает перспективные горизонты для фортификации продуктов питания и повышения их терапевтической ценности.

Ключевым вызовом в данной области является лабильность пробиотиков, их повышенная чувствительность к абиотическим стрессорам в процессе технологической обработки и хранения. Факторы, такие как температура, pH, кислород и давление, могут значительно снижать титр жизнеспособных клеток и, соответственно, пробиотический потенциал продукта.

Для преодоления этого барьера активно разрабатываются и внедряются инновационные методы микрокапсулирования. Данная технология предполагает создание защитной матрицы, окружающей пробиотическую клетку, обеспечивая барьерную функцию против негативного воздействия окружающей среды. Инкапсуляция позволяет существенно повысить выживаемость и метаболическую активность пробиотиков в процессе производства, транспортировки и хранения, гарантируя доставку достаточного количества жизнеспособных микроорганизмов в кишечник для реализации их полезных эффектов.

В данной статье представлены результаты исследования, посвященного оценке эффективности инкапсуляции бифидобактерий для повышения их выживаемости и функциональности при обогащении напитков на основе фруктовых соков. В работе продемонстрированы преимущества инкапсуляции в защите бифидобактерий от неблагоприятных факторов и обеспечении достаточной концентрации живых клеток для оказания положительного воздействия на здоровье потребителя. Полученные данные могут быть использованы при разработке функциональных напитков с улучшенными пробиотическими свойствами.

Положительные свойства пробиотиков:

- Улучшение пищеварения: Пробиотики помогают поддерживать баланс микрофлоры в кишечнике, что способствует лучшему перевариванию пищи и усвоению питательных веществ. Они могут облегчить симптомы, связанные с синдромом раздраженного кишечника (СРК), такие как вздутие живота, газы и боли в животе.

- Поддержка иммунной системы: Большое количество иммунных клеток находится в кишечнике, и пробиотики могут стимулировать их активность. Это помогает организму бороться с инфекциями и укрепляет иммунитет.

- Снижение риска развития аллергии: Некоторые исследования показывают, что пробиотики могут снизить риск развития аллергических реакций, особенно у детей.

- Улучшение состояния кожи: Пробиотики могут помочь уменьшить воспаление в организме, что положительно сказывается на состоянии кожи.

- Поддержка психического здоровья: Существует связь между кишечником и мозгом, и пробиотики могут оказывать положительное влияние на психическое здоровье. Некоторые исследования показывают, что они могут помочь снизить уровень стресса, тревоги и депрессии.

- Предотвращение и лечение диареи: Пробиотики могут помочь предотвратить и лечить диарею, вызванную приемом антибиотиков или инфекциями.

- Улучшение усвоения лактозы: Некоторые пробиотики содержат фермент лактазу, который помогает расщеплять лактозу, что может быть полезно для людей с непереносимостью лактозы.

Важно отметить, что эффективность пробиотиков может зависеть от конкретного штамма бактерий и индивидуальных особенностей организма. Перед началом приема пробиотиков рекомендуется проконсультироваться с врачом.

Экспериментальная работа проводилась в лабораторных условиях кафедры биотехнологии и пищевой продукции Уральского государственного аграрного университета (УрГАУ, г. Екатеринбург).

В качестве модельного продукта был разработан напиток на основе яблочного сока, обогащенный бифидобактериями, заключенными в альгинатные микрокапсулы.

Источником бифидобактерий послужила пробиотическая закваска «Бифидо Плюс» (производитель «БакЗдрав», г. Москва), включающая шесть штаммов: *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium longum*ssp. *longum*, *Bifidobacterium longum*ssp. *infantis*, *Bifidobacterium animalis*ssp. *lactis*.

Получение капсул осуществляли следующим образом:

1. Первоначально, в дистиллированной воде, нагретой до температуры $39 \pm 1^\circ\text{C}$, проводили активацию закваски бифидобактерий путем ее растворения.

2. Одновременно с этим, готовили раствор альгината натрия. Для этого 3 грамма альгината натрия растворяли в 100 мл воды, поддерживая температуру на уровне $39 \pm 1^\circ\text{C}$ и непрерывно перемешивая смесь с использованием магнитной мешалки в течение получаса.

3. После достижения необходимой вязкости раствора альгината натрия, в него добавляли активированную водную закваску бифидобактерий в концентрации $1 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Полученную смесь тщательно перемешивали для обеспечения равномерного распределения бактерий в матрице.

4. Для формирования и стабилизации капсул, жидкую дисперсию вводили в 0,15М раствор хлорида кальция с помощью шприца, оснащенного иглой диаметром 0,7 мм. Расстояние между кончиком иглы и поверхностью раствора составляло 10 см.

5. Сформированные капсулы выдерживали в растворе хлорида кальция в течение 30 минут для завершения процесса отвердевания. Затем капсулы извлекали из раствора путем фильтрации.

Морфологию полученных капсул определяли под микроскопом Микмед-5 (АО «Ломо», Россия) при увеличении $\times 40$. Средний диаметр капсул измерили с помощью программы ImageJ.

Полученные капсулы вносили в яблочный сок (торговая марка «Сады Придонья», Россия) в количестве 10% от массы сока.

Внешний вид капсул представлен на рисунке 1. Полученные капсулы плотные, мягкие на ощупь, с гладкой поверхностью, сферической формы, со средним диаметром $(2,535 \pm 0,435) \cdot 10^{-3}$ м.

Стабильность капсул определяли в разных условиях:

- растворимость в воде: 10 г капсул помещали в 50 мл воды комнатной температуры и выдерживали в течение 1 ч при периодическом перемешивании, затем отфильтровывали не растворившиеся капсулы, обсушивали фильтровальной бумагой и взвешивали. По соотношению масс капсул до и после растворения определяли процент растворимых капсул;

- растворимость при рН, характерных для желудка (1,1–1,6), тонкого (7,8–8,2) и толстого (8,0–8,5) отделов кишечника при выдержке в буферных растворах в течение 15 и 30 мин;
- стабильность капсул в соке при хранении его при температуре $4 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 7, 14, 21 и 28 суток.

Также в процессе хранения сока контролировали количество бифидобактерий, извлеченных из капсул после их механического разрушения с последующим посевом на среду ГМК-1 согласно МУК4.2.999-00.



Рис. 1. Вид капсул на темном фоне

Каждое измерение проводили троекратно. Значения вероятности $p \leq 0,05$ приняты для указания статистической значимости. Для статистической обработки экспериментальных данных использовали однофакторный дисперсионный анализ и тест Тьюки.

Инкапсуляция пробиотических микроорганизмов – сложный процесс, эффективность которого напрямую зависит от физико-химических характеристик используемых капсул. Ключевыми факторами, определяющими выживаемость инкапсулированных бактерий, являются: природа и концентрация материала, образующего оболочку, дисперсность частиц, начальная концентрация микробных клеток, а также видовая принадлежность и штаммовые особенности бактерий [15]. Идеальная капсула должна не только надежно защищать клетки от агрессивных внешних факторов, но и обеспечивать их сохранность на протяжении всего пути через желудочно-кишечный тракт, демонстрируя устойчивость к растворению в водной среде и стабильность в составе пищевых продуктов [17].

В целях обеспечения максимальной защиты шести штаммов бифидобактерий, входящих в состав симбиотической закваски, от разрушительного воздействия желудочного сока и неблагоприятных условий в процессе хранения и применения, были разработаны капсулы на основе альгината натрия.

Эксперименты по изучению устойчивости альгинатных капсул в средах с различным уровнем рН, имитирующих условия различных отделов желудочно-кишечного тракта, выявили наиболее выраженное разрушение в кислой среде желудка. В этих условиях потери составили 47,4% от общего числа капсул уже через 30 минут. В то же время, в условиях, со-

ответствующих pH различных отделов кишечника, потери варьировались от 25,3% до 30,9%. Менее агрессивной средой для капсул оказалась выбранная пищевая система – яблочный сок, в которой разрушение капсул через 28 сут. хранения составило 8,7%.

Для обеспечения пробиотических свойств продукта, инкапсулированные пробиотические микроорганизмы демонстрируют улучшенную устойчивость в процессе пищеварения и при хранении в составе пищевого продукта.

Перспективы дальнейших исследований открываются в углубленном изучении отдельных штаммов пробиотиков. Кроме того, существует потенциал для улучшения органолептических характеристик соковой продукции путем экспериментов с различными вкусовыми и ароматическими компонентами, как в самих капсулах, так и в обогащаемом напитке.

Библиографический список

1. Ретина О. А., Перфилова О. В., Блинникова О. М. Пробиотики-физиологически функциональный пищевой ингредиент // Наука и Образование. 2023. Т. 6, № 1.
2. Власенко, В. С. Иммунология: учебное пособие / В. С. Власенко, А. В. Конев. Омск: Омский ГАУ, 2021. 123 с.
3. Закирова К. Р. Пробиотики как важный компонент современной медицины // Молодая фармация – потенциал будущего. 2023. С. 763-767.
4. Кириллов Н. А. Перспективы применения пробиотиков в лечении и профилактики инфекционных заболеваний / Н. А. Кириллов, И. С. Долгова, С. Н. Григорьев // Пищевая индустрия в современных условиях: тренды и инновации: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Орел, 19 апреля 2023 года. Том ВЫПУСК 1. Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2023. С. 266-272. EDN PCCYWQ.
5. Кайбышева В. О. Пробиотики с позиции доказательной медицины / В. О. Кайбышева, Е. Л. Никонов // Доказательная гастроэнтерология. 2019. Т. 8, № 3. С. 45-54. DOI 10.17116/dokgastro2019803145. EDN LFBVJW.