УДК 616-003.725:637.138 https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-2-2

ПРИНЦИПЫ ОБОГАЩЕНИЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НАНОЭМУЛЬСИЕЙ ВИТАМИНА А*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Андрей Владимирович Блинов, канд. техн. наук, доцент кафедры
Алексей Алексеевич Гвозденко, ассистент кафедры
Алексей Борисович Голик, ассистент кафедры
E-mail: lexgooldman@gmail.com
Максим Андреевич Колодкин, заведующий учебно-лабораторным комплексом кафедры
Дионис Демокритович Филиппов, лаборант
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Обогащение социально-значимых продуктов питания наноэмульсией витамина А является одним из решений проблемы его дефицита. Целью работы стало исследование влияния наноэмульсии витамина А на физико-химические параметры молока. В рамках работы использовалось пастеризованное молоко жирностью 3,2 %. Для синтеза наноэмульсии витамина А смешивали витамин А и Tween 80, который использовался в качестве солюбилизатора. Исследование среднего гидродинамического радиуса мицелл наноэмульсии витамина А проводили методом динамического рассеяния света. Показано, что средний гидродинамический радиус мицелл витамина А в образце составляет 62 ± 13 нм. В результате установлено, что обогащение молока наноэмульсией витамина А незначительно влияет на физико-химические свойства молока: титруемая кислотность, радиус белковой и жировой фракции, ζ-потенциал и электропроводность. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что разработанная добавка может использоваться в молочной промышленности в качестве источника витамина А.

Ключевые слова: молоко, наноэмульсия, обогащение, витамин А, физико-химические свойства

Для цитирования: Блинов, А. В. Принципы обогащения молочных продуктов наноэмульсией витамина А / А. В. Блинов, А. А. Гвозденко, А. Б. Голик [и др.] // Молочная промышленность. 2024. № 2. С. 40–42. https://www.doi.org/10.21603/1019-8946-2024-2-2

Источник изображения: Freepik.com

ВВЕДЕНИЕ

Одним из крайне необходимых для жизнедеятельности человека витаминов является витамин А. Витамин А – жирорастворимый витамин, группа химически родственных органических соединений, включающая ретинол, дегидроретинол, ретиналь, ретиноевую кислоту и несколько провитаминов каротиноидов, среди которых наиболее важным является β-каротин [1–3]. Витамин А выполняет множество биохимически важных функций в организме человека, среди которых участие в окислительно-восстановительных процессах, регулировка синтеза белков, он необходим для поддержания обмена веществ, роста новых клеток и т. д. [4–6].

Помимо этого, витамин А повышает барьерную функцию слизистых оболочек и кожи, необходимы для нормальной деятельности зрительного анализатора, участвует в синтезе зрительного пигмента сетчатки и восприятия света [7]. Витамин А поддерживает и восстанавливает иммунитет, защищает от простуд и инфекций дыхательных путей, нормализует работу пищеварительного тракта и мочеполовой системы [8, 9]. Дефицит витамина А, затраги-

*Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (проект МК-478.2022.5).

вающий в данный момент порядка 60 % населения России, приводит к никталопии, ксерофтальмии, кератомаляции и полной слепоте [10–12].

Одним из решений проблемы дефицита витамина А является обогащение социально-значимых продуктов питания наноэмульсией витамина А [13]. За счет своей высокой биологической доступности наноэмульсии используются для улучшения терапевтического эффекта малорастворимых лекарств и биологически активных веществ [14]. Высокая биологическая доступность наноэмульсий обусловлена их способностью преодолевать физические и биологические барьеры в организме [15]. Это способствует более эффективному и быстрому проникновению активных веществ в ткани и клетки организма.

Целью данной работы является исследование влияния наноэмульсии витамина А на физико-химические параметры молока.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для синтеза наноэмульсии витамина А на первом этапе смешивали витамин А и Tween 80, который использовался в качестве солюбилизатора. К полученной смеси добавляли дистиллированную воду. Полученный раствор перемешивали на диспергаторе T 25 easy clean control (IKA, Германия).

Исследование среднего гидродинамического радиуса мицелл наноэмульсии витамина А проводили методом фотонной корреляционной спектроскопии на установке «Photocor-Complex» (ООО «Антек-97», Россия). Метод фотонной корреляционной спектроскопии (ФКС) предназначен для измерения размеров нано- и субмикронных дисперсных частиц. Суть данного метода заключается в определении спектральных характеристик квазиупругого рассеянного излучаемого системой света по спектру флуктуаций интенсивности регистрируемого излучения. Хаотическое броуновское движение дисперсных частиц приводит к микроскопическим флуктуациям их локальной концентрации, что, в свою очередь, вызывает локальные флуктуации показателя преломления среды. При прохождении лазерного луча, представляющего собой плоскую, монохроматическую, линейно поляризованную волну, через такую среду, часть света будет рассеяна на этих локальных неоднородностях показателя преломления. Флуктуации интенсивности рассеянного света будут соответствовать флуктуациям локальной концентрации дисперсных частиц. В результате исследования коллоидных растворов фотонно-корреляционной спектроскопией на выходе получают информацию о распределении числа частиц по их размерам.

В рамках данной работы использовалось пастеризованное молоко жирностью 3,2 % производства АО Молочный комбинат «Ставропольский».

Радиус белковой и жировой фракций молока, ζ-потенциал и электропроводность образцов молока исследовали методом акустической и электроакустической спектроскопии на спектрометре DT 1202. Титруемую кислотность исследовали согласно ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования определяли средний гидродинамический радиус мицелл наноэмульсии витамина А и физико-химические свойства молока, обогащенного наноэмульсией витамина А. Результаты представлены на рисунке 1 и в таблице.

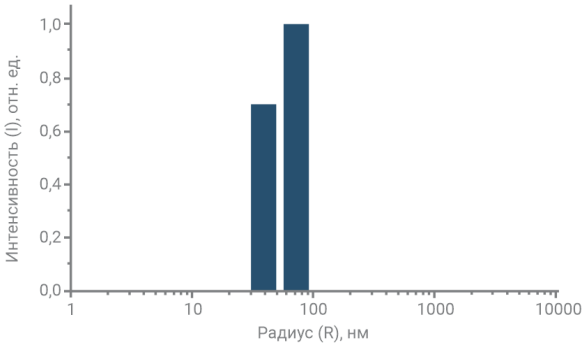

Рисунок 1 . Гистограмма распределения гидродинамического радиуса мицелл наноэмульсии витамина А

Таблица

Физико-химические свойства молока и молока, обогащенного наноэмульсией витамина А

Образец	Титруемая кислотность, °Т	Радиус частиц белковой фракции молока, нм	Радиус частиц жировой фракции молока, нм	ζ-потенциал, мВ	Электропроводность, См × м
Контроль	19,8 ± 1,0	0,335 ± 0,200	1,133 ± 0,200	– 2,02 ± 1,00	0,6016 ± 0,050
Опытный	19,5 ± 1,0	0,510 ± 0,200	1,023 ± 0,200	– 3,07 ± 1,00	0,6160 ± 0,050

Анализ рисунка 1 показал, что средний гидродинамический радиус мицелл витамина А в образце составляет 62 ± 13 нм. Схема мицеллы наноэмульсии витамина А представлена на рисунке 2. В результате исследования физико-химических свойств молока и молока, обогащённого наноэмульсией витамина А, можно сделать вывод о том, что наноэмульсия витамина А незначительно влияет на физико-химические параметры молока. Установлено, что титруемая кислотность, радиус белковой и жировой фракции, ζ-потенциал и электропроводность значительно не изменяются, изменения параметров находятся в пределе погрешности.

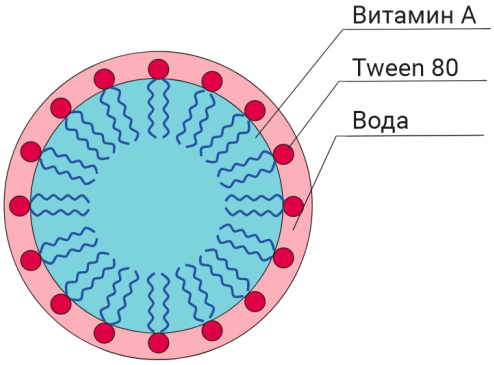

Рисунок 2. Схема мицеллы наноэмульсии витамина А

ВЫВОДЫ

В результате установлено, что обогащение молока наноэмульсией витамина А не значительно влияет на физико-химических свойства молока: титруемая кислотность, радиус белковой и жировой фракции, ζ-потенциал и электропроводность. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что разработанная добавка может использоваться в молочной промышленности в качестве источника витамина А. ■

FORTIFYING DAIRY PRODUCTS WITH VITAMIN A NANO-EMULSION

Andrey V. Blinov, Alexey A. Gvozdenko, Alexey B. Golik, Maxim A. Kolodkin, Dionis D. Filippov
North-Caucasus Federal University, Stavropol

ORIGINAL ARTICLE

Vitamin A deficiency can be compensated by fortifying socially essential foods with its nano-emulsion. This research featured the effect of vitamin A nano-emulsion on the physicochemical parameters of pasteurized milk with a fat content of 3.2 %. To synthesize the vitamin A nano-emulsion, vitamin A was mixed with Tween 80 as a solubilizer. The dynamic light scattering method showed that the average hydrodynamic radius of vitamin A micelles was 62 ±13 nm. In this study, vitamin A nano-emulsion had no significant effect on such physicochemical properties of milk as titratable acidity, radius of protein and fat fractions, and ζ-potential and electrical conductivity. The additive demonstrated good prospects as a source of vitamin A to be used in the dairy industry.

Keywords: milk, nano-emulsion, fortification, vitamin A, physicochemical properties

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шамитова, Е. Н.** Витамин А и его роль в организме человека / Е. Н. Шамитова, А. А. Серебрякова, А. А. Жукова // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 3. С. 15. https://elibrary.ru/qqyllq
2. **Polcz, M. E.** The role of vitamin A in wound healing / M. E. Polcz, A. Barbul // Nutrition in Clinical Practice. 2019. Vol. 34. №. 5. P. 695–700. https://doi.org/10.1002/ncp.10376
3. **Marcelino, G.** *β*-Carotene: preventive role for type 2 diabetes mellitus and obesity: a review / G. Marcelino [et al.] // Molecules. 2020. Vol. 25. №. 24. P. 5803. https://doi.org/10.3390%2Fmolecules25245803
4. **Zinder, R.** Vitamin A and wound healing / R. Zinder, R. Cooley, L. G. Vlad, J. A. Molnar // Nutrition in Clinical Practice. 2019. Vol. 34. №. 6. P. 839–849. https://doi.org/10.1002/ncp.10420
5. **Bastos Maia, S.** Vitamin A and pregnancy: a narrative review / S. Bastos Maia [et al.] // Nutrients. 2019. Vol. 11. №. 3. P. 681. https://doi.org/10.3390%2Fnu11030681
6. **Meléndez-Martínez, A. J.** An overview of carotenoids, apocarotenoids, and vitamin A in agro-food, nutrition, health, and disease / A. J. Meléndez-Martínez // Molecular nutrition & food research. 2019. Vol. 63. №. 15. P. 1801045. https://doi.org/10.1002/mnfr.201801045
7. **Cantorna, M. T.** Vitamin A and vitamin D regulate the microbial complexity, barrier function, and the mucosal immune responses to ensure intestinal homeostasis / M. T. Cantorna, L. Snyder, J. Arora // Critical reviews in biochemistry and molecular biology. 2019. Vol. 54. №. 2. P. 184–192. https://doi.org/10.1080/10409238.2019.1611734
8. **Carazo, A.** Vitamin A update: forms, sources, kinetics, detection, function, deficiency, therapeutic use and toxicity / A. Carazo [et al.] // Nutrients. 2021. Vol. 13. №. 5. P. 1703. https://doi.org/10.3390%2Fnu13051703
9. **He, C.** Vitamin A inhibits the action of LPS on the intestinal epithelial barrier function and tight junction proteins / C. He [et al.] // Food & function. 2019. Vol. 10. №. 2. P. 1235–1242. https://doi.org/10.1039/c8fo01123k
10. **Кинаш, М. И.** Жирорастворимые витамины и иммунодефицитные состояния: механизмы влияния и возможности использования / М. И. Кинаш, О. Р. Боярчук // Вопросы питания. 2020. Т. 89. №. 3. С. 22–32. https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10026; https://elibrary.ru/jzzzcv
11. **Шамитова, Е. Н.** Изучение влияния дефицита витамина А на физиологическое состояние легких / Е. Н. Шамитова, Н. Н. Викторович // Современные проблемы науки и образования. 2019. №. 4. С. 142–142. https://elibrary.ru/wpemhs
12. **Ших, Е. В.** Эссенциальная триада витаминов – А, С и D – для детей первого года жизни / Е. В. Ших, А. А. Махова, Е. И. Алексеева // Вопросы современной педиатрии. 2019. Т. 18. №. 3. С. 152–159. https://doi.org/10.15690/vsp.v18i3.2031
13. **Kim, T. I.** Preparation of nanoemulsions of Vitamin A and C by microfluidization: Efficacy on the expression pattern of milk-specific proteins in MAC-T cells / T. I. Kim [et al.] // Molecules. 2019. Т. 24. №. 14. С. 2566. https://doi.org/10.3390%2Fmolecules24142566
14. **Moghassemi, S.** Nanoemulsion applications in photodynamic therapy / S. Moghassemi, A. Dadashzadeh, R. B. Azevedo, C. A. Amorim // Journal of Controlled Release. 2022. Vol. 351. P. 164–173. https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2022.09.035
15. **Naseema, A.** A critical review of synthesis procedures, applications and future potential of nanoemulsions / A. Naseema [et al.] // Advances in Colloid and Interface Science. 2021. Vol. 287. P. 102318. https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102318