

Перспективы использования растительных лецитинов с целью получения препаратов на липосомальной основе

© Спесивцева Ольга Станиславовна, Юдина⁺ Алеся Николаевна,
Красноштанова* Алла Альбертовна

Кафедра биотехнологии. Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева.
Миусская пл., 9. г. Москва, 125047. Россия. Тел.: +7 (495) 495-23-79. E-mail: a.n.yudina@yandex.ru

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: липосомы, инъекционный метод, стабилизация липосомом, желудочно-кишечный тракт, соевый лецитин, подсолнечный лецитин.

Аннотация

В работе проведено сравнение соевого и подсолнечного лецитинов как материалов для изготовления липосом для пероральной доставки биологически активных веществ. С точки зрения технологических свойств данный тип лецитинов обладает функциональными преимуществами по сравнению животными аналогами. В качестве метода получения везикул был выбран способ этанольной инъекции, в рамках которого была подобрана оптимальная концентрация фосфолипидов, обеспечивающая размер липосом 5-6 мкм и высокое абсолютное значение ζ -потенциала (42-44 мВ) для коллоидной стабильности системы. Однако исследования в модельных средах ЖКТ показали критическую нестабильность полученных липосом обоих типов, проявляющуюся в агрегации и снижении поверхностного заряда под действием условий агрессивных сред желудка и кишечного тракта. Полученные данные свидетельствуют о необходимости модификации поверхности липосом с целью повышения их устойчивости. Установлено, что соевый лецитин эффективен в качестве носителя для липосом при инкапсуляции катионов металлов (Fe^{3+} , Zn^{2+} , Co^{2+}) благодаря высокой ионосвязывающей способности, тогда как для витаминов (B_2 , B_{12} , C) и полиненасыщенных жирных кислот выбор оптимального носителя зависит от химической природы нутриентов и механизма включения в липидный бислой. Эффективность загрузки катионов металлов в липосомы на основе подсолнечного лецитина лимитирована быстрым насыщением доступных центров связывания в мембране. Данное ограничение проявляется в виде резкого падения степени инкапсуляции при переходе к высоким концентрациям ионов. Полученные результаты доказывают необходимость индивидуального подхода при выборе носителя для липосом, нагруженных биоактивными веществами разного типа.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Спесивцева О.С., Юдина А.Н., Красноштанова А.А. Перспективы использования растительных лецитинов с целью получения препаратов на липосомальной основе. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.85. №2. С.87-96. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-87

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Спесивцева О.С., Юдина А.Н., Красноштанова А.А. Перспективы использования растительных лецитинов с целью получения препаратов на липосомальной основе. *Бутлеровские сообщения С*. 2026. Т.12. №1. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-87/ROI-jbc-RC/26-12-1-11

The output for citing the English online version of the article:

Olga S. Spesivtseva, Alesya N. Yudina, Alla A. Krasnoshtanova. Prospects for the use of plant lecithins to produce liposomal drugs. *Butlerov Communications C*. 2026. Vol.12. No.1. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-87/ROI-jbc-C/26-12-1-11

Литература

- [1] D. Guimarães, A. Cavaco-Paulo, E. Nogueira. Design of liposomes as drug delivery system for therapeutic applications. *International Journal of Pharmaceutics*. 2021. Vol.601. P.120571. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2021.120571
- [2] L. Sercombe, T. Veerati, F. Moheimani, S.Y. Wu, A.K. Sood, S. Hua. Advances and challenges of liposome assisted drug delivery. *Frontiers in Pharmacology*. 2015. Vol.6. P.286. DOI: 10.3389/fphar.2015.00286

- [3] S. Shah, V. Dhawan, R. Holm, M.S. Nagarsenker, Y. Perrie. Liposomes: Advancements and innovation in the manufacturing process. *Advanced Drug Delivery Reviews*. **2020**. Vol.154-155. P.102-122. DOI: 10.1016/j.addr.2020.07.002
- [4] J.O. Eloy, R. Petrilli, L.N.F. Trevizan, M. Chorilli. Immunoliposomes: a review on functionalization strategies and targets for drug delivery, colloids and surfaces. *B. Biointer*. **2017**. Vol.159. P.454-467.
- [5] F. Zhao, R. Li, Y. Liu, H. Chen. Perspectives on lecithin from egg yolk: Extraction, physicochemical properties, modification, and applications. *Front Nutr*. **2023**. Vol.6 No.9. P.1082671. DOI: 10.3389/fnut.2022.1082671.
- [6] O.K. Topuz, T. Aygün, A.C. Alp, H.A. Yatmaz, M. Torun, P. Yerlikaya. Characterization and emulsifying properties of aquatic lecithins isolated from processing discard of rainbow trout fish and its eggs. *Food Chemistry*. **2021**. Vol.339. P.128103. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128103
- [7] N.T.T. Le, V.D. Cao, T.N.Q. Nguyen, T.T.H. Le, T.T. Tran, T.T. Hoang Thi. Soy lecithin-derived liposomal delivery systems: surface modification and current applications. *Int. J. Mol. Sci*. **2019**. Vol.20. No.19. P.4706. DOI: 10.3390/ijms20194706.
- [8] X.Z. Li, B.K. Park, B.C. Hong, J.S. Ahn, J.S. Shin. Effect of soy lecithin on total cholesterol content, fatty acid composition and carcass characteristics in the Longissimus dorsi of Hanwoo steers (Korean native cattle). *Animal Science Journal = Nihon Chikusan Gakkaiho*. **2017**. Vol.88. No.6. P.847-853. DOI: 10.1111/asj.12660
- [9] M. Asprea, F. Tatini, V. Piazzini, F. Rossi, M.C. Bergonzi, A.R. Bilia. Stable, monodisperse, and highly cell-permeating nanocochleates from natural soy lecithin liposomes. *Pharmaceutics*. **2019**. Vol.11. No.1. P.34. DOI: 10.3390/pharmaceutics11010034
- [10] M.M.S. Ibrahim, A. Elkhedir, M.A.S. Shakak, A.A. Alagib. Characterization and application of lecithin powders from sunflower and peanut to enhance oil stability in peanut butter. *Food Chem X*. **2025**. Vol.31. P.103176. DOI: 10.1016/j.fochx.2025.103176.
- [11] E. Amalia, I. Sopyan, N.A. Putriana, S. Sriwidodo. Preparation and molecular interaction of organic solvent-free piperine pro-liposome from soy lecithin. *Heliyon*. **2023**. Vol.9. No.6. P.e16674. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16674
- [12] A. Eri, R. Iswandana, T. Soraya. Pro-liposome as an approach for piperine delivery: preparation and characterization. *J. Appl. Pharm. Sci*. **2023**. Vol.13. No.5. P.107-114. DOI:10.7324/JAPS.2023.107989
- [13] J. Stetefeld, S.A. McKenna, T.R. Patel. Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences. *Biophysical Reviews*. **2016**. Vol.8. No.4. P.409-427. DOI: 10.1007/s12551-016-0218-6.
- [14] *ГОСТ ISO 3960-2020*. Жиры и масла животные и растительные. Определение перекисного числа. Йодометрическое (визуальное) определение по конечной точке. [ISO 3960-2020. Animal and vegetable fats and oils. Determination of peroxide value. Iodometric (visual) endpoint determination. (Russian)]
- [15] Брайкова А.М. Фотометрическое определение железа в белом вине. *Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VI Международной научно-практической конференции*. **2012**. Т.1. С.354-356. [A.M. Braikova. Photometric determination of iron in white wine. *Economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovation, sustainability: proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference*. **2012**. Vol.1. P. 354-356. (Russian)]
- [16] ПНД Ф 14.1:2.44-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов кобальта в природных и сточных водах фотометрическим методом с нитрозо-R-солью. [State Standard 14.1:2.44-96. Method for determination of cobalt ion mass concentration in natural and waste waters using nitroso-R-salt photometry. (Russian)]
- [17] Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. Пер. с англ. *Москва: Мир*. **1986**. 422с. [G. Britton. Biochemistry of natural pigments. Translated from English. *Moscow: Mir*. **1986**. 422p. (Russian)]
- [18] Ахмедова Р.И. Спектрофотометрическое определение аскорбиновой кислоты в лекарственных формах. *Universum: химия и биология*. **2016**. Т.12. №30. С.29-31. [R.I. Akhmedova. Spectrophotometric determination of ascorbic acid in dosage forms. *Universum: Chemistry and Biology*. **2016**. Vol.12. No.30. P.29-31. (Russian)]
- [19] *ГОСТ 18663-78*. Витамин В₁₂ кормовой. Технические условия. [State Standard 18663-78. Vitamin B12 feed grade. Specifications. (Russian)]
- [20] *ОФС 1.2.2.2.0010*. Общая фармакопейная статья. Цинк. [Russian Pharmacopoeia 14th Ed., General Monograph 1.2.2.2.0010.15 "Zinc". (Russian)]
- [21] M. Minekus, M. Alminger, P. Alvito, et al. A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food-an international consensus. *Food & Function*. **2014**. Vol.5. No.6. P.1113-1124. DOI: 10.1039/c3fo60702j.
- [22] *ГОСТ 54330-2011*. Национальный стандарт Российской Федерации. Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения протеолитической активности. *Москва: Стандартинформ*. **2013**. [GOST 54330-2011. Interstate standard. Enzyme preparations for food industry. Methods for determination of proteolytic activity. *Moscow: Standartinform*. **2013**. (Russian)]

- [23] ГОСТ ISO 13082-2014. Молоко и молочная продукция. Определение активности липазы в препаратах преджелудочной липазы. Москва: Стандартинформ. 2014. [ISO 13082-2014. Milk and dairy products. Determination of lipase activity in preparations of pre-gastric lipase. Moscow: Standardinform. 2014. (Russian)]
- [24] S. Liu, Y. Wen, X. Shan, X. Ma, C. Yang, X. Cheng, Y. Zhao, J. Li, S. Mi, H. Huo, W. Li, Z. Jiang, Y. Li, J. Lin, L. Miao, X. Lu. Charge-assisted stabilization of lipid nanoparticles enables inhaled mRNA delivery for mucosal vaccination. *Nature Communications*. 2024. No.15. Vol.1. P.9471. DOI: 10.1038/s41467-024-53914-x
- [25] Ковалева Н.Ю., Раевская Е.Г., Рошин А.В. Проблемы безопасности наноматериалов: нанобезопасность, нанотоксикология, наноинформатика. *Химическая безопасность*. 2017. Т.1. №2. С.44-87. [N.Yu. Kovaleva, E.G. Raevskaya, A.V. Roshchin. Safety problems of nanomaterials: nanosafety, nanotoxicology, nanoinformatics. *Chemical Safety*. 2017. Vol.1. No.2. P.44-87. (Russian)]
- [26] S. Peng, L. Zou, W. Liu, C. Liu, D.J. McClements. Fabrication and characterization of curcumin-loaded liposomes formed from sunflower lecithin: impact of composition and environmental stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018. Vol.66. No.46. P.12421-12430. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b04136
- [27] C. Wang, Y. Zhang, Y. Dong. Lipid nanoparticle-mRNA formulations for therapeutic applications. *Accounts of Chemical Research*. 2021. Vol.54. No.23 P.4283-4293. DOI: 10.1021/acs.accounts.1c00550
- [28] H. Duan, W. Song, J. Zhao, W. Yan. Polyunsaturated fatty acids (PUFAs): sources, digestion, absorption, application and their potential adjunctive effects on visual fatigue. *Nutrients*. 2023. Vol.15 No.11. P.2633. DOI: 10.3390/nu15112633
- [29] M.S.I. Chowdhury, E.A. Kras, S.G. Turowski, J.A. Sperryak, J.R. Morrow. Liposomal MRI probes containing encapsulated or amphiphilic Fe(III) coordination complexes. *Biomaterials Science*. 2023. Vol.11. No.17. P.5942-5954. DOI: 10.1039/d3bm00029j
- [30] A.J. Guillot, E. Jornet-Mollá, N. Landsberg, C. Milián-Guimerá, M.C. Montesinos, T.M. Garrigues, A. Melero. Cyanocobalamin ultraflexible lipid vesicles: characterization and *in vitro* evaluation of drug-skin depth profiles. *Pharmaceutics*. 2021. Vol.13. No.3. P.418. DOI: 10.3390/pharmaceutics13030418
- [31] A. Apte, H. Lubree, M. Kapoor, S. Juvekar, R. Banerjee, A. Bavdekar. Development and implementation of liposomal encapsulated micronutrient fortified body oil intervention for infant massage: an innovative concept to prevent micronutrient deficiencies in children. *Frontiers in Public Health*. 2021. Vol.8. P.567689. DOI: 10.3389/fpubh.2020.567689
- [32] V. De Leo, A.M. Maurelli, L. Giotta, V. Daniello, S. Di Gioia, M. Conese, C. Ingrosso, F. Ciriaco, L. Catucci. Polymer encapsulated liposomes for oral co-delivery of curcumin and hydroxytyrosol. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol.24. No.1. P.790. DOI: 10.3390/ijms24010790
- [33] Y. Jiang, W. Li, Z. Wang, J. Lu. Lipid-based nanotechnology: liposome. *Pharmaceutics*. 2023. Vol.16. No.1. P.34. DOI: 10.3390/pharmaceutics16010034
- [34] Olga S. Spesivtseva, Alesya N. Yudina, Alla A. Krasnoshtanova. Prospects for the use of plant lecithins to produce liposomal drugs. *Butlerov Communications C*. 2026. Vol.12. No.1. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-87/ROI-jbc-C/26-12-1-11
- [35] Спесивцева О.С., Юдина А.Н., Красноштанова А.А. Перспективы использования растительных лецитинов с целью получения препаратов на липосомальной основе. *Бутлеровские сообщения С*. 2026. Т.12. №1. Id.11. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-87/ROI-jbc-RC/26-12-1-11

English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-C/26-12-1-11

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-2-87/ROI-jbc-C/26-12-1-11

Prospects for the use of plant lecithins to produce liposomal drugs

Olga S. Spesivtseva, Alesya N. Yudina,⁺ Alla A. Krasnoshtanova*

Department of Biotechnology, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Miusskaya Pl., 9, Moscow, 125047, Russia. Phone: +7 (495) 495-23-79. E-mail: a.n.yudina@yandex.ru

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: liposomes, injection method, liposome stabilization, gastrointestinal tract, soy lecithin, sunflower lecithin.

Abstract

The paper describes a comparison of soy and sunflower lecithins as materials for the manufacture of liposomes for the oral delivery of biologically active substances. In terms of technological properties, this type of lecithin has functional advantages over its animal one's. The method of ethanol injection was chosen as the method for obtaining vesicles. The optimal concentration of phospholipids was selected to provide a liposome size of 5-6 μm and a high absolute value of the ζ potential ($|42-44| \text{ mV}$) as a parameters of colloidal stability of the system. However, the liposomes formed of both types of lecithin were critically instable in model of gastrointestinal tract media. The results show aggregation and decrease in surface charge of liposomes, which could be induced with aggressive environments of the stomach and intestinal tract. The data shows the need to modify the surface of liposomes in order to increase their stability. It has been established that soy lecithin is effective as a carrier for liposomes loaded with metal cations (Fe^{3+} , Zn^{2+} , Co^{2+}) due to its high ion-binding ability. Whereas the choice of the optimal carrier to encapsulate vitamins (B_2 , B_{12} , C) and polyunsaturated fatty acids depends on the chemical nature of the nutrients and the mechanism of incorporation into the lipid bilayer. The efficiency of loading metal cations into liposomes based on sunflower lecithin is limited by the rapid saturation of available binding sites in the membrane. This limitation manifests in sharp drop of the degree of encapsulation during the transition to high ion concentrations. The results obtained prove the need for an individual approach when choosing a carrier for liposomes loaded with bioactive substances of various types.