

УДК 66.0 66.09

Орозбаева Жылдызкан Мариповна,
кандидат биологических наук, доцент
РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКАПСУЛ
СЕЛЕНООРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

Орозбаева Жылдызкан Мариповна,
биология илиминин кандидаты, доцент
СЕЛЕНООРГАНИКАЛЫК КОШУЛМАНЫН МИКРОКАПСУЛАСЫНЫН КУРАМЫН
ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

Orozbaeva Zhyldyzkan Maripovna,
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION AND TECHNOLOGY OF MICROCAPSULES
OF ORGANOSELENIUM COMPOUNDS

*Центрально-Азиатский международный медицинский университет,
Манас, Кыргызская Республика*

*Борбор Азия эл аралык медициналык университети,
Манас, Кыргыз Республикасы*

Central Asian International Medical University, Manas, Kyrgyz Republic

Аннотация. В данной статье даны биологическая роль селена в организме и распространение в окружающей среде и основные методы микрокапсулирования, включая экструзию, сушку, эмульгирование и ионную гелефикацию, а также описано их применение в различных сферах. Указываются перспективы дальнейших исследований и развития данной технологии, которая обещает улучшить качество и эффективность лекарственных средств, косметических продуктов и пищевых добавок, что, в свою очередь, положительно скажется на здоровье населения. В статье представлены материалы и методы исследования, модельные составы микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты, приготовление моделей микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты, описание полученных микрокапсул в массе и в отдельности, описание микрокапсул после сушки, обоснование выбора оптимального модельного состава микрокапсул, состав микрокапсул, технологическая схема производства микрокапсул, по результатам исследования разработано оптимальный состав микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты и технология микрокапсул методом экстракции и предложена технологическая схема производства.

Ключевые слова: глутатионпероксидазы (GPx) и йодтирониндейодиназы, трийодтиронина (T3), тироксина (T4), микрокапсулирование, биологически активные вещества, фармацевтика, косметика, стабильность, биодоступность, технологии.

Аннотация. Бул макалада селендин организмдеги биологиялык ролу жана анын айлана-чөйрөдө таралышы, микрокапсуляциянын негизги ыкмалары, анын ичинде экструзия, кургатуу, эмульсия жана иондук гелация, ошондой эле алардын ар кандай тармактарда колдонулушу баяндалат. Бул технологияны мындан ары изилдөө жана өнүктүрүү перспективалары белгиленген, бул дары-дармектердин, косметикалык каражаттардын жана диеталык кошулмалардын сапатын жана натыйжалуулугун жогорулатуу эффективдүүлүгүн берет, бул өз кезегинде калктын саламаттыгына оң таасирин тийгизет. Макалада изилдөөнүн материалдары жана методдору, селенсурьмавиндүү кислотасынын калий тузунун микрокапсулаларынын моделдик курамы, моделдерин алуу, алынган микрокапсулалардын дүң жана жекече сүрөттөлүшү берилген, кургаткандан кийин селенсурьмавиндүү кислотасынын калий тузунун микрокапсулаларынын сүрөттөлүшү, микрокапсуланын оптималдуу моделдик курамын тандоонун негиздемеси, микрокапсуланын курамы, микрокапсулаларын алуунун технологи-

ялык схемасы, изилдөөнүн жыйынтыгы боюнча селенсурьмавиндүү кислотасынын калий тузунун микрокапсулаларынын оптималдуу курамы жана экструзия ыкмасын колдонуу менен микрокапсулалардын технологиясы иштелип чыгып, өндүрүштүн технологиялык схемасы сунушталган.

Негизги сөздөр: глутатионпероксидаза (GPx) жана йодотирониндиодиназа, трийодтиронин (T3), тироксин (T4), микрокапсуляция, биологиялык активдүү заттар, фармацевтика, косметика, туруктуулук, биожеткиликтүүлүк, технология.

Abstract. This article presents the biological role of selenium in the body and its distribution in the environment, as well as the main microencapsulation methods, including extrusion, drying, emulsification, and ion gelation, and describes their applications in various fields. Cosmetic research is currently underway to develop these technologies, which guarantee improved quality and effectiveness of medicines, foods, and dietary supplements, which, in turn, positively impacts public health. The article presents the materials and methods of research, model compositions of microcapsules of potassium salt of selenistonimonic acid, preparation of models of microcapsules of potassium salt of selenistonimonic acid, Description of microcapsules in bulk and individually, description of microcapsules after drying, rationale for choosing the correct model composition of microcapsules, composition of microcapsules, A technological scheme for the production of microcapsules was developed based on the results of the study, an optimal composition of microcapsules of potassium salt of selenite-antimonytic acid and a technology for microcapsules using the extrusion method were developed, and a technological scheme for production was proposed.

Key words: glutathione peroxidase (GPx) and iodothyronine deiodinase, triiodothyronine (T3), thyroxine (T4), microencapsulation, biologically active substances, pharmaceuticals, cosmetics, stability, bioavailability, technology.

Введение

Селен является жизненно важным микроэлементом, играющим ключевую роль в различных биологических процессах, включая антиоксидантную защиту, иммунную функцию и регуляцию синтеза гормонов щитовидной железы. В организме человека селен входит в состав селенопротеинов, таких как глутатионпероксидазы (GPx) и йодтирониндейодиназы, которые участвуют в метаболизме тиреоидных гормонов и обеспечивают защиту клеток и тканей от оксидативного стресса. Особенно важен селен для нормального функционирования щитовидной железы, которая содержит больше селена на грамм ткани, чем любой другой орган [1].

Селен необходим для регуляции синтеза тиреоидных гормонов – трийодтиронина (T3) и тироксина (T4), а также для защиты щитовидной железы от повреждений, вызванных оксидативным стрессом. Дефицит селена может привести к нарушению активности селено-протеинов, что отрицательно сказывается на функции щитовидной железы и способствует развитию таких заболеваний, как аутоиммунный

тиреоидит и болезнь Грейвса и др. [2]. С учетом глобальной распространенности дефицита селена и его ключевой роли в поддержании здоровья щитовидной железы, изучение воздействия добавок с селеном на заболевания щитовидной железы является актуальной проблемой современной клинической медицины.

Источником селена являются продукты питания, и определяемое в них количество напрямую зависит от его уровня в почве. Средний показатель содержания селена в почве равен 0,4 мг/кг [3]. Это значение не постоянно и зависит от состава почвы, уровня органических веществ и количества осадков, характерных для данной территории [4]. Вода в зависимости от месторасположения в гидросфере содержит разное количество селена. Например, морская вода содержит 4000–12000 мкг на 1 л. В быту население использует водопроводную воду, в которой уровень данного микроэлемента находится на минимальном допустимом уровне, по данным Всемирной организации здравоохранения, и равен 10 мкг/л [5, 6].

Микрокапсулирование – это современная технология, позволяющая заключать биологически активные вещества в микро-

скопические капсулы, что значительно повышает их стабильность, биодоступность и целенаправленность высвобождения. Данная технология находит обширное применение во множестве областей: фармацевтика, косметология, пищевая промышленность, агрономия.

При данном виде инкапсуляции образуются частицы с различными свойствами. Чаще всего встречаются два вида частиц: первая представляет собой моноядерные капсулы (резервуарный метод), которые имеют ядро из капсулируемого вещества, окруженного оболочкой, вторая - агрегаты, в матрицу вещества-носителя которых встроено множество частиц инкапсулируемого вещества (матричный метод).

Материал находящийся внутри капсулы называется «активным компонентом». В качестве данного компонента капсулы могут быть использованы витамины, минеральные вещества, фенольные соединения, пептиды, ненасыщенные жирные кислоты и т.д.

Чаще всего в качестве мембран для микрокапсул используются:

1. производные целлюлозы,
2. природные смолы,
3. синтетические полимеры и олигомеры,
4. парафины и стеарины [7, 8, 9, 10].

Микрокапсулирование используется во многих отраслях промышленности, до сих пор ученые продолжают изучать данную методику. Но уже сейчас мы можем точно сказать, что микрокапсулирование биологически активных веществ имеет ряд преимуществ.

1. Стабильность. Многие биологически активные вещества имеют пониженную стабильность и подвержены разрушению под воздействием ультрафиолетового излучения, в присутствии кислорода, а также при колебании температуры. Микрокапсулирование способно защитить БАВ от влияния факторов окружающей среды и продлить сроки хранения.

2. Контроль высвобождения. Микрокапсулирование позволяет регулировать скорость высвобождения БАВ.

3. Биодоступность. Некоторые биологически активные вещества имеют плохую растворимость, это затрудняет их усвоение ор-

ганизмом. Микрокапсулирование способно улучшить растворимость и вследствие чего повышается биодоступность.

4. Направленное воздействие. Микрокапсулирование позволяет создавать системы, способные доставлять биологически активные вещества непосредственно к нужным клеткам и органам, тем самым, минимизируя побочные эффекты [11, 12, 13].

5. Сохранение органолептических свойств. В пищевой промышленности микрокапсулирование позволяет сохранить вкус и запах используемых биологически активных веществ [14, 15, 16].

В данный момент ученые продолжают исследования в области методов микрокапсулирования биологически активных веществ. Наиболее распространенными и изученными методами являются:

1. Экструзия. При использовании данного метода БАВ смешиваются с полимером, после этого смесь проходит через экструдер. При охлаждении образуются микрокапсулы.

2. Сушка. Данный метод включает в себя прием распылительной сушки и лиофилизации. При применении распылительной сушки раствор БАВ распыляется и быстро высыхает, образуя микрокапсулы. Лيوфилизация позволяет сохранить активные компоненты без термического воздействия.

3. Эмульгирование. Данный метод заключается в создании эмульсии, в которой один жидкий компонент (например, масло) полностью окружен другим (например, водой), это способствует формированию капсул [16].

4. Ионная гелефикация. Данный метод заключается в использовании ионов для создания геля, в который вводятся биологически активные вещества. После формирования капсул гель твердеет, образуя микрокапсулы.

Микрокапсулирование все еще нуждается в дальнейших изучениях, но, не смотря на это, даже сейчас данный метод активно внедряют в разработки в различных отраслях промышленности.

Технология микрокапсулирования БАВ открывает новые пути в разработках высокоэффективных продуктов в различных отраслях. С каждым годом появляется множество новых исследований и разработок, которые подтверждают перспективность

микрокапсулирования. Совершенствование методов и технологий способствует разработке более безопасных и эффективных лекарственных, косметических средств и пищевых добавок, улучшая качество жизни и здоровья населения.

Актуальность исследования.

Селен является необходимым для жизни микроэлементом, который участвует во многих метаболических процессах, в формировании активных центров ферментов (например, глутатионпероксидазы и глицинредуктазы), синтезе гормонов щитовидной железы, обладает антиоксидантными, иммуномодулирующими и детоксицирующими свойствами.

Однако, неорганические формы селена, такие как селенат и селенит натрия, плохо усваиваются, кроме того, есть сведения о том, что для этих форм селена характерна повышенная токсичность, поэтому усилия ученых в современном этапе сосредоточены на решении проблемы получением лекарственных препаратов, содержащих селен в органической форме. В связи с вышеизложенным, мною было синтезировано селенорганическое вещество - калиевая соль сурьмянистовинной кислоты.

Таким образом, создание новых лекарственных препаратов селенорганического соединения является актуальной задачей технологии лекарств.

Цель исследования:

Разработка состава и технологии микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистой кислоты.

Задачи исследования:

1. Разработка состава микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты.

2. Разработка технологии микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты.

Материалы и методы исследования

Материалы исследования: калиевая соль селенистосурьмянистовинной кислоты, натрия альгинат, кальция хлорид, кальция карбонат, вода очищенная.

Методы исследования.

1. Метод экструзии для получения микрокапсул

2. Органолептические методы исследования

3. Определение фракционного состава микрокапсул

4. Определение распадаемости микрокапсул

Таблица 1. Модельные составы микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистой кислоты

[illegible]

Приготовление моделей микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты

В очищенную воду добавили натрия альгинат, перемешали, затем добавили калиевую соль селенистосурьмянистовинной кислоты и нагревали на водяной бане при 60° С при постоянном перемешивании до образо-

вания розового геля и охлаждали гель при комнатной температуре. Раствор кальция карбоната (кальция хлорида) налили в колбу с магнитом и поставили на магнитную мешалку, при работающей магнитной мешалке в раствор каплями с использованием шприца с иглой добавляли гель калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты.

Таблица 2

Описание полученных микрокапсул в массе и в отдельности

Модели	Описание массы микрокапсул	Описание отдельных микрокапсул
1 модель	Масса слипшихся микрокапсул белого цвета с розоватыми точечными вкраплениями.	Микрокапсулы сферической, овальной, цилиндрической формы слипшиеся в общую массу.
2 модель	Масса слипшихся микрокапсул однородного светло-розового цвета	Микрокапсулы сферической, овальной, цилиндрической слипшиеся в отдельные конгломераты с размером до 50,0 мм.
3 модель	Масса микрокапсул однородного светло-розового с меньшей степенью слипания.	Микрокапсулы сферической и овальной формой с «хвостиками», цилиндрической формы слипшиеся в отдельные конгломераты с размером до 30,0 мм.
4 модель	Микрокапсулы с упругой оболочкой в однородной светло-розовой массе	Отдельные микрокапсулы с упругой оболочкой сферической, цилиндрической, овальной формы размером $1,9 \pm 0,05$ мм
5 модель	Микрокапсулы с упругой оболочкой в однородной светло-розовой массе	Отдельные микрокапсулы с упругой оболочкой сферической, цилиндрической, овальной формы размером $1,8 \pm 0,05$ мм
6 модель	Микрокапсулы с упругой оболочкой в однородной светло-розовой массе	Отдельные микрокапсулы с упругой оболочкой сферической, цилиндрической, овальной формы размером $1,7 \pm 0,05$ мм
7 модель	Микрокапсулы с упругой оболочкой в однородной бледно-розовой массе	Отдельные микрокапсулы с упругой оболочкой сферической формы размером $1,6 \pm 0,05$ мм

Таблица 3

Описание микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты после сушки

Модели	Описание микрокапсул
1 модель	Высушенная масса микрокапсул сферической, овальной, цилиндрической формы, белого цвета с розоватыми вкрапинами.
2 модель	Высушенные микрокапсулы сферической, овальной, цилиндрической формы слипшиеся в отдельные конгломераты с размером до 50,0 мм.
3 модель	Высушенные микрокапсулы сферической и овальной формой с «хвостиками», цилиндрической формы слипшиеся в отдельные конгломераты с размером до 30,0 мм.
4 модель	Мелкие светло-розовые микрокапсулы сферической, цилиндрической или овальной формы размером $33 \pm 0,01$ мкм
5 модель	Мелкие светло-розовые микрокапсулы сферической или цилиндрической формы размером $29 \pm 0,01$ мкм
6 модель	Мелкие светло-розовые микрокапсулы сферической или овальной формы размером $24 \pm 0,01$ мкм
7 модель	Мелкие светло-розовые микрокапсулы сферической формы размером $20 \pm 0,01$ мкм

Обоснование выбора оптимального модельного состава микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты

Описание в массе и отдельных микрокапсул 1, 2 и 3 моделей показало, что образовались микрокапсулы сферической, овальной и цилиндрической форм светло-розового цвета, слипшиеся в конгломераты размером до 30,0-50,0 мм, что показывает применение раствора кальция карбоната не обеспечивает достаточно крепкую связь ионов кальция с альгинатом, чем объясняется слипание капсул в общую массу или в конгломераты в большей или в меньшей степени.

Описание в массе и отдельных микрокапсул 4, 5 и 6 моделей показало, что образовались микрокапсулы размером от $0,9 \pm 0,01$ мм до $0,7 \pm 0,01$ мм сферической, цилиндрической и овальной формы светло-розового цвета с упругой оболочкой в однородной светло-розовой массе.

Микрокапсулы 7 модели сферической формы размером от $0,6 \pm 0,01$ мм в бледно-розовой массе и после высушивания тоже получились самые лучшие микрокапсулы 7 модели: мелкие светло-розовые микрокапсулы сферической формы размером $20 \pm 0,01$ мкм (Таблица 1, 2, 3).

Таблица 4

Состав микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты

Ингредиенты	Количество
Состав геля калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты	
Калиевая соль селенистосурьмянистовинной кислоты	0,75
Натрия альгинат	2,0
Вода очищенная	до 100 мл
Состав раствора кальция хлорида	
Кальция хлорид	1,0
Вода очищенная	до 100 мл

Технологическая схема производства микрокапсул селенистосурьмянистовинной кислоты



Рисунок 1. Технологическая схема производства микрокапсул селенистосурьмянистовинной кислоты

Технологическая схема производства микрокапсул селенистосурьмянистовинной кислоты



Рисунок 2. Технологическая схема производства микрокапсул селенистосурьмянистовинной кислоты

Выводы

1. Разработан оптимальный состав микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты:

Состав геля		Состав раствора кальция хлорида	
Калиевая соль селенистосурьмянистовинной кислоты	0,75	Кальция хлорид	1,0
Натрия альгинат	2,0	Вода очищенная	до 100 мл
Вода очищенная	до 100 мл		

2. Разработана технология микрокапсул калиевой соли селенистосурьмянистовинной кислоты методом экстраузии и предложена технологическая схема производства.

Список литературы:

1. Valea A, Georgescu ce. Selenoproteins in human body: focus on thy- roid pathophysiology. *Hormones* (Athens) 2018;17(2):183-96. doi: 10.1007/s42000-018-0033-5
2. Santos Lr, neves c, Melo M, Soares P. Selenium and Selenoproteins in Immune Mediated Thy- roid disorders. *Diagnostics* (Basel) 2018;8(4):70. doi: 10.3390/diagnostics8040070
3. Hartikainen H. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *J Trace Elem Med Biol.*, 2005, vol. 18(4), pp. 309–318. DOI: 10.1016/j.jtemb.2005.02.009.
4. Sors T.G., Ellis D.R., Na G.N. Et al. Analysis of sulfur and selenium assimilation in *Astragalus* plants with varying capacities to accumulate selenium. *Plant J.*, 2005, vol. 42(6), pp. 785–797. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2005.02413.x.

5. Шестакова Т.П. Использование селена в медицинской практике // Русский медицинский журнал. 2017. № 22(25). С. 1654–1659.
6. Mehdi Y., Hornick J.L., Istasse L., Dufrasne I. Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions. *Molecules*, 2013, vol. 18(3), pp. 3292–3311. DOI: 10.3390/molecules18033292.
7. Nedovich V. Overview of encapsulation technologies for food applications // *Procedia Food Science*. - 2011. - No. 1. - P. 1806-1815. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265>;
8. Zuidam N.J. Review of microcapsules for use in food products or processes and methods of their production / N.J. Zuidam, E. Simoni // *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. - 2009. - P. 3-29;
9. Carneiro H.K.F. Efficiency of encapsulation and oxidative stability of microencapsulated flaxseed oil obtained by spray drying using different combinations of wall materials // *Journal of Food Engineering*. - 2013. - No. 115 (4). - P. 443451;
10. Fang Z. Encapsulation of polyphenols — a review // *Trends in Food Science and Technology*. - 2010. - No. 21 (10). - P. 510-523 Koval K.P.
11. Жариков Г.А., Марченко А.И., Крайнова О.А., Дядищева В.П., Челпых Л.В. Разработка и полевые испытания технологии биоремедиации территорий предприятий, загрязненных токсичными химическими веществами, подготовка нормативно-технической документации // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2019. №2. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-polevyie-ispytaniya-tehnologii-bioremediatsii-territoriy-predpriyatij-zagryaznennyh-toksichnymi-himicheskimi>;
12. Карпун Н.Н., Игнатова Е.А., Янушевская Э.Б., Леонов Н. Н. Эволюция химического метода защиты растений от вредных организмов в условиях влажных субтропиков России и Экобезопасность // *С.-х. биол.* 2014. №3. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-himicheskogo-metoda-zaschity-rasteniy-ot-vrednyh-organizmov-v-usloviyah-vlazhnyh-subtropikov-rossii-i-ekobezopasnost> (дата обращения: 25.12.2024);
13. Смирнова О.Д., Паламарчук К.В., Калашникова И.В., Бокарева Д.А., Влияние наночастиц и металлополимерных нанокомпозитов в среде на рост микромицетов // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2019. №Спецвыпуск 1. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nanochastits-i-metallopolimernyh-nanokompozitov-v-srede-na-rost-mikromitsetov> (дата обращения: 07.01.2025);
14. Муродова С.Г.К. Антиоксидантные свойства порошковых продуктов и их применение в пищевой промышленности // *Universum: технические науки*. 2024. №9 (126). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnye-svoystva-poroshkovyh-produktov-i-ih-primeneniye-v-pischevoy-promyshlennosti> (дата обращения: 07.01.2025);
15. Сеин О.Б., Керимов К.Б. Морфометрические показатели стенки кишечника у морских свинок, получавших микрокапсулированный пробиотик // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. №2. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfometricheskie-pokazateli-stenki-kishechnika-u-morskih-svinok-poluchavshih-mikrokapsulirovannyy-probiotik> (дата обращения: 09.12.2024);
16. Грехнёва Е.В., Белоконь В.Л., Орлова С.В. Микрокапсулирование биологически активных веществ в водонерастворимые полимеры // *Auditorium*. 2016. №2 (10). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrokapsulirovanie-biologicheskii-aktivnyh-veschestv-v-vodonerastvorimye-polimery> (дата обращения: 07.01.2025);