

Литература

1. Светуных, С.Г. Основы эконометрии комплексных переменных / С.Г. Светуных. — СПб.: СПбГУЭФ, 2008. — 108 с.
2. Светуных, С.Г. Производственные функции комплексных переменных. Экономико-математическое моделирование производственной динамики / С.Г. Светуных, И.С. Светуных. — М.: ЛКИ, 2008. — 136 с.
3. Самойлов, М.В. Исследование и моделирование производственной деятельности с использованием функций комплексных переменных / М.В. Самойлов, В.Я. Асанович // Вес. Беларус. дзярж. экан. ун-та. — 2012. — № 4 (93). — С. 43—48.
4. Статистический ежегодник Республики Беларусь: стат. сб. — Минск: ИВЦ Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2011. — 634 с.
5. Промышленность Республики Беларусь: стат. сб. — Минск: ИВЦ Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2011. — 274 с.

Статья поступила в редакцию 18.12.2012 г.

И.С. Михаловский

кандидат биологических наук, доцент

М.В. Самойлов

кандидат технических наук, доцент

В.А. Тарасевич

доктор химических наук, доцент

Н.П. Кохно

кандидат технических наук, доцент

БГЭУ (Минск)

ЛИПИДНЫЕ НИЗКОРАЗМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ: ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ КОММЕРЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В работе обсуждаются возможные направления коммерческого использования высокодисперсных субстанций из различных липидов. Проанализированы перспективы использования амфифильных липидов и неполярных глицеридов в промышленных биотехнологиях. Приведены собственные результаты научно-исследовательской работы по созданию наноструктурированных матриц из триглицеридов для новых продуктов различного функционального назначения. Получен экспериментальный образец дисперсного дезинфицирующего средства нового поколения из триглицеридов жирных кислот и полигексаметиленгуанидинбензоата.

In work possible directions of commercial use high disperse substances from various lipids are discussed. Prospects of use amfifilic lipids and not polar glyceride in industrial biotechnologies are analyzed. Own results of research work on creation nanostructures matrixes from triglyceride for new various functional products. The experimental sample of a disperse disinfectant of new generation from triglyceride and the polyhexamethylenguanidinebenzoate is received.

Липиды — сложные эфиры глицерина и жирных кислот — необходимые для организма биологические макромолекулы, ключевые для ряда жизненно важных процессов

(обеспечение энергией, субстрат для синтеза биологически важных соединений, структурные элементы клеточных мембран и др.) [1, 2, 3]. Липиды делят на фосфолипиды (фосфоглицериды, фосфосфинголипиды, сфингомиелины и др.), глицериды (воски и др.), гликолипиды (гликосфинголипиды, гликозидиглицериды, цереброзиды и др.), белоклипидные соединения (липopeптиды, липополисахариды и др.). Широко распространенными липидами в биологических объектах являются фосфатидилхолин (ФХ), фосфатидилэтаноламин (ФЭ), сфингомиелин (СМ). Они содержат в основном высокомолекулярные жирнокислотные остатки.

В свободном состоянии жирные кислоты в организме содержатся в небольшом количестве, например в крови, где они транспортируются в комплексе с белком альбумином.

Наличие или отсутствие у молекул липидов электрически заряженных групп, неравномерное распределение электрического заряда являются важными характеристиками, влияющими на их способность образовывать в водной среде регулярные структуры [5, 6]. Рассмотрим липиды с различной полярностью на предмет исследования возможности промышленного производства из них новых функциональных материалов.

Среди обширного класса липидов фосфолипиды, сфингомиелины являются амфифильными молекулами. Заряженные группы таких липидов ориентированы в сторону полярного растворителя, а гидрофобные углеводородные остатки взаимодействуют между собой, образуя структуры, изолированные от полярной среды. Агрегаты амфифильных молекул, у которых полярные головки находятся в контакте с водной фазой, а углеводородные цепи образуют сплошную гидрофобную сердцевину (ядро), называют мицеллами.

Амфифильные фосфолипиды в водной среде образуют бислойные и многослойные структуры глобулярной формы с внутренним водным пространством [5]. На поверхности глобулы расположены гидрофильные группы. Гидрофобные участки молекул контактируют друг с другом. Данные образования получили термин «липосомы» [7].

Водные дисперсии амфифильных веществ могут представлять собой жидкокристаллические системы [5].

Водные дисперсии из амфифильных липидов представляют значительный интерес в плане разработки инновационных технологий изготовления нового поколения лекарственных средств, отличающихся высоким уровнем коммерциализации. Один из авторов данной статьи И.С. Михаловский занимался установлением физико-химических механизмов образования липосомальных форм современных лекарств для фотодинамической терапии рака [8, 9]. Липидные везикулы из яичного лецитина являются хорошей матрицей для функциональных соединений, таких как производные порфиринов (хлорины, фталоцианины и др.). Кроме того, униламеллярные бислойные структуры хорошо моделируют липидный бислой клеточных мембран, что позволяет изучать процессы распределения лекарственных субстанций *in vitro* на уровне биологических мембран [10].

Исследования по данному направлению продолжаются на кафедре технологии важнейших отраслей промышленности. С позиции молекулярной биофизики разрабатываются научные основы технологий изготовления новых функциональных материалов для целей здравоохранения, промышленности, сельского хозяйства.

Жировые эмульсии, главным образом дисперсии глицеридов, разработаны для поддержания энергетического баланса у больных с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, перенесших на нем операцию и др. [4]. При этом триглицериды жирных кислот являются слабополярными и неполярными соединениями [3]. Они являются хорошим источником полиненасыщенных незаменимых жирных (линоленовая, линолевая) кислот. Коммерческие липосомальные препараты (дисперсии фосфолипидов) получены как биологически адаптированные контейнеры для транспортировки в кровотоке водо- и жирорастворимых лекарственных веществ.

В общем случае в полярных растворителях они образуют агрегативно и седиментационно неустойчивые дисперсные системы эмульсионного типа. Тем не менее авторы статьи разработали технологию изготовления высокодисперсных субмолекулярных водных систем из ненасыщенных триглицеридов жирных кислот с относительно низкой скоростью деструкции дисперсной фазы.

Полученные по данной технологии триглицеридные системы представляют собой дисперсии типа липидная фаза — водная среда. На начальном этапе из жидких триглицеридов ненасыщенных (олеиновой, рицинолевой) жирных кислот готовили взвесь в фосфатно-солевом буферном растворе (ФСБ) в определенной концентрации, например 1,5 мг/мл путем механической гомогенизации. Затем грубую эмульсию триглицеридов обрабатывали ультразвуком до получения гомогенной суспензии.

Фосфатно-солевой буферный раствор готовили из дистиллированной воды и солей Na_2HPO_4 и KH_2PO_4 с активностью ионов водорода (рН) вблизи физиологических значений [11]. Например, раствор с рН, равным 7,0, получали путем смешивания растворов солей Na_2HPO_4 и KH_2PO_4 в отношении объемов 61,2:38,8 с последующим обязательным измерением рН.

Для диспергирования липидов в водной среде использовали ультразвуковую установку производства ИЛ100-6/1 ООО «Ультразвуковая техника — ИНЛАБ» (Российская Федерация). Общий вид ультразвуковой установки представлен на рис. 1. Использовали волновод с коэффициентом передачи акустической энергии, равным 1:1. Частота ультразвуковых колебаний равнялась 22 кГц, а выходная мощность — 700 Вт.

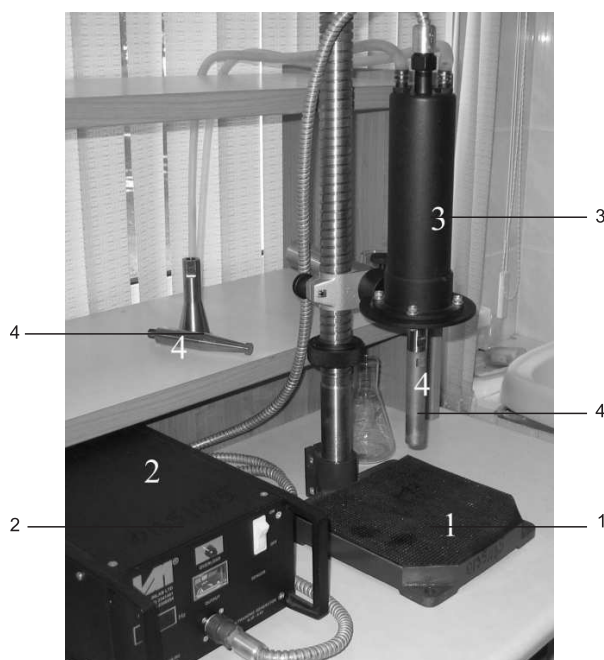


Рис. 1. Ультразвуковая установка ИЛ100-6/1:

1 — стойка; 2 — ультразвуковой генератор; 3 — магнотриксционный преобразователь с водяным охлаждением; 4 — волноводы-излучатели

Коллоиды центрифугировали при 3000 об./мин и температуре 20 °С с использованием установки «HETTICH Universal 320R» (ФРГ).

Измерение температуры и активности ионов водорода в среде осуществляли с использованием мультиметра «HANNA Instruments» (ФРГ).

Визуально коллоид из триглицеридов олеиновой кислоты, полученный методом ультразвуковой обработки, представляет собой гелеобразную субстанцию.

Исследование структуры дисперсной фазы триглицеридного коллоида проводили в контактном режиме работы атомно-силового микроскопа (АСМ) производства НТ-206 (Республика Беларусь) со стандартными кремниевыми кантилеверами жесткостью 3 Н/м в лаборатории нанопроцессов и технологий ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси». Установлено, что триглицериды в водной среде образуют матрицу глобулярных наноструктур [12, 13]. Среднее значение линейного размера частиц в высоту изменяется от 2 до 20 нм. В ширину среднее значение линейного размера дисперсных структур колеблется в более широких пределах — от 150 до 500 нм. Разброс данного параметра, очевидно, связан с «растеканием» триглицеридных структур на кремниевой подложке. Можно предположить, что в водной среде для триглицеридных наноструктур характерна сферическая форма.

Приведенные данные по АСМ-микроскопии коллоида из триглицеридов согласуются с результатами, полученными с использованием разработанного авторами метода, основанного на определении величины светорассеяния образцов триглицеридных дисперсий [12, 14]. Исследование на спектрофлуориметрическом комплексе СМ2203 «Солар» (Республика Беларусь), работающем в режиме спектрофотометра, показало, что константа скорости деструкции пространственной структуры дисперсной фазы коллоида из триглицеридов олеиновой кислоты имеет порядок 10^{-6} с^{-1} , что объясняет высокую стабильность данной липидной системы. В комнатных условиях (18—20 °С) дисперсная структура коллоида сохраняется длительное время.

Полученный стабильный коллоид из ненасыщенных триглицеридов может быть подходящей основой для приготовления субстанций различного функционального назначения, например лекарственных средств, пищевых функциональных продуктов и др., предназначенных для коммерциализации [14, 15].

Следует отметить, что в сравнении с амфифильными липидами (фосфолипиды и др.) триглицериды жирных кислот являются относительно дешевыми соединениями, так как могут быть получены из растительного сырья (рапсовое, подсолнечное масло и др.). В Республике Беларусь масличные культуры выращиваются в достаточном количестве, что делает сырье для производства продуктов на триглицеридной основе независимым от импорта. Кроме того, триглицериды жирных кислот являются экологически и биологически безопасными субстанциями.

Из наноструктурированного триглицеридного коллоида авторами получен опытный образец дисперсного дезинфицирующего средства нового поколения [16, 17, 18]. В сравнении с растворами традиционных биоцидных средств, например при антибактериальной обработке движущихся поверхностей, более оптимально использование коллоидных форм дезинфектантов [19]. Способность к самовосстановлению дисперсных структур из триглицеридов делает асептическое покрытие динамически активным. Кроме того, такие биозащитные препараты характеризуются более длительным сроком действия в сравнении с растворами вследствие низкой летучести триглицеридов («невывсыхающая» пленка), устойчивости при высокой влажности.

В качестве дезинфицирующего соединения использовали эффективный биоцид полигексаметиленгуанидинбензоат (ПГМГ-Б), синтезированный в лаборатории поверхностно-активных веществ ГНУ «Институт химии новых материалов Национальной ака-

демии наук Беларуси» [20]. В настоящее время отсутствуют коллоидные формы дезинфектантов на основе солей гуанидина, а задачи, связанные с получением коллоидных форм биоцидов из липидов и катионных полиэлектролитов гуанидиновой природы, являются актуальными [21].

На рис. 2 приведено АСМ-изображение структур из триглицеридов олеиновой кислоты с ПГМГ-Б в водной среде, полученных нами с использованием ультразвуковой техники. Видно, что включение эффективного биоцида ПГМГ-Б в состав триглицеридных структур приводит к образованию устойчивой дисперсной фазы. Стабильность получаемых коллоидов подтверждена исследованиями зависимости оптической плотности коллоидов от времени.

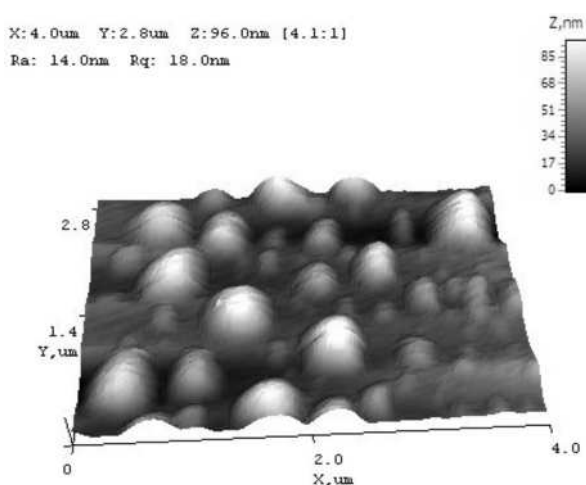


Рис. 2. Структуры из триглицеридов олеиновой кислоты с ПГМГ-Б

Полученный опытный образец водной нанодисперсии триглицеридов с производными ПГМГ-Б визуально представляет собой субстанцию светло-серого цвета. Исследования агрегативной и седиментационной устойчивости данного коллоида методом светорассеяния показали, что при комнатной температуре (18—20 °С) изменение его оптической плотности за 7 суток не превышало 15 % первоначальной, что свидетельствует о достаточно высокой стабильности исследуемой коллоидной формы биоцида и возможности разработки технологий изготовления коммерческого дисперсного биоцида из триглицеридов и полигуанидинов.

Таким образом, охарактеризованы возможные направления коммерческого использования липидов с различной полярностью по их способности образовывать в водной среде регулярные устойчивые структуры. В частности, на основе наноструктурированного водного коллоида из триглицеридов получен опытный образец дисперсного дезинфицирующего средства нового поколения из полигуанидина.

На основании собственных результатов научно-исследовательской работы показана целесообразность использования слабополярных триглицеридов жирных кислот из дешевого, доступного в стране растительного сырья для нанобиотехнологий получения промышленных функциональных продуктов.

Литература

1. Малер, Г. Основы биологической химии / Г. Малер, Ю. Кордес. — М.: Мир, 1970.
2. Крепс, Е.М. Липиды клеточных мембран / Е.М. Крепс. — Л.: Наука, 1981.
3. Структура, классификация и свойства основных липидов организма человека // Биохимия [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: http://biochemistry.ru/biohimija_severina/B5873Part58-371.html
4. Жировые эмульсии для парентерального питания // Здоровье [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: http://health.mail.ru/drug/lipoid_emulsions/#directory. — Дата доступа: 8.12.2012.
5. Ивков, В.Г. Динамическая структура липидного бислоя / В.Г. Ивков, Г.Н. Берестовский. — М.: Наука, 1981.
6. Волькенштейн, М.В. Биофизика / М.В. Волькенштейн. — М.: Наука, 1981.
7. Липосомы в биологических системах / под ред. Г. Грегориадиса, А. Аллисона. — М.: Медицина, 1983.
8. Kinetic characteristics of porphyrin distribution in the blood / V.P. Zorin [et al] // Proceedings SPIE. — 2000. — Vol. 4059. — P. 139—146.
9. Михаловский, И.С. Кинетика перераспределения порфириновых сенсбилизаторов между липосомами и клеточными мембранами / И.С. Михаловский, В.П. Зорин // Вес. НАН Беларусі. — Сер. биол. наук. — 2001. — № 3. — С. 66—70.
10. Михаловский, И.С. Равновесные и кинетические характеристики распределения порфириновых сенсбилизаторов в биологических мембранах: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.02 / И.С. Михаловский; Белорус. гос. ун-т. — Минск, 2003.
11. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. — М.: Химия, 1971.
12. Триглицеридные наноструктуры и их пространственно-временная динамика / И.С. Михаловский [и др.] // Сб. науч. тр. / Ин-т металлофизики им. Г.В. Курдюмова; под ред. А.П. Шпака. — Киев, 2010. — Т. 8, № 4. — С. 861—868.
13. Применение наноструктурированных триглицеридных коллоидов с производными полигуанидина для разработки технологий изготовления биоцидных препаратов / И.С. Михаловский [и др.] // Наноструктуры в конденсированных средах: сб. науч. ст.; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. — Минск: БГУ, 2011. — С. 147—152.
14. Наноструктурированные триглицеридные коллоиды для лекарственных препаратов ветеринарного назначения / И.С. Михаловский [и др.] // Экспериментальная и клиническая фармакология: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 29—30 сент. 2011 г. / Ин-т фармакологии и биохимии НАН Беларусі. — Гродно, 2011. — С. 143—146.
15. Липидомика in vitro — инновационный подход в сфере нанотехнологий: экономические преимущества / И.С. Михаловский [и др.] // Сб. науч. тр. / Белорус. гос. экон. ун-т; под ред. В.Н. Шимова. — Минск: БГЭУ, 2011. — С. 279—285.
16. Михаловский, И.С. Липидные низкоразмерные системы с полигуанидинами и их пространственно-временная динамика / И.С. Михаловский, В.А. Тарасевич, М.В. Самойлов // IV Съезд биофизиков России, Нижний Новгород, 20—26 августа 2012 г. / Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского. — Нижний Новгород, 2012. — Симп. 4. — С. 66.
17. Михаловский, И.С. Коллоидная форма биоцида из триглицеридов и производных полигексаметиленгуанидина / И.С. Михаловский, В.А. Тарасевич, М.В. Самой-

лов // Белорусские лекарства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22—23 нояб. 2012 г. — Минск, 2012. — С. 159—160.

18. Биоцидные коллоидные препараты на основе липидных наноструктур / И.С. Михаловский [и др.] // Наноструктурные материалы — 2012: Россия-Украина-Беларусь: материалы II Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 19—22 ноября 2012 г. — СПб., 2012. — С. 356.

19. Перспективы использования коллоидных форм препаратов нового поколения для дезинфекции в промышленности и сельском хозяйстве / И.С. Михаловский [и др.] // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. БГЭУ, Минск, 17—18 мая 2012 г. — Минск, 2012. — Т. 1. — С. 371—372.

20. Биоциды на основе производных гуанидина / В.А. Тарасевич [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. — Сер. хім. навук. — 2009. — № 3. — С. 64—71.

21. *Михаловский, И.С.* Пространственно-временная динамика триглицеридных наноразмерных коллоидов, структурированных поликатионитами / И.С. Михаловский, В.А. Тарасевич, М.В. Самойлов // XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Волгоград, 25—30 сент. 2011 г. — Волгоград: Волгоград. гос. техн. ун-т. — 2011. — Т. 2. — С. 444.

Статья поступила в редакцию 20.12.2012 г.

А.В. Саморядов

БГЭУ (Минск)

Д.С. Владыкина

БГТУ (Минск)

С.А. Ламоткин

кандидат химических наук, доцент

БГЭУ (Минск)

АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИК ВЫЯВЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ

Проведена оценка качества эфирных масел традиционным методом (определение показателя преломления) и прогрессивными методами (газожидкостная хроматография и спектроскопия ядерного магнитного резонанса). Выявлена высокая доля масел с признаками фальсификации среди рассмотренных образцов. Установлено, что традиционным методом не удастся выявить фальсифицированные эфирные масла. Результаты хроматографического и спектрального исследований хорошо согласуются и дают объективную оценку качества масел. Предложено внести поправки в действующие технические нормативные правовые акты.

The estimation of the quality of essential oils traditional method (determination of the refractive index) and advanced methods (gas-liquid chromatography and nuclear magnetic resonance spectroscopy). A high proportion of oils with signs of tampering examined samples. Found that the traditional method cannot identify counterfeit essential oils. The results of chromatographic and spectral studies are in good agreement and give an objective assessment of the quality of oil. Proposed amendments to the existing technical regulations.