

УДК 539.22[53.085+35.243]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ФОСФОЛИПИДОВ В НАТИВНЫХ МАСЛАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

И.С. Михаловский¹, Н.П. Матвейко¹, Г.Б. Мельникова², Е.Н. Волнянко³,
В.Н. Бабодей⁴, А.В. Пчельникова⁴

¹Белорусский государственный экономический университет, Минск

²Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск

³Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси, Гомель

⁴Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию, Минск

PARTICLES SIZES DETERMINATION OF THE NANOSTRUCTURED PHOSPHOLIPIDES DISPERSED PHASE IN PLANT ORIGIN NATIVE OILS

J.S. Mikhalovsky¹, M.P. Matveyko¹, G.B. Melnikova², E.N. Volnyanko³,
V.N. Babodey⁴, A.V. Pchelnicova⁴

¹Belarus State Economic University, Minsk

²A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of NAS of Belarus, Minsk

³V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of NAS of Belarus, Gomel

⁴Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of NAS of Belarus, Minsk

Предложен способ получения фосфолипидного концентрата из растительных масел и метод определения размерных характеристик дисперсной фазы из фосфолипидных структур. С использованием светорассеяния и атомно-силовой микроскопии установлено, что дисперсная фаза фосфолипидной суспензии образована структурами с линейными размерами частиц, не превышающими 100 нм. Метод получения фосфолипидов в виде наносуспензий может быть положен в основу новых технологий получения фосфолипидных концентратов как источников эмульгаторов для пищевой промышленности, технологических сред, а также переработки масличного сырья.

Ключевые слова: спектрофотометрия, атомно-силовая микроскопия, фосфолипиды, наноструктуры, технологические среды.

A method for obtaining phospholipid concentrate from vegetable oils and a method for determining the size characteristics of the dispersed phase from phospholipid structures are proposed. It was found with light scattering and atomic force microscopy that the dispersed phase of the phospholipid suspension was formed by structures with linear particle sizes not exceeding 100 nm. The method of obtaining phospholipids in the nanosuspension form can be the basis for new technologies of phospholipid concentrates as sources of emulsifiers for the food industry, technological substance, as well as processing of oilseeds.

Keywords: spectrophotometry, atomic force microscopy, phospholipids, nanostructures, technological substances.

Введение

В производстве новых материалов из биологического сырья первостепенное значение имеют подходы, основанные на использовании достижений био- и нанотехнологий [1]. Полная переработка растительных масел требует использования ряда технологических процессов [2]–[4], одним из которых является выделение из масел фосфолипидов (фосфатидов), с одной стороны, являющихся источником крайне востребованных пищевых лецитиновых эмульгаторов и кормовых концентратов, с другой стороны, перспективных в качестве основы при создании технологических сред [2]–[6]. Актуальность данной проблемы также связана с тем, что наличие фосфолипидов в нерафинированном масле приводит к образованию на маслодобывающих заводах значительного количества баковых отстоев (фузов), которые, практически, не имеют рентабельного

сбыта, а при длительном хранении становятся практически невостребованными. Рафинация масел на перерабатывающих предприятиях приводит к значительным потерям как фосфолипидов, так и глицеридов с гидратационным осадком. Вызывает интерес применение методов, позволяющих выделять фосфолипидную фракцию путем формирования турбулентности, вызванной интенсивным вращением ферромагнитных рабочих элементов в электромагнитном вихревом поле [7].

При рафинации растительных масел перспективными являются акустические методы. Установлено, что обработка подсолнечного масла ультразвуком после его гидратации ускоряет процессы седиментации, что способствует более полному удалению фосфолипидов [8]. Авторы работы [9] считают, что сочетание методов экстракции с использованием растворителя (гексан,

изопропиловый спирт) и ультразвуковой обработки увеличивает степень извлечения липидов из растительных низкомасличных сырьевых источников (плоды, злаковые культуры). Особенности рафинирования подсолнечного и соевого масел фосфорной кислотой совместно с ультразвуковым воздействием показано в работе [10].

Высокоэффективное отделение фосфолипидной компоненты из растительных масел должно основываться на теоретической базе молекулярной биофизики и коллоидной химии. Следует понимать, что водонерастворимые амфифильные молекулы фосфолипидов с водой в маслах способны лишь к образованию регулярных низкоразмерных структур в условиях воздействия внешних факторов. Так, например, согласно математической модели, созданной с помощью гибридных функциональных сетей Петри, возможно протекание процесса формирования везикулярных фосфолипидных наноструктур путем дискретно-импульсного введения энергии [11]. В узлах стоячих ультразвуковых волн молекулы фосфолипидов в зависимости от их концентрации могут формировать в присутствии воды мицеллы, бислойные и многослойные униламеллярные и мультисламеллярные глобулярные везикулы (липосомы), линейные размеры которых характеризуются десятками нанометров [12], [13]. На этом основании акустическая обработка масел в присутствии воды должна проводиться путем формирования поля с узлами стоячих ультразвуковых волн и образованием в них фосфолипидных высокодисперсных структур. В отличие от известных способов эмульгирования фосфолипидов путем гидратации, их ультразвуковое наносуспензирование и последующее осаждение структур (везикул, их агрегатов) в градиенте центробежных сил позволит получить субстанцию с характеристиками, близкими к требуемым характеристикам готового фосфатидного концентрата [2]. Сочетание метода ультразвукового наносуспензирования фосфолипидов с промышленными технологиями центрифугирования и сепарирования позволит разработать технологию получения фосфатидной фракции в высококонцентрированной суспензионной форме.

Цель работы – получение наносуспензированных фосфолипидов в маслах с использованием внешнего воздействия (ультразвука) и определение размеров дисперсных структур.

В работе введены следующие обозначения:

АСМ – атомно-силовая микроскопия;

a , м – показатель, зависящий от интенсивности падающего света;

D – оптическая плотность;

T – светопропускание;

R , % – светорассеяние;

λ , нм – длина волны.

1 Материалы и методы исследования

В работе использовали нативные (нерафинированные [2]) рапсовое, соевое и подсолнечное масла.

Ультразвуковую обработку молекулярных композиций проводили с использованием установки «ИЛ100-6/1» (ООО «Ультразвуковая техника – ИНЛАБ», Россия). Частота ультразвуковых колебаний составляла 22 кГц. Мощность генератора 750 Вт. Использовали волновод с коэффициентом передачи энергии акустических колебаний равным единице.

Механическую гомогенизацию осуществляли с помощью магнитной мешалки с использованием магнитных роторов, покрытых политетрафторэтиленом (тефлоном).

Спектральные исследования проводили с помощью цифрового спектрофлуориметрического комплекса «СМ2203» («Солар», Республика Беларусь), работающего в режиме спектрофотометра. Использовали кварцевые кюветы с оптическим путем 1 см. Шаг изменения длины волны при записи спектра – 1 нм. Время накопления сигнала при сканировании спектра – 0,5 с. Оптическая щель – 2 мм.

Использовали центрифугу «Universal 320R» («Hettich», ФРГ) с бакет-ротором и объемом чашек на пробирки до 100 мл, регулируемой температурой от минус 20° С до комнатной 18–20° С.

Структуру дисперсной фазы функциональных эмульсий на кремниевых подложках изучали методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на приборе «НТ-206» (ОДО «Микротестмашина», Республика Беларусь). Использовали стандартные кремниевые зонды («Mikromasch», Эстония) жесткостью 2,5 Н/м и радиусом кривизны не более 10 нм [14].

Обработку экспериментальных данных, математическую аппроксимацию спектров осуществляли с использованием программного пакета Origin for MS Windows.

2 Результаты и их обсуждение

Структурирование при условиях твердой аморфной компоненты растительного масла, представленной преимущественно амфифильными фосфолипидами, представляется возможным с использованием ультразвукового воздействия. Обработка нативного масла в присутствии воды приводит к формированию дисперсной фазы с визуально различимым желтым оттенком.

Возникают вопросы о размерных характеристиках фосфолипидных структур и последующей возможности их отделения от жидкой фракции масла, главным образом представленной глицеридами и свободными жирными кислотами. Для определения размеров дисперсной фазы применяли оригинальный методический подход, основанный на установлении характера кривой светорассеяния частиц непосредственно в