

ФОРМИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЖИРОВОЙ ФАЗЫ В МИКРОСТРУКТУРЕ СУСПЕНЗИИ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА

Т.А. Рашевская, М.Ю. Махонина

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

E-mail: marina2001@ukr.net

Исследования последних лет показали, что употребляемые населением продукты питания не удовлетворяют физиологическим потребностям человека. Поэтому широкую популярность приобретает принятая в 80-х годах XX столетия концепция функционального питания. Создание технологий пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения во многих странах стало неотъемлемой частью государственной политики в области здравоохранения. Особенно интенсивно пропаганда здорового образа жизни и концепции функционального питания проводится в США на протяжении 30-ти лет. Вследствие чего смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в этой стране снизилась на 40 %. При этом 2/3 всего эффекта принадлежит оптимизации пищевого рациона населения [1]. Под воздействием западных тенденций европейские потребители также отдают предпочтение продуктам функционального назначения. В последнее время учеными отмечается недостаточное потребление населением полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), которые представлены двумя классами: омега-3 (линоленовая, эйкозопентаеновая, декозогексаеновая) и омега-6 (линолевая). Именно эти кислоты обладают наибольшей биологической активностью: участвуют в переносе и обмене холестерина, синтезе простагландинов, поддерживают структуру клеточных мембран, необходимы для работы зрительного аппарата, сердечно-сосудистой и нервной систем, положительно влияют на иммунитет [2]. Отсутствие в пище ПНЖК представляет серьезную угрозу для здоровья. Линоленовую кислоту организм человека не синтезирует и должен получать готовой с пищей. Богатым источником этой ПНЖК является льняное семя. На сегодняшний день семена льна и препараты из них широко применяются в медицине как обволакивающее и ранозаживляющее средство в гастроэнтерологии, педиатрии, акушерстве, гинекологии, при лечении аутоиммунных расстройств [3], для сокращения сроков лечения язвы желудка и уменьшения проявлений местных лучевых реакций. Его диетические и лечебно-профилактические свойства подтверждены научно-исследовательскими институтами различных отраслей медицины и обусловлены многокомпонентным составом льняного семени. Кроме жира (42 – 46 %) оно содержит протеин (22 – 25 %), углеводы (24 – 28 %), в том числе клетчатку, состоящую из полисахаридов, лигнина, витамины и микроэлементы [3]. Жир семян льна в основном представлен линоленовой (21 – 70 %), линолевой (29 – 59 %) и олеиновой (5 – 20 %) кислотами [4]. Основу насыщенных жирных кислот составляет пальмитиновая (до 16 %).

Учитывая пользу семян льна для здоровья, нами разработаны новый вид функционального сливочного масла с добавкой из семян льна и технология получения высокодисперсной добавки, которая вносится в масло в виде суспензии в пахте. Ранее проведенные исследования показали, что на микро- и нано-

структуру сливочного масла существенно влияет микроструктура внесенной в него растительной добавки [5]. Нами была исследована микроструктура суспензии добавки из семян льна и предложен механизм ее формирования, включающий несколько этапов: образование дисперсии глобул, объединение глобул в агрегаты, формирование ячеистой структуры [6]. Учитывая, что одной из основных и наиболее сложных компонент семян льна является жир, целесообразно исследовать его влияние на формирование микроструктуры суспензии добавки из семян льна.

Целью данной работы является изучение кристаллизации жировой фазы добавки из семян льна при формировании микроструктуры ее суспензии.

Методы исследования. Для идентификации кристаллической фазы в суспензии добавки из семян льна использовали поляризационный микроскоп. Образцы исследовали в проходящем обыкновенном и поляризованном свете. Из суспензии готовили микроскопические препараты, которые нагревали до 60 °С, последующим медленным охлаждением и термостатированием при -3 °С. в течение 9 часов. Характерные поля зрения фотографировали при температуре -3 °С.

Результаты исследований суспензии добавки из семян льна в поляризационном микроскопе в проходящем свете показали (рис. 1, а), что ее микроструктура содержит агрегаты **А** величиной 40...100 мкм, имеющие участки ячеистой структуры, глобулы **Г** величиной до 5...45 мкм, частички семян льна **Б**. Формирование в суспензии добавки из семян льна структурных элементов, различающихся величиной, формой и архитектурой связано с многокомпонентным составом семян льна. Из литературных источников известно [7, 8], что липиды в зерне льна содержится в основном в тканях ядра, их содержание в оболочке семян относительно невысокое. По данным электронной сканирующей микроскопии авторами [9] установлена локализация запасных липидов в семенах в виде гранул-сферосом. Липидные сферосомы и белковые глобулы расположены в цитоплазменной матрице клетки, которая состоит из промежуточного белка и имеет ячеистую структуру [10]. В ее ячейках помещаются липидные глобулы, размеры которых значительно меньше, чем белковых глобул. Липидные сферосомы неодинаковы по размерам и окружены липопротеиновыми мембранами – оболочками, изолирующими их друг от друга.

При измельчении семян льна проходит вскрытие клеточных структур, разрушение клеточных стенок, обнажение белковых глобул и липидных сферосом, что сопровождается разрушением части цитоплазматической матрицы и освобождением липидных сферосом.

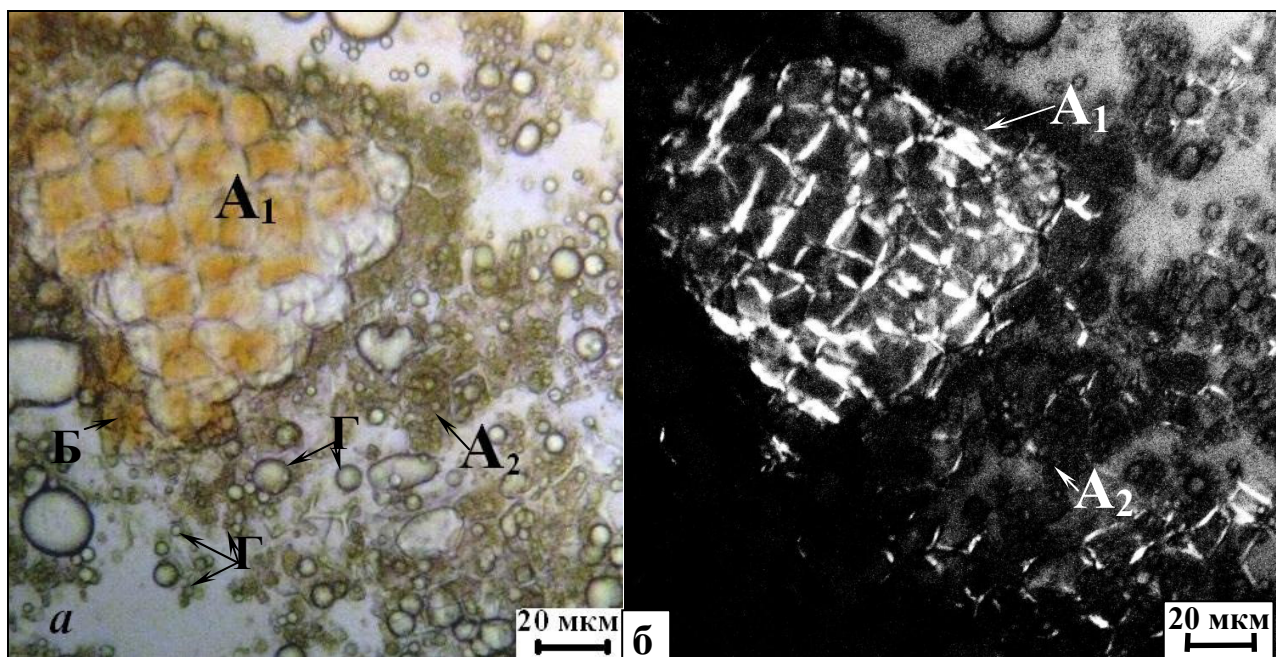


Рис. 1. Микроструктура суспензии добавки из семян льна в проходящем свете (а) и при скрещенных поляризаторах (б): A_1 , A_2 – агрегаты, Б – частичка льна, Г – глобулы.

В процессе подготовки суспензии под действием влаги и температуры в открытых клетках частиц семян проходит набухание белковых глобул, что способствует выделению липидных глобул из цитоплазменной матрицы и разрыву липопротеиновых оболочек липидных сферосом. Выделение жира из частиц семян льна проходит последовательно в зависимости от химического состава и структуры составляющих их глицеридов. Вначале выделяются наиболее легкоплавкие глицериды. Они образуют с водной фазой суспензии эмульсию типа жир/вода, в которой распределены образовавшиеся агрегаты и отдельные частицы суспензии.

На снимке (рис. 1, а) видны крупные агрегаты A_1 и A_2 , трехгранный агрегат A_1 имеет сердцевину, которая состоит из трехмерных белковых глобул, имеющих частично деформированную сферическую (округлую?) форму. Поверхность отдельных глобул имеет светло-желтый или светло-оранжевый цвет. Это свидетельствует, что на поверхности этих глобул образовалась пленка жира, выделившегося из липидных сферосом, а оранжевый цвет имеет пленка липидов с растворенным в ней каротином. Граница раздела глобул содержит закристаллизовавшиеся высокоплавкие глицериды, на что указывает снимок этого же поля зрения, сделанный в поляризованном свете (рис. 1, б). В скрещенных поляризаторах (рис. 1, б) на темном фоне наблюдаются светящиеся линейные структуры, которые способны вращать поляризацию света. Анизотропия свойств этих структур позволяет отнести их к веществам кристаллического строения.

По периметру сердцевины агрегата A_1 расположен слой мелких белковых глобул, которые выделились из разрушенных клеток льняного семени в процессе подготовки суспензии. Кристаллические структуры данном слое не наблюдаются.

Микроструктура агрегата A_2 также содержит ячеистую структуру, состоящую из плоских многогранных ячеек, на границе их раздела видны светящиеся линейные структуры, состоящие, по-видимому, из высокоплавких глицеридов. В ячейках агрегата A_2 размещены липидные и белковые глобулы.

Из литературных источников [11] известно, что ткань семян масличных культур является (относится к..телам?) капиллярно-пористой системой. микроструктура семян содержит поры и капилляры. На снимке микроструктура суспензии добавки из семян льна (рис. 2) видно частицу оболочки семени. По ее периметру расположены белковые глобулы и мелкие липидные сферосомы. поверхность частицы имеет полосатую структуру (рис. 2, а). просмотр ее в поляризованном свете при скрещенных поляризаторах показал, что линейные полосы (структуры?) состоят из мельчайших блестящих точечных кристаллов, образующих линейную структуру, которая расположена на поверхности разлома стенки капилляра. Свечение указывает, что она находится в кристаллическом состоянии и состоит из высокоплавких глицеридов. На ее поверхности видны углубления от выпавших липидных сферосом С.

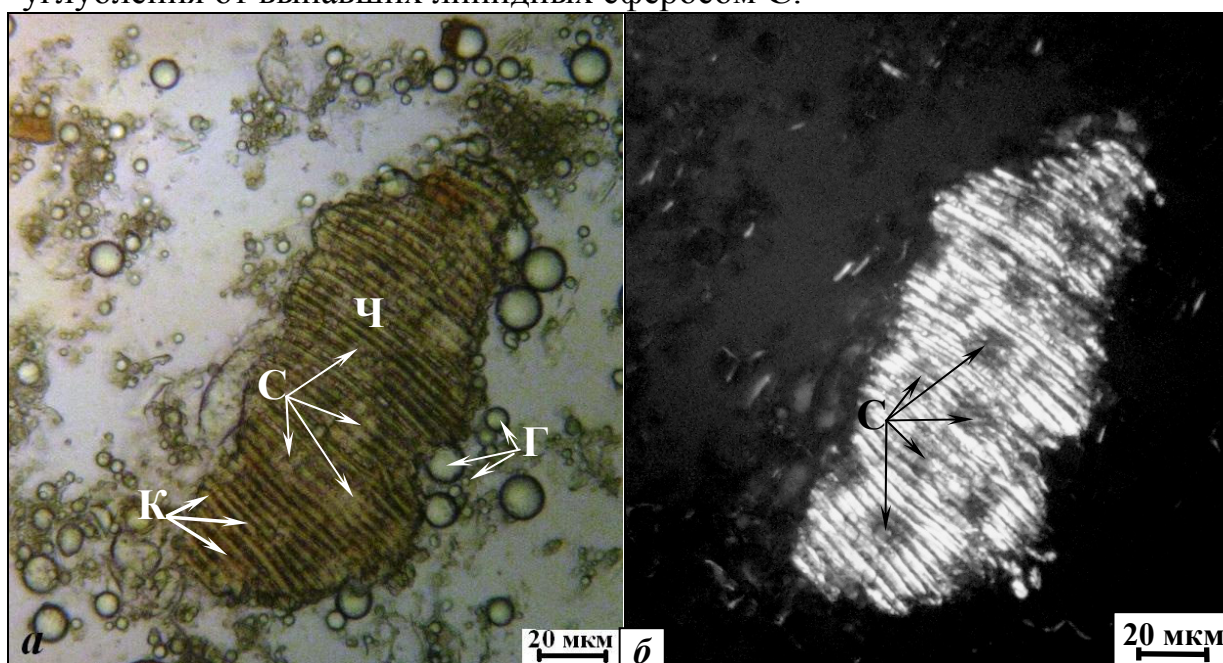


Рис. 2. Микроструктура суспензии добавки из семян льна в проходящем свете (а) и при скрещенных поляризаторах (б): Ч – частица оболочки льняного семени, К – стенки капилляров, С – углубления от липидных сферосом, Г – глобулы.

В процессе формирования микроструктуры в структуре суспензии происходит дифференциация глицеридов и их отдельно-групповая кристаллизация. Наиболее высокоплавкие глицериды, в состав которых входят насыщенные жирные кислоты пальмитиновая, миристиновая, стеариновая и др. (общее их содержание в жире семян льна по разным данным составляет 12,1...17,1%), прочно связаны со структурой агрегатов. Об этом свидетельствует наличие на темном фоне при скрещенных поляризаторах светящихся игольчатых кристаллов (рис. 1, б). Таким образом, при охлаждении в жире добавки из семян льна на границе раздела формируются кристаллические элементы, состоящие из родственных по химическому составу и физическим свойствам глицеридов. При

этом наиболее легкоплавкие глицериды кристаллизируются на поверхности агрегатов. Следует отметить, что на поверхности кристаллического слоя отдельных структурных элементов, преимущественно многогранной формы, формируется слой жидкого жира, состоящий, по-видимому, из легкоплавких глицеридов.

Выводы: Изучено формирование микроструктуры многокомпонентной водной суспензии добавки из семян льна, в результате формирования которой проходит образование кристаллических элементов. На основании результатов исследования, установлено, что при охлаждении суспензии жировая фаза добавки из семян льна находится в различном физическом состоянии – жидком, кристаллическом и эмульгированном.

Литература

1. Дієтичні рекомендації, розроблені Європейським товариством кардіологів спільно з Європейським товариством атеросклерозу // *Новости медицины и фармации в Украине. Всеукраинское специализированное медико-фармацевтическое издание.* – 2004. – № 9 (149). – С. 15.
2. De Filippis A.P. Understanding omega-3's / A.P. DeFilippis, L.S. Sperling // *American Heart Journal.* – 2006. – Vol. 151. – № 3 – P. 564 – 570.
3. Bhatt R.S. Flaxseed in Human Nutrition / R.S. Bhatt, S.C. Cuannane, L.U. Thompson. – AOCS Press, 1995. – 304 p.
4. Щукін С.А. Льняне масло – природний еліксир здоров'я / С.А. Щукін // *Масла и жиры.* – 2003. – №10 (32). – С. 6 – 7.
5. Рашевська Т.О. Наукові основи технології і формування наноструктури вершкового масла з рослинними харчовими добавками: дис...доктора. техн. наук: спец. 05.18.16 – технологія продуктів харчування / Т.О. Рашевська – К., 2010. – 499 с.
6. Українець А.І. Механізм формування мікроструктури водної суспензії добавки із насіння льону / А.І. Українець, Т.О. Рашевська, М.Ю. Махоніна // *Фізико-хімічні основи формування і модифікації мікро- і наноструктур. Збірник наукових праць.* – Харків: НФТЦ МОН та НАН України, 2009 – т. 1 – С. 415 – 420.
7. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья / В.Г. Щербаков – М.: Изд-во «Пищевая промышленность», – 1969. – 456 с.
8. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова [и др.] / Под ред. А.П. Нечаева. – СПб: ГИОРД, 2001. – 592 с.
- 9.
10. Ключкин В.В. Микроструктура масличных семян / В.В. Ключкин, С.Ф. Быкова, С.И. Майрамян и др. // *Масложировая промышленность.* – 1987. – №1. – С. 12 – 14.
11. Ключкин В.В. Новые представления о неоднородности структуры масличных семян и ее влиянии на технологические свойства / В.В. Ключкин, С.Ф. Быкова // *Известия вузов. Пищевая технология.* – 2008. – №2 – 3. – С. 8 – 12.