

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ СУСПЕНЗИИ ДОБАВКИ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА**М. Ю. Махонина, д. т. н. Т. А. Рашевская***Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина*

В последнее время ученые мира признают пользу для здоровья человека полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейства ω -3 и ω -6. Внимание к ним обусловлено способностью этих ПНЖК оказывать положительное влияние при лечении сердечно-сосудистых, опухолевых, нервных и ряда других заболеваний [1]. На сегодня фармакологические препараты ω -3 и ω -6 изготавливаются в основном из ценных видов рыб северных морей, чем и объясняется их высокая стоимость. На территории Украины экономически целесообразными источниками ПНЖК ω -3 и ω -6 являются семена льна. Кроме липидов, богатых ω -3 и ω -6, они содержат протеины, водорастворимые полисахариды, лигнины и диетическую клетчатку [2]. Основными ПНЖК семейства ω в семенах льна являются альфа-линоленовая и линолевая кислоты.

Исследования ученых разных стран свидетельствуют, что льняное масло, воздействуя на уровень холестерина и триглицеридов, уменьшает опасность возникновения тромбов, снижает риск заболевания ишемической болезнью сердца, инфарктом миокарда [3]. Клинические исследования, проведенные в США, Германии и Канаде, продемонстрировали терапевтический эффект от включения в ежедневный рацион семян льна при лечении сахарного диабета второго типа (инсулинонезависимого), склероза, ревматического артрита, астмы, экземы, псориаза и многих других хронических воспалительных процессов [3, 4]. Заметно улучшаются функции почек [3]. Лигнины, которыми богаты семена льна, обеспечивают необходимый баланс обмена веществ. Они обладают чрезвычайно широким диапазоном действия, антибактериальным и антигрибковым эффектом. Известна их способность к замедлению процессов деления клеток при некоторых опухолях, нейтрализации рецепторов эстрогена, избыток которого провоцирует возникновение рака молочных желез у женщин [5]. Водорастворимые полисахариды семян льна имеют обволакивающее и противовоспалительное действие при воспалении дыхательных путей, пищеварительного тракта, органов мочевыделения, при обострении язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, при пищевых отравлениях [3,4]. Клетчатка семян льна улучшает перистальтику кишечника.

Учитывая вышеизложенное, в НУХТ разработан новый вид сливочного масла с добавкой из семян льна и технология получения высокодисперсной добавки, которая вносится в масло в виде суспензии в пахте. Проведенными ранее исследованиями [6] установлено, что внесение добавок из растительного сырья существенно влияет на формирование микро- и наноструктуры сливочного масла. Поэтому для более глубокого понимания микро- и наноструктуры сливочного масла с добавкой из семян льна считаем целесообразным исследование микроструктуры ее водной суспензии.

Целью данной работы является исследование влияния скорости перемешивания на формирование микроструктуры водной суспензии добавки из семян льна.

Методом оптической микроскопии исследовали водную суспензию добавки из семян льна, приготовленную при 30 ± 2 °С и скорости вращения мешалки 200, 250 и 300 об/мин.

Результаты исследования показали, что при всех скоростях вращения мешалки в микроструктуре суспензии формируются идентичные структурные элементы, а именно: непрерывная фаза водного раствора полисахаридов, которая содержит глобулы, многогранные ячейки и частички семян льна. На рис. 1 представлены снимки микроструктуры суспензии, приготовленной при температуре 30 ± 2 °С и скорости вращения мешалки 300 об/мин.

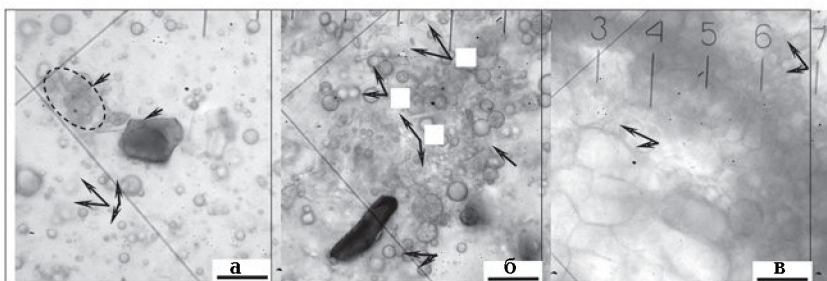


Рис. 1. Микроструктура водной суспензии добавки из семян льна.

Продолжительность перемешивания: а — 5, б — 10, в — 15 мин; А — агрегат, Г — глобулы, Б — частички семян льна, К — участок с ячеистой структурой.

Из рис. 1, а видно, что после 5 мин перемешивания микроструктура суспензии добавки из семян льна содержит глобулы Г диаметром 1...8 мкм и частички семян льна Б величиной 23 мкм, распределенные в непрерывной фазе водного раствора полисахаридов. Также в ней просматривается формирование небольших агрегатов А величиной 18 x 30 мкм из глобул Г. Перемешивание суспензии на протяжении 10 мин способствует дальнейшему формированию агрегатов А (рис.1, б) и увеличению их размеров до 60 x 100 мкм. В поверхностном слое агрегатов просматривается начало формирования ячеистой структуры, состоящей из многогранных ячеек величиной до 25 мкм, на периферии которых находятся глобулы диаметром 1...8 мкм. Формирование выраженной ячеистой структуры (рис. 1, в) при скорости перемешивания суспензии 300 об/мин наблюдается через 15 мин. По краям участка с ячеистой структурой мелкие глобулы диаметром 1...10 мкм образуют слой шириной 20...40 мкм. Таким образом, при скорости перемешивания 300 об/мин формирование агрегатов происходит через 5 мин перемешивания, а ячеистой структуры — через 15 мин.

Как нами ранее выявлено [7, 8, 9], при скорости вращения мешалки 200, 250 и 300 об/мин формирование агрегатов из глобул наблюдается соответственно через 25, 10 и 5 мин перемешивания суспензии, а участков с ячеистой структурой соответственно через 55, 20 и 15 мин. Из вышеизложенного

следует, что с увеличением скорости перемешивания до 250, 300 и 350 об/мин время формирования микроструктуры суспензии сокращается соответственно в 2,7, 3,7 и 3,7 раза по сравнению с 200 об/мин.

Формирование в суспензии добавки из семян льна структурных элементов, различающихся величиной, формой и архитектурой, связано с многокомпонентным составом семян льна. По данным электронной сканирующей микроскопии авторами [10] установлена локализация запасных липидов и белков в клетках льна в виде глобул, расположенных в цитоплазматической матрице. Размеры глобул белка в несколько раз больше, чем жира. В процессе подготовки суспензии под действием влаги и температуры в открытых клетках льна происходит набухание белковых глобул, что способствует физическому смещению и выделению в водную среду липидных глобул из частичек разрушенной цитоплазматической матрицы. Кроме того, в водной суспензии водорастворимые полисахариды семян льна образуют глобулярные структуры. Согласно литературным данным [2] они состоят из двух фракций: кислой и нейтральной. Кислые пектиноподобные вещества имеют меньшую молекулярную массу, чем нейтральные арабиноксиланы, вследствие чего их сольватация (в данном случае — гидратация) и выделение из частичек льна происходит быстрее. Гидратные оболочки гидрофильных карбоксильных групп макромолекул кислой фракции экранируют отдельные участки макромолекул и уменьшают силы электростатического отталкивания между ними. Вследствие чего макромолекулы скручиваются и образуют глобулярные структуры [11]. Формирование участков с ячеистой структурой, по-видимому, связано с дальнейшей диффузией водорастворимых полисахаридов и увеличением в суспензии количества нейтральных арабиноксиланов, имеющих незащищенные гидратной оболочкой группы $-CH_2-$. Эти участки макромолекул взаимодействуют между собой, образуя межмолекулярные связи. Структуры, образующиеся при этом, по Зимону А. Д. [12] имеют вид сетки, или ячеек. Их формирование стабилизируется водородными и гидрофобными связями.

С увеличением скорости вращения мешалки формирование структурированной системы микроструктуры суспензии добавки из семян льна происходит быстрее вследствие интенсификации процесса перемешивания и, соответственно, диффузии водорастворимых веществ семян льна, в том числе и полисахаридов, из частичек добавки в водную среду. Согласно основным принципам пищевых производств (оптимального варианта, эффективного использования энергии и сокращения длительности технологического процесса) нами предложены следующие режимы подготовки суспензии добавки из семян льна для внесения в масло: $t = 30 \pm 2$ °С, скорость вращения мешалки 250...300 об/мин, время перемешивания 15...20 мин.

Выводы:

1. Установлено, что при скорости вращения мешалки 200, 250, 300 и 350 об/мин в микроструктуре суспензии формируются идентичные структурные элементы: непрерывная фаза водного раствора полисахаридов, которая содержит глобулы, многогранные ячейки и частички семян льна.
2. Выявлено, что с увеличением скорости вращения мешалки формирование микроструктуры суспензии добавки из семян льна происходит быстрее.

3. Предложены следующие режимы подготовки суспензии добавки из семян льна для внесения в масло: $t = 30 \pm 2$ °С, скорость вращения мешалки 250...300 об/мин, время перемешивания 15...20 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. De Filippis, A. P. *Understanding omega-3's* / A. P. DeFilippis, L. S. Sperling // *American Heart Journal*. — 2006. — Vol. 151. — № 3 — P. 564 — 570.
2. Капрелянц, А. В. Функціональні продукти / А. В. Капрелянц, К. Г. Іоргачова. — Огеса: Друк, 2003. — 312 с.
3. *Flaxseed: a functional food for the 21st century* // *Canadian Chemical News*. — 1998. — № 5.
4. Небайдужа, А. Насіння льону має бути на кожному обідньому столі / А. Небайдужа // Ваше здоров'я. Медична газета України. — 2006. — № 47.
5. Hu C. Antioxidant activities of the flaxseed lignan secoisolariciresinol diglucoside, its aglycone secoisolariciresinol and the mammalian lignans enterodiol and enterolactone in vitro / C. Hu, Y. V. Yuan, D. D. Kitts // *Food and Chemical Toxicology*. — 2007. — № 45. — P. 2219 — 2227.
6. Рашевська, Т. О. Наукові основи технології і формування наноструктури вершкового масла з рослинними харчовими добавками: дис...г. т. н.: спец. 05.18.16 — технологія продуктів харчування / Т. О. Рашевська — К., 2010. — 499 с.
7. Махоніна, М. Ю. Вплив тривалості перемішування водної суспензії поліфункціональної добавки із насіння льону на її мікроструктуру / М. Ю. Махоніна, Т. О. Рашевська // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Збірник наук. праць ХДУХТ. — Харків. — 2009. — Вип. 2 (10). — С. 219 — 224.
8. 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.
9. Махонина, М. Ю. Микроструктура водної суспензії добавки из семян льна / М. Ю. Махонина Т. А. Рашевская, А. И. Українець // Живые системы и биологическая безопасность населения: материалы 8-й межд. науч. конф. 17 — 18 ноября 2009 г. — Москва. — 2009. — С.116 — 117.
10. www.comodity.ru
11. Ильина И. А. Исследование изменений физико-химических показателей пектина / И. А. Ильина, З. Г. Земскова, Т. В. Уврачева // Вестник РАСХН. — 2003. — № 3. — С. 81 — 82.
12. Зимон А. Д. Коллоидная химия / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. — 3-е изд., доп. — М.: АГАР, 2001. — 320 с.