

МИКРО- И НАНОСТРУКТУРА СЛИВОЧНОГО МАСЛА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С КРИОПОРОШКОМ ПОЧЕК ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

Т.А. Рашевская

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

E-mail: rashevsk@nuft.edu.ua

Micro- and nanostructure of butter with blackcurrant cryopowder was studied by scanning electron microscope investigation. It is proved, that the addition of low dose of blackcurrant cryopowder gives functional properties to butter and can make nanostructure elements 5÷25 times smaller. Therefore the quality of butter is better. Multifunctional properties of blackcurrant cryopowder in multicomponent system as butter were proved.

Одной из основных задач современной пищевой индустрии является создание пищевых продуктов, соответствующих современным требованиям науки о сбалансированном и здоровом питании. Традиционным пищевым продуктам можно придавать функциональные свойства, обогащая их биологически активными веществами (БАВ) и, таким образом, пищу сделать лекарством, а лекарство – едой, как рекомендовал еще Гиппократ. В последнее десятилетие особое внимание ученые придают обогащению пищевых продуктов добавками, полученными из натурального растительного сырья.

Сливочное масло является традиционным продуктом для населения Украины и многих других стран. Для создания видов сливочного масла подбирали добавки, изготовленные из растительного сырья и богатые БАВ. Критерием выбора служили функциональные свойства добавок и их совместимость с составляющими сливочного масла. При выборе добавок по функциональным свойствам учитывались их оздоровительные, лечебно-профилактические и радиопротекторные свойства, сведения о них получали анализируя данные литературных источников. Совместимость добавок с составляющими сливочного масла определяли по результатам экспериментальных испытаний, включая органолептическую оценку опытных образцов масла. По результатам испытаний установлено, что с компонентами сливочного масла хорошо совместим криопорошок из почек черной смородины, который является представителем криопорошков, полученных из нетрадиционного растительного сырья.

Известно [1], что ценность смородины черной, как витаминной культуры, не ограничивается ягодами. Выявлено, что содержание аскорбиновой кислоты в почках и листьях черной смородины выше, чем в ягодах на 10÷100%. В почках и листьях смородины черной установлено значительное содержание веществ Р-витаминной активности – флавоноидов, катехинов, лейкоантоцианов. В процессе традиционных способов сушки содержание витаминов С и Р в ягодах, почках и листьях смородины понижается на 50 – 60 %. Сублимационная сушка приводит к минимальным потерям [1].

Криопорошки из ягод и почек смородины черной характеризуются широким спектром лечебного действия. Они используются как витаминное средство, повышающее стойкость организма к неблагоприятным условиям окружающей среды и улучшающее аппетит. Криопорошок содержит более 50 мг/% аскорбиновой кислоты в свободном состоянии, а общее содержание ее составляет около 580 мг/%, что в 2÷2,5 раза превышает концентрацию витамина С в криопорошке из ягод. Он содержит также до 1,5 мг/% биофлавоноидов и значительное количество микроэлементов: натрия - 38 мг/%, калия – 420 мг/%, магния – 28 мг/%, органических кислот – 3,9 %, имеет богатый аминокислотный состав [1]. Общее присутствие этих компонентов предупреждает развитие ломкости сосудов, имеет антиоксидантный эффект, уменьшает количество холестерина в крови, способствует активизации процесса обмена веществ.

Цель исследования – изучение формирования микро- и наноструктуры сливочного масла функционального назначения с криопорошком из почек смородины черной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Микро- и наноструктуру сливочного масла изучали методом сканирующей электронной микроскопии с использованием замораживающе-разламывающей техники для подготовки препаратов [2]. Исследовали сливочное масло с криопорошком из почек черной смородины: свежеизготовленное (МС_{св}), хранившееся при -18 °С в течении 6 месяцев (МС₋₁₈).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сливочное масло вырабатывали способом преобразования высокожирных сливок. В его структуре капли водной фазы (плазмы) диспергированы в непрерывной жировой фазе. В процессе преобразования высокожирных сливок в масло формирование наноструктуры сливочного масла проходит по методу «снизу – вверх».

Микроструктура МС_{св} содержит много неразрушенных жировых шариков $d \sim 1,3 \div 4,0$ мкм (рис. 1), которые только частично погружены в межглобулярную

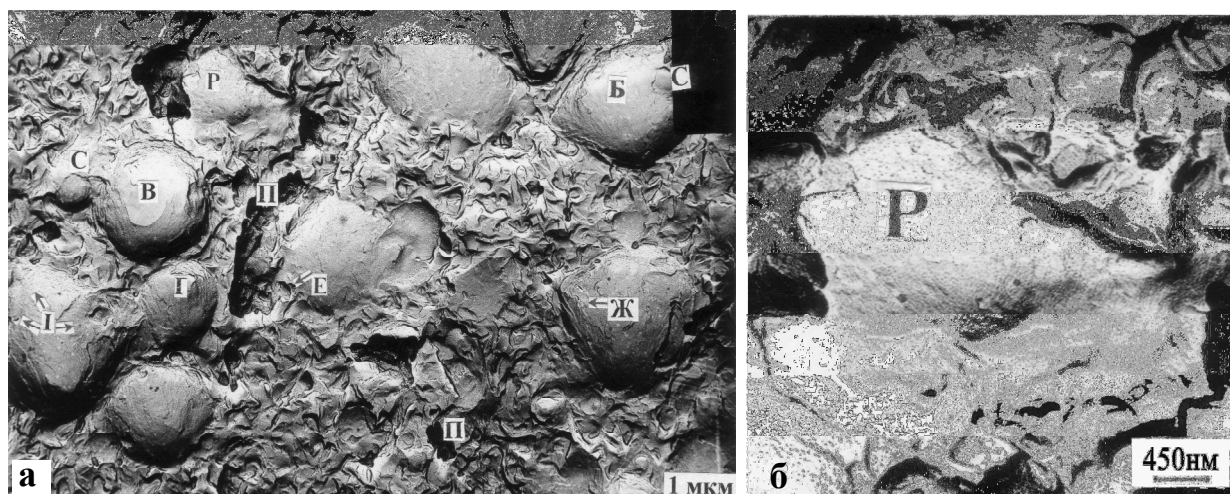


Рис. 1. Микро- и наноструктура МС_{св} (а) и ее фрагмент (б): жировые шарики – Б, В, Г, Ж, И, Е, Р; С – глобулы, выделяющиеся из жировых шариков Б, В, И; П – частички криопорошка.

структуру. При исследовании микроструктуры сливочного масла без добавок отмечали наличие одиноких разрушенных жировых шариков [3]. Из рис. 1, а видно незначительные разломы жировых шариков, которые проходят в основном по поверхностному аморфно-кристаллическому слою оболочек шариков. Все вышеизложенное указывает на прочную связь между глицеридным ядром и кристаллической оболочкой жирового шарика, а также между мономолекулярными кристаллическими слоями оболочки. Упрочнение этих связей связано с содержанием широкого комплекса полисахаридов в криопорошке из почек черной смородины, между полисахаридами и составляющими оболочки возникают прочные межмолекулярные связи.

На поверхности жировых шариков **В** и **Г** видны участки, на которых разлом оболочки прошел через несколько мономолекулярных кристаллических слоев. На поверхности разлома слоев видны многочисленные нанокapли влаги $d \sim 5 \div 10$ нм и образованные ими квазиодномерные цепочки. Выявлено новый механизм разрушения жирового шарика, который состоит из нескольких этапов: формирование внутри жирового шарика наноглобул $d \sim 100 \div 380$ нм; деформация шарика; формирование трубчатых ответвлений жировых шариков и выход образовавшейся наноглобулы через трубчатый канал ответвления в межглобулярную структуру. На снимке видны наноглобулы **С**, выделившиеся из жировых шариков **Б** и **В**, а также три ответвления шарика **И** с выделяющейся наноглобулой, кратер трубчатого канала жирового шарика **Е** и формирующееся ответвление шарика **Ж**. Многократное выделение наноглобул приводит к коллапсу жирового шарика, который постепенно уменьшается, изменяет форму и объемность. Примером служит жировой шарик **Р**, который уменьшился в 4 – 6 раз, приобрел неправильную четырехгранную форму, частично потерял объемность. Часть его превратилась в плоский слоистый кристаллический агрегат с выступами шероховатости и тонкой пленкой водной фазы на межфазной поверхности разлома слоев.

Микроструктура межглобулярной области $MC_{св}$ содержит частицы криопорошка **П** величиной $0,5 \div 1,5$ мкм, расположенные преимущественно возле жировых шариков. Величина кристаллических агрегатов и наноблоков в межглобулярной структуре $MC_{св}$ в $5 \div 25$ раз меньше, чем в масле без добавок. Они состоят из слоистых пластинчатых кристаллов неправильной многогранной или округлой формы с квазиодномерными цепочками из наночастиц водной фазы на границах их раздела.

В процессе хранения при -18 °С микро- и наноструктура масла существенно изменяется (рис. 2), что свидетельствует о ее самоорганизации. На поверхности жировых шариков, кристаллических агрегатов, наноблоков и нанозерен видны аморфно-кристаллические слои, которые сформировались вследствие возникновения межмолекулярных связей полисахаридов криопорошка с глицеридами жировой фазы межглобулярной области, обогащенной легкоплавкими глицеридами в процессе кристаллизации.

Микроструктура MC_{-18} содержит в основном неразрушенные жировые шарики. На снимке (рис. 2) зафиксирован жировой шарик **Б** с ячеистой структурой поверхности, образованной пластинчатыми многогранными

кристаллами. В наноструктуре поверхностного аморфно-кристаллического слоя оболочек жировых шариков и кристаллических агрегатов просматриваются пластинчатые многогранные кристаллы и трубчатые кристаллы $d \sim 10 \div 20$ нм с наночастицами водной фазы на их поверхности (рис. 2, б). На небольших участках с отколотым аморфным слоем видны кристаллы типа нанобугорков с каплями водной фазы на его вершине.

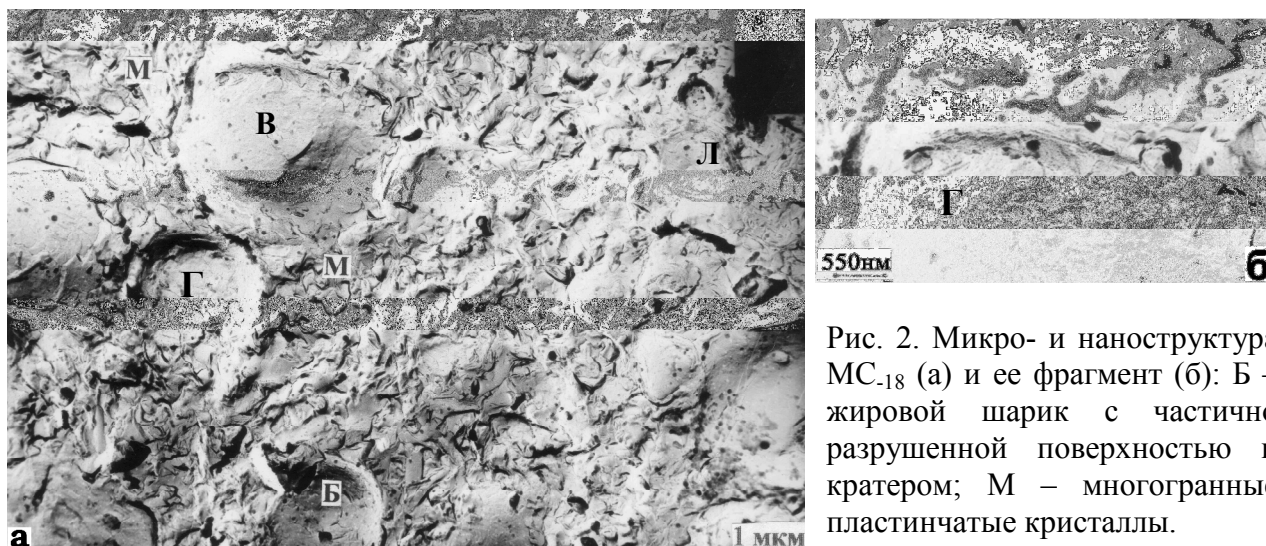


Рис. 2. Микро- и наноструктура МС₁₈ (а) и ее фрагмент (б): Б – жировой шарик с частично разрушенной поверхностью и кратером; М – многогранные пластинчатые кристаллы.

На снимке видны нетипичные для кристаллов структуры Л овальной формы с двойными структурными поверхностными слоями, имеющими сходство с липосомами. Формирование двойных слоев обусловлено, видимо, наличием в системе МС фосфолипидов, на которые богаты клетки почек черной смородины.

Комплексные исследования структуры и консистенции МС выявили увеличение содержания в нем прочно связанной адсорбционной влаги, особенно мономолекулярной [4, 5] и улучшение показателей структуры и консистенции относительно сливочного масла без добавок.

Установлено, что добавка криопорошка из почек черной смородины способствует упрочнению связи оболочки с ядром жирового шарика, увеличению толщины оболочки и величины жировых шариков, что предотвращает их разрушение; одновременно в 5...25 раз уменьшается величина кристаллических агрегатов, наноблоков и их наноэлементов. Все это способствует формированию зернистой структуры сливочного масла и изменению механизма разрушения структуры от крошливого до вязкого, что свидетельствует о повышении связности структуры и пластичности консистенции. Одновременно улучшаются показатели структуры, консистенции и хранимостпособности сливочного масла.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что криопорошок из почек смородины черной имеет полифункциональные свойства в многокомпонентной нанокристаллической системе сливочного масла.

По результатам медико-биологических испытаний в клиниках Украины и согласно выводов МОЗ Украины сливочное масло с криопорошком из почек

черной смородины рекомендовано использовать в лечебно-профилактическом и диетическом питании.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что внесение небольших доз криопорошка из почек черной смородины придает маслу функциональные свойства, способствует измельчению элементов наноструктуры в $5\div 25$ раз, величина которых находится в наноразмерном диапазоне. Измельчение наноструктуры улучшает показатели структуры и консистенции масла, повышаются его функциональные свойства и хранимоспособность.

2. Впервые выявлено и зафиксировано на снимках микро- и наноструктуры МС механизм разрушения и коллапс жировых шариков, базирующийся на дискретном выделении наноглобул, сформировавшихся внутри жировых шариков. В процессе хранения масла проходит самоорганизация его наноструктуры.

3. Выявлены полифункциональные свойства криопорошка из почек черной смородины в многокомпонентной нанокристаллической системе сливочного масла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлюк Р.Ю. Новые технологии витаминных углеводсодержащих фитодобавок и их использование в продуктах профилактического действия / Р.Ю. Павлюк, Л.И. Черевко, И.С. Гулый и др. – Х.: Харьк. гос. академия технол. и орг. питания; К.: Укр. гос. ун-т пищ. технологий, 1997. – 285 с.

2. Precht D. Elektronenmikroskopische Untersuchungen die physikalische Struktur in von Streichfetten in Butter / D. Precht, W. Buchheim // *Milchwissenschaft*. – 1979. – Bd. 34, H. 12. – P. 745 – 749.

3. Рашевська Т.О. Самоорганізація мікро- і наноструктури вершкового масла / Т.О. Рашевська, А.І. Українець // *Наукові праці ОНАХТ*. – 2008, вып. 33, т. 1. – С. 172–177.

4. Rashevskaya T.A. Identification of Moisture Nanoparticles in the Butter Sub-microstructure / T.A. Rashevskaya, I.S. Gulyi, A.I. Ukrainets et al. // *Materials Science and Engineering C*. (Elsevier). – 2002. – Vol. 19. – P. 33–35.

5. Рашевська Т.О. Стан води у вершковому маслі з добавкою криопорошку бруньок чорної смородини / Т.О. Рашевська // *Наукові праці УДУХТ*. – 1998. – № 4. – С. 113–115.