

## **ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВИДОВ СЛИВОЧНОГО МАСЛА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ПИЩЕВЫМИ ДОБАВКАМИ**

Т.А. Рашевская, д.т.н.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

### **Аннотация**

Впервые изучена микро- и наноструктура функциональных видов сливочного масла с растительными пищевыми добавками (РПД): полисахаридами и криопорошками, и масла без добавок (контроль). Формирование наноструктуры всех видов масла базируется на комбинации методов «снизу-вверх» и «сверху-вниз». Установлено, что внесение РПД способствует уменьшению величины структурных элементов масла в 5...25 раз, которые находятся в наноразмерном диапазоне, в т.ч. 1 – 100 нм. Это улучшает структуру, консистенцию, хранимоспособность сливочного масла. Выявлено самоорганизацию наноструктуры сливочного масла и предложен ее механизм. Показана целесообразность использования РПД для управления формированием наноструктуры и, соответственно, качеством сливочного масла.

Одним из основных направлений современного развития пищевой индустрии в развитых странах мира является создание функциональных продуктов, направленных на предотвращение заболеваний населения. Статистика экономически развитых стран свидетельствует о том, что около 70 % всех заболеваний прямо или косвенно связаны с нарушением питания.

На сегодня рынок продуктов функционального назначения лучше всего сформирован в Японии и США. В европейских странах концепция здорового питания является новой и отображает последние направления развития пищевой индустрии. Учитывая неблагоприятную экологическую обстановку в Украине в данное время актуальной проблемой является создание функциональных продуктов с оздоровительными, лечебно-профилактическими и иммуномодулирующими свойствами.

Концепция создания функциональных продуктов разработана на 25 и 26-м Международных молочных конгрессах (Дания, 1998; Франция, 2002). Она включает такие основные положения: обогащение продуктов функциональными компонентами должно иметь пищевое и медицинское обоснование; при проведении технологических процессов не должна теряться пищевая ценность продукта и вносимого компонента; при создании функциональных молочных продуктов необходимо учитывать характер и специфику национальной кухни и привычных для населения страны продуктов; молочные продукты могут быть отнесены к классу функциональных только Министерством здравоохранения страны по результатам клинических испытаний.

В последние годы ведущие ученые мира создание функциональных продуктов связывают с нанонаукой и нанотехнологией. Нанонауку определяют как совокупность знаний о свойствах веществ в наноразмерном диапа-

зоне ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), а нанотехнологию – как умение целенаправленно создавать наноструктуру материалов с заранее заданными свойствами [1].

Сливочное масло воспринимается как диетический продукт и занимает значительное место в питании населения Украины и других стран, входит в пищевой рацион учреждений здравоохранения и детских заведений. Исследования последних лет, проведенные в научных центрах развитых стран, показали [2], что молочный жир содержит компоненты, которые тормозят возникновение и развитие ряда болезней, в том числе опухолей. Вышеизложенное свидетельствует об актуальности создания функциональных видов сливочного масла.

Цель работы – изучение наноструктуры функциональных видов сливочного масла и создание теоретических основ ее формирования.

Нами впервые разработаны функциональные виды сливочного масла с растительными пищевыми добавками (РПД): полисахаридами пектином и инулином, криопорошками из свеклы красной столовой, моркови, топинамбура, бананов и почек черной смородины. На основании заключения медико-биологических испытаний и выводов МОЗ Украины рекомендовано использование созданных видов сливочного масла в лечебно-профилактическом и диетическом питании, а также утверждена НТД, к которой прилагаются согласованные с МОЗ этикетные надписи по их использованию в лечебно-профилактическом и диетическом питании.

Комплексные исследования с использованием физических методов показали, что сливочное масло является сложной нанокристаллической гетерогенной системой; внесение растительных пищевых добавок влияет на состояние жировой и водной фаз масла и их взаимодействие при формировании микро- и наноструктуры продукта. Методом электронной сканирующей микроскопии впервые изучена наноструктура сливочного масла и получено изображение наночастиц влаги в структуре масла. Центрами их формирования являются нанопоры, впервые обнаруженные нами в структуре молочного жира методом электронно-позитронной аннигиляции [3], диаметр нанопор составляет  $0,22 \dots 0,56 \text{ нм}$ . На электронно-микроскопических снимках в наноструктуре масла идентифицированы наночастицы воды  $d \sim 3 - 15 \text{ нм}$ . Наночастицы воды образуют квазиодномерные цепочки, нанодорожки и наноканалы на границах раздела аморфных и кристаллических слоев, нанозерен и фаз жира. Из нанопор параллельных кристаллических слоев формируются нанокпилляры, по которым в структуре продукта диффундирует водная фаза. Этим нами впервые доказана непрерывность водной фазы в сливочном масле, существующая на наноуровне, дискуссия о ее непрерывности велась учеными на протяжении 70 лет.

Жировая фаза сливочного масла состоит из двух систем: жировых шариков, распределенных в непрерывной эмульсии плазма/жир межглобулярной области, которая также содержит трехмерные слоистые кристаллические агрегаты и наноблоки, нанокристаллы и нанозерна. Формирование микро- и наноструктуры сливочного масла базируется на комбинировании методов «снизу-вверх» и «сверху-вниз». Непрерывная жировая фаза свежеизготовлен-

ного сливочного масла без добавок (контроль) – (МК) содержит кристаллические

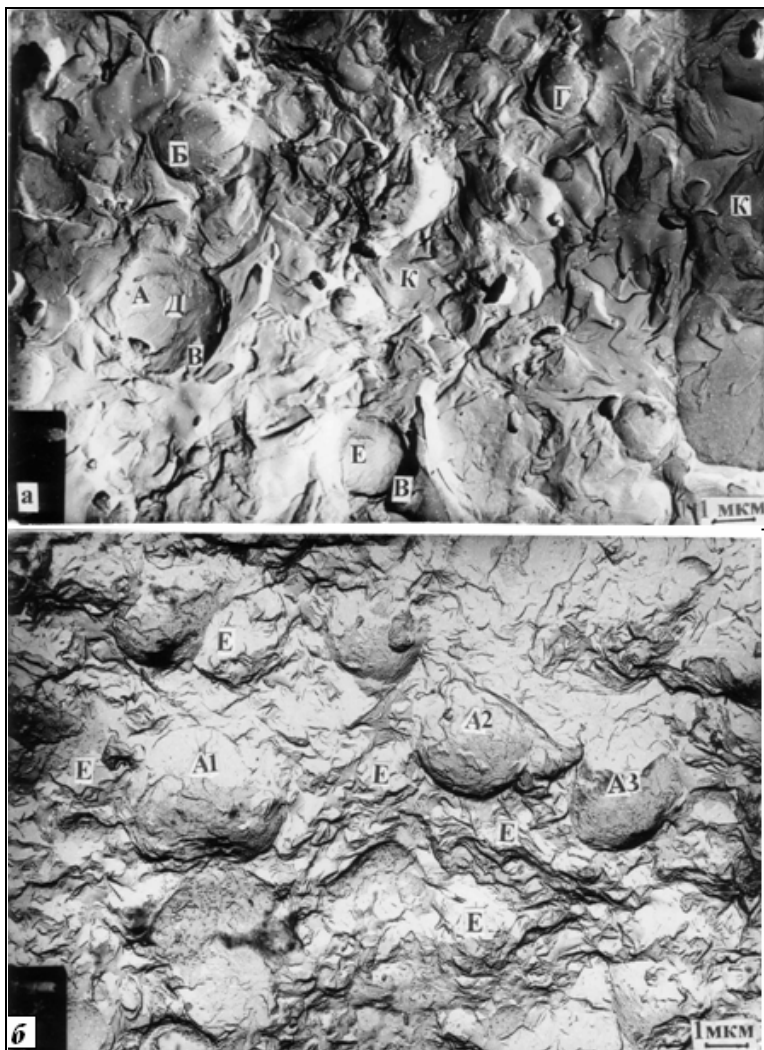


Рис. 1. Микро- и наноструктура МК, хранившегося при  $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (а) и  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (б); А, Б, Г - жировые шарики; К – кристаллический слой; Е – кристаллический агрегат; Д – водная нанодорожка; В – водный канал.

агрегаты величиной 1000 – 2600 нм (рис. 1). Поверхностные слои агрегатов и оболочек жировых шариков образованы аморфной жировой фазой, в которой просматриваются фрагменты с начальной стадией формирования ячеистой наноструктуры по методу «сверху-вниз». Наноструктура кристаллических слоев различается. Они состоят из трубчатых кристаллов  $d \sim 5 - 20$  нм или из ламелей, сформировавшихся из кристаллических нанозерен глицеридов. В процессе хранения сливочного масла происходит деление агрегатов на многогранные наноблоки, т.е. формирование структуры по методу «сверху-вниз», что более выражено при низких температурах хранения, в том числе минус  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наноструктура этого образца масла чрезвычайно слоистая (рис. 1, б), что соответствует органолептической

оценке их консистенции – слоистая, крошливая. Вышеизложенное свидетельствует о самоорганизации микро- и наноструктуры сливочного масла в процессе хранения.

Внесение полисахаридов и криопорошков приводит к измельчению элементов наноструктуры сливочного масла, размеры которых уменьшаются относительно МК в 5 – 25 раз и находятся в наноразмерном диапазоне, в том числе 1 – 100 нм; повышается дисперсность водной фазы: 60 – 85 % ее диспергируется на наноуровне [4]. Для наглядности на рис. 2 представлена микро- и наноструктура масла с полисахаридом пектином и криопорошком из красной столовой свеклы. Механизм измельчения связан с поверхностными явлениями и базируется на эффекте Ребиндера. Адсорбционное понижение прочности структуры элементов при внесении РПД, обладающих свойствами ПАВ, способствует образованию микро- и нанотрещин, формированию новой фазы [4,5].

Установлено, что внесение полисахаридов и криопорошков улучшает органолептические показатели сливочного масла, его консистенцию, структуру и реологические свойства, предотвращает формирование слоистой наноструктуры, тормозит микробиологические и биохимические процессы окисления жировой фазы сливочного масла, повышает его функциональные свойства и хранимоспособность. Впервые выявлено влияние наноструктуры масла на его хранимоспособность [6]. Вышеизложенное свидетельствует о полифункциональных свойствах растительных пищевых добавок.

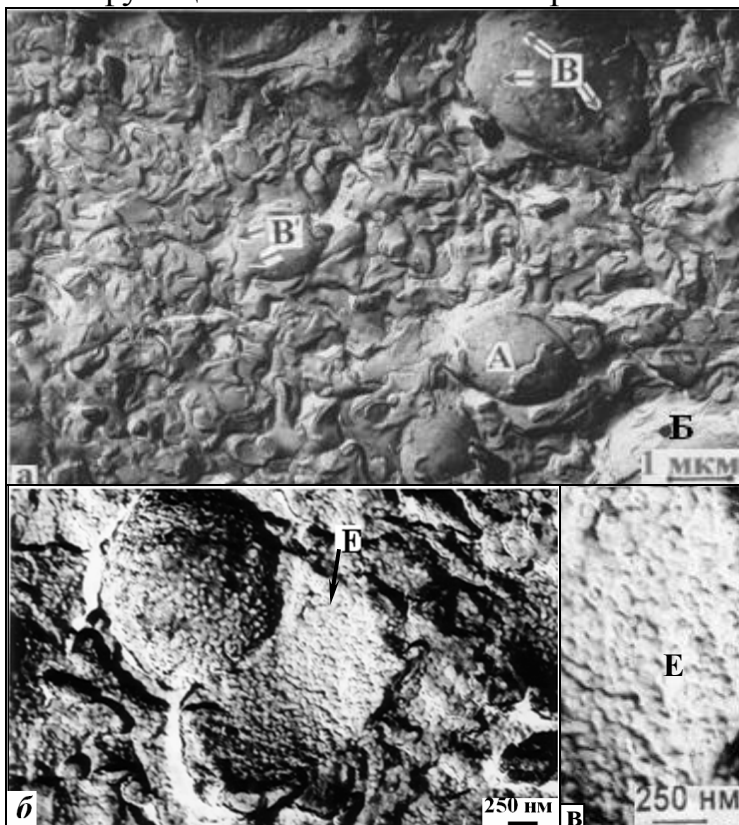


Рис. 2. Микро- и наноструктура сливочного масла: а – с пектином, б – с криопорошком из красной столовой свеклы, в – ячеистая наноструктура (фрагмент рис. 2., б). А, Б, В – жировые шарики, Е – ячеистая наноструктура

рархия ее самоорганизации, а также классификация ее наноэлементов по компонентному составу, признакам уровня в иерархии и физическим признакам – формой, величиной и структурой наноэлементов.

#### **Выводы:**

1. Установлено, что растительные пищевые добавки, обладающие полифункциональными свойствами, целесообразно использовать для управления формированием наноструктуры сливочного масла, величиной, формой, архитектурой и морфологией ее наноэлементов, что позволит регулировать качество и физико-химические свойства продукта.

2. Научные основы формирования и самоорганизации наноструктуры сливочного масла являются теоретической базой для создания пищевых нанотехнологий продуктов функционального назначения [7, 8], в первую очередь сливочного масла.

Установлено, что внесение небольших доз растительных пищевых добавок, обладающих свойствами ПАВ, целесообразно биологически активных веществ, рекомендуется использовать для регулирования наноструктуры сливочного масла и соответственно его качества [7, 8].

На основании результатов исследования впервые установлено, что в процессе производства и хранения сливочного масла происходит самоорганизация его наноструктуры [6]. Механизм самоорганизации основан на фазовых превращениях и фракционировании глицеридов, взаимодействии жировой и водной фаз масла. Предложены механизмы самоорганизации элементов наноструктуры и иерархия ее самоорганизации, а также классификация ее наноэлементов по компонентному составу, признакам уровня в иерархии и физическим признакам – формой, величиной и структурой наноэлементов.

## Список использованных источников

1. Poole Jr. Introduction to Nanotechnology / Jr. Poole, F. Owens. – Wiley: Interscience – 2003 – 330p.
2. Palmquist Donald L. Milk fat – it's good for you // Spec. Circ. Ohio Stat. Univ. Department of Ohio Arg. Res. and Dev. Cant. – 2001. – № 182. – P. 21–27.
3. Rashevskaya T. Positron Annihilation Study of Structural Relaxation and Crystallization of Glassified Milk Fat / T. Rashevskaya, I. Gulyi, M. Pryadko, M. Nishchenko, S. Likhtorovich. // International Agrophysics. – 2000. – vol. 14. – P. 221–225.
4. Rashevskaya T.A. Nanostructure of Butter with Biopolimer Pectin Additive / T.A. Rashevskaya, A.I. Ukrainets // Book of Abstract the European MRS Spring Meeting 2005, Symposium A “Current Trends in Nanoscience – from Materials to Applications”, 31 May – 3 June 2005. – Strasbourg (France), 2005. – P.A. – 53.
5. Rashevskaya T.A. Micro- and Nanostructure a Butter With Inulin / T.A. Rashevskaya // World of Inulin and Fructose: International Workshop, 8–9 April 2004: abstracts – Kiev (Ukraine), 2004. – P. 24.
6. Рашевська Т.О. Формування мікро- і наноструктури вершкового масла функціонального призначення з кріопорошком із червоного буряка / Т.О. Рашевська, А.І. Українець // Фізико-хімічні основи формування і модифікації мікро- і наноструктур. Збірник наукових праць. – Харків: НФТЦ МОН та НАН України, 2009 – т. 1 – С. 121 – 124.
7. Рашевская Т.А. Перспективы использования биополимеров для управления наноструктурой и функциональными свойствами жиросодержащих пищевых продуктов / Т.А. Рашевская, А.И. Українець // Фізико-хімічні основи формування і модифікації мікро- і наноструктур. Сборник научных трудов. – Харьков: НФТЦ МОН и НАН Украины, 2008 – т. 1 – С. 179 – 182.
8. Рашевская Т.А. Кристаллизационное регулирование наноструктуры и свойств сливочного масла с биополимерами функционального назначения / Т.А. Рашевская, А.И. Українець // Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация для нанотехнологий, техники и медицины: V Межд. науч. конф., 23–26 сент. 2008г.: тезисы докл.– Иваново (Россия): ИХР РАН, 2008. – С. 189.
9. Rashevskaya T. Nanostructure Interfaces of Phases and Nanoelements Multicomponent Lipid System / T. Rashevskaya // Book of Abstract the MRS Spring Meeting 2009, Simposium MM: Synthesis of Bio- Inspired Hierarchical Soft and Hybrid Materials, 13 – 17 April 2009. - San-Francisco (USA), 2009 – P. MM – 21.

### **Specialities of Nanostructure of Functional Butter with Herbal Food Additives**

T.A. Rashevskaya

National University of Food Technologies

#### **The summary**

Micro- and nanostructure of functional butter with (polysaccharides and cryopowders) and butter without additives were studied for the first time. Formation

of nanostructure of all kinds of butter is based on combining of two methods “bottom-up” and “top-down”. It was proved, that addition of herbal food additives promotes decreasing structural elements by 5...25 smaller. They are in a nanoscale diapason 1 – 100 nm. It makes the structure, texture better and the storage period longer. Self-organization of nanostructure of butter was revealed and the mechanism of its formation was suggested. Worthwhileness of usage of herbal food additives for providing the formation of nanostructure and butter quality was shown.