

## PECTIN BIOPOLYMER EFFECT ON BUTTER NANOSTRUCTURE

S. Ivanov, T. Rashevskaya

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Butter*

*Pectin*

*Nanostructure*

---

**Article history:**

Received 23.12.2013

Received in revised form  
08.01.2014

Accepted 21.01.2014

---

**Corresponding author:**

T. Rashevskaya

**E-mail:**

rashevsk@nuft.edu.ua

---

**ABSTRACT**

The results of nanostructure of butter studies by electron microscopy and influence on the formation of butter nanostructure with additives of biopolymer pectin. Determined that the nature and properties of pectin significantly affect the formation of nanostructures of butter, the size and morphology of nanoelements. Adding pectin causes a reduction in nanostructures items by 5-25 times. Nanoelements in the range of 1—100 nm. Its grinding improves the structure and consistency of the butter, prevents the formation of a layered structure and brittle consistency.

## ВПЛИВ БІОПОЛІМЕРУ ПЕКТИН НА НАНОСТРУКТУРУ ВЕРШКОВОГО МАСЛА

С.В. Іванов, Т.О. Рашевська

*Національний університет харчових технологій*

*У статті наведено результати досліджень методом електронної скануючої мікроскопії наноструктури вершкового масла та впливу біополімеру пектин на формування наноструктури вершкового масла. Встановлено, що природа і властивості пектину суттєво впливають на формування наноструктури вершкового масла, величину і морфологію її наноелементів. Внесення пектину спричиняє зменшення елементів наноструктури в 5—25 разів. Величина наноелементів знаходиться в нанорозмірному діапазоні 1—100 нм. Її подрібнення сприяє поліпшенню структури і консистенції масла, запобігає формуванню шаруватої структури і крихкої консистенції.*

**Ключові слова:** *вершкове масло, функціональні властивості, пектин, наноструктура, консистенція, термостійкість.*

Статистика економічно розвинених країн свідчить про те, що близько 70 % всіх захворювань пов'язані з харчуванням. В останні роки відзначається зростання захворювань серед населення України, особливо на радіаційно забруднених територіях. У зв'язку з домінуванням харчового фактора в патогенезі захворювань одним із актуальних соціальних завдань нашого часу є розробка

нових вітчизняних технологій харчових продуктів функціонального призначення, спрямованих на захист і збереження здоров'я населення України. Збагачення традиційних продуктів біологічно активними речовинами надає їм функціональних властивостей [1]. Згідно з концепцією, розробленою Міжнародною молочною федерацією, збагаченню підлягають продукти, звичні для даної країни, а функціональними компонентами повинні бути речовини, що використовуються в медицині для профілактики і лікування захворювань.

Вершкове масло — натуральний продукт підвищеної біологічної цінності з дієтичними властивостями [2]. Масло рекомендується вживати для дієтичного та дитячого харчування, в дієтах спортсменів, хворих з розладом органів травлення, печінки, жовчного міхура [2]. Результати досліджень, проведених у наукових центрах провідних країн світу, виявили [3], що молочний жир містить компоненти, які гальмують виникнення низки захворювань, у тому числі пухлин. Цінні властивості харчових продуктів можна істотно підвищити при цілеспрямованому збагаченні їх біологічно активними речовинами.

Нами розроблено асортимент функціональних видів вершкового масла з харчовими добавками з рослинної сировини, зокрема вершкове масло з пектином [4—6]. Біополімер пектин має цінні біологічні властивості [7], найбільш відома його антибактеріальна дія. Пектин використовується в медицині для виготовлення антисептиків, препаратів, що зупиняють кровотечу. Також цей біополімер ефективний у профілактиці та лікуванні атеросклерозу. Пектиновмісні продукти включають в дієту в умовах радіоактивного забруднення, при гострій променевої хворобі [8].

Останнє десятиріччя вчені пов'язують створення функціональних матеріалів з нанонаукою і нанотехнологією [9]. Нанонаука — це сукупність знань про властивості речовин у нанорозмірному діапазоні 1—100 нм, а нанотехнологія — уміння цілеспрямовано створювати наноструктуру об'єктів, матеріалів і систем із заданими властивостями. Це вказує на необхідність дослідження впливу добавок на наноструктуру харчових продуктів.

### *Вивчення впливу добавки біополімеру пектин на наноструктуру вершкового масла*

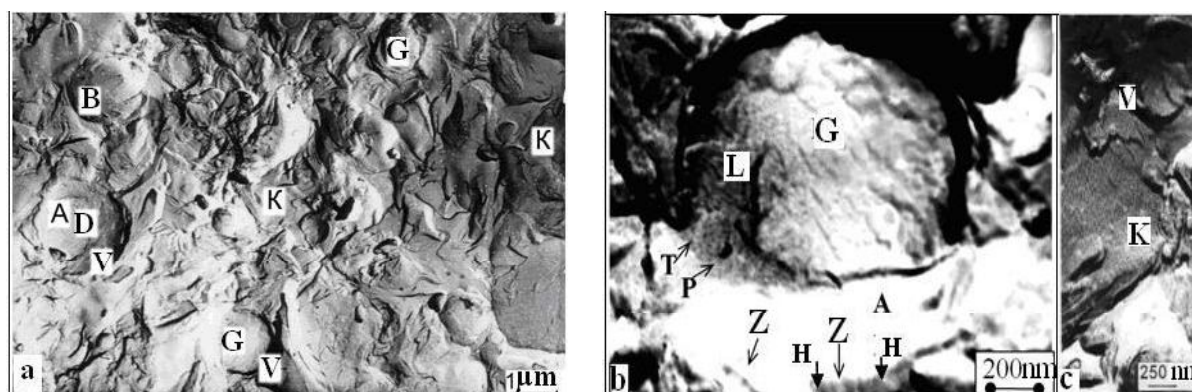
Досліджували вершкове масло з добавкою яблучного пектину (МП); контролем слугувало вершкове масло без добавок (МК). Мікро- та наноструктуру вершкового масла досліджували методом скануючої електронної мікроскопії, яка є найбільш ефективним способом отримання зображень поверхні зразка та визначення розмірів наночастинок [9]. Для підготовки препаратів вершкового масла до дослідження використовували заморожувально-розломлювальну техніку, що дозволяє фіксувати істинну структуру вершкового масла. Досліджували зразки свіжовиготовлених видів масла (МКсв, МПсв), що зберігалися при температурі  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (МК<sub>-18</sub>, МП<sub>-18</sub>) протягом 6 місяців.

Наноструктура вершкового масла вперше вивчена нами у [5, 6, 10]. Встановлено, що вершкове масло є наноструктурним нанокристалічним матеріалом. Отримано зображення наноелементів структури масла: наноагрегатів і наноблоків, нанокраплин вологи та їх квазіодномірних ланцюгів, водних наноканалів і нанокапілярів.

Із наночастинок вологи і нанозерен на межі поділу аморфних і кристалічних шарів формуються квазіодномірні ланцюги. Мікроструктура МК<sub>св</sub> містить поодинокі, частково зруйновані жирові кульки ( $d \sim 1,5\text{—}3,5$  мкм), що розподілені в міжглобулярній структурі (рис.1).

Міжглобулярна структура МК<sub>св</sub> складається з кристалічних гліцеридних шарів, сформованих із мономолекулярних гліцеридних шарів товщиною 5 нм. Вона містить шаруваті кристалічні агрегати, які сформувалися в процесі маслоутворення. На межі поділу жирової кульки і міжглобулярної структури видно водний канал L шириною близько 60 нм, а на межі поділу частково оголеного ядра жирової кульки і його оболонки видно квазіодномірний ланцюжок із наночастинок водної фази Н.

На поверхні кристалічних агрегатів і жирових кульок утворилася оболонка з аморфно — кристалічних легкоплавких гліцеридів, які виділилися в процесі кристалізації жирової фази масла. Поверхня кристалічних гліцеридних шарів структурована. В ній проглядаються первинні кристалічні комірки, кристалічні нанозерна жирової фази, наночастинки вологи й ламелі з кристалічних нанозерен ( $d \sim 5\text{—}10$  нм) і нанокраплин вологи ( $d \sim 3\text{—}10$  нм) завдовжки близько 1600 нм. На міжфазних поверхнях поділу кристалічних шарів видно прошарок водної фази у вигляді плівок або нанокраплин водної фази [6]. Це свідчить про фракціонування гліцеридів у процесі формування кристалічних шарів.

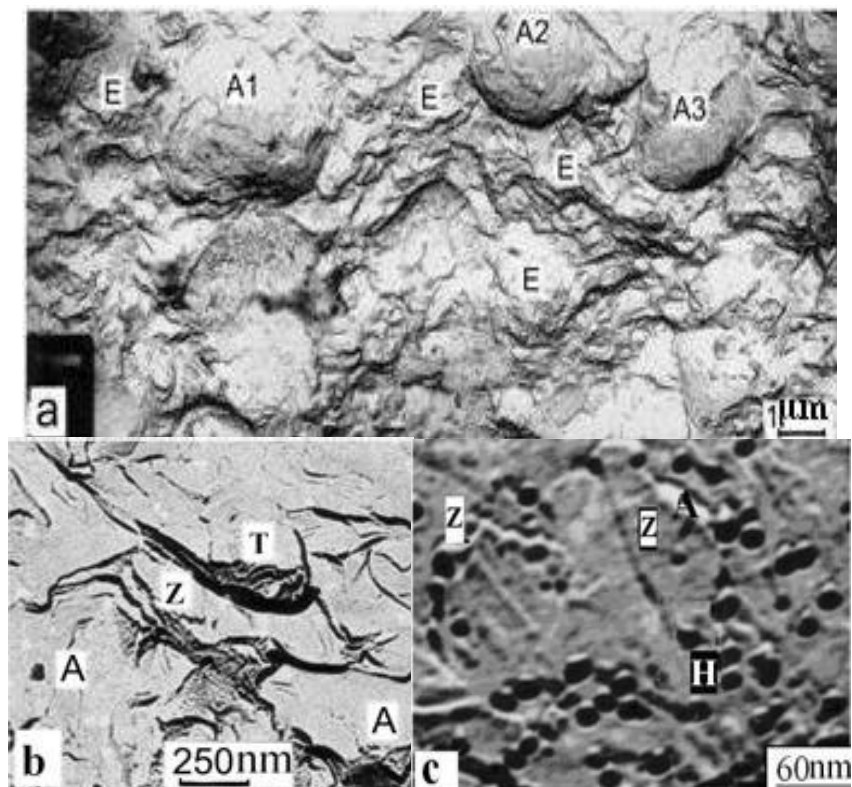


**Рис. 1. Мікро- і наноструктура МК<sub>св</sub> (а), її фрагменти (b, c): A, D, B, G — жирові кульки; L — водний канал; H — наночастинки водної фази; K — кристалічні поверхні**

У процесі зберігання МК при  $-5$  °C і  $-18$  °C відбувається поділ кристалічних шарів на багатогранні шаруваті наноагрегати і наноблоки [6]. Вони складаються із кристалічних і мономолекулярних шарів, між якими розміщені прошарки з наночасток водної фази, а їхня оболонка містить поверхневий аморфний шар. У МК<sub>18</sub> на частково зруйнованих жирових кульках міжглобулярної ділянки формується надзвичайно шарувата наноструктура (рис. 2). Це пов'язано з фазовими перетвореннями гліцеридів жирової фази масла, що проходять у процесі зберігання масла.

Методом електронно-позитронної анігіляції нами вперше виявлено [6] наявність нанопор у структурі молочного жиру. Нанопори паралельних кристалічних

шарів утворюють нанокapіляри, по яким дифундує водна фаза, що доводить її безперервність у вершковому маслі на нанорівні. Це відповідь на багаторічну полеміку стосовно безперервності водної фази у вершковому маслі. За даними електронно-мікроскопічних досліджень виявлено, що структура МП містить більше незруйнованих жирових кульок величиною 1,4—4,2 мкм (рис. 3).

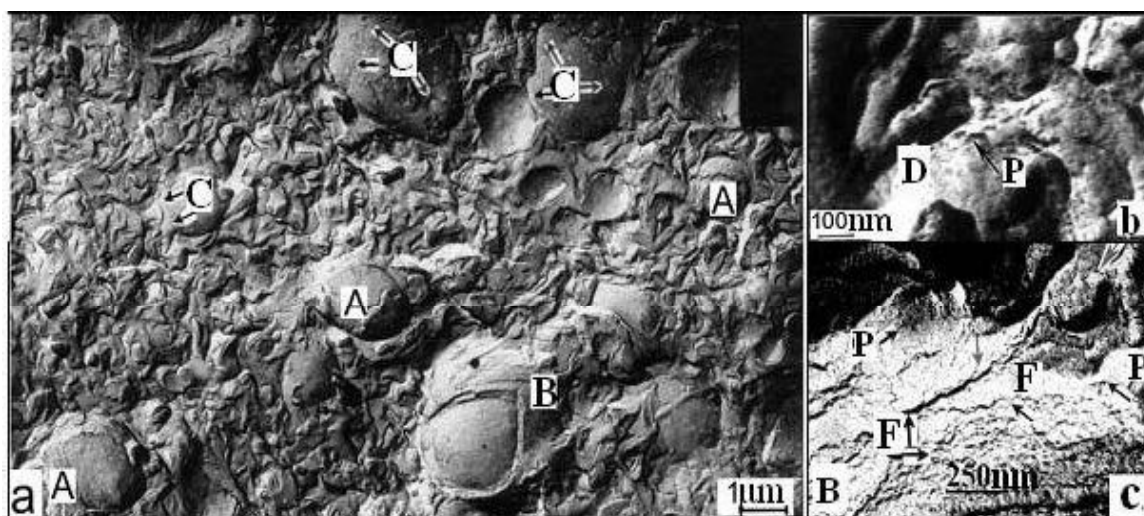


**Рис. 2** Мікроструктура МК<sub>18</sub> (а) та її фрагменти: А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>, А<sub>3</sub> — жирові кульки; Е — кристалічні агрегати; А — аморфний шар; Z — шорстка з виступами поверхня розлому; Т — тераса; Н — нанокраплини води

Величина жирових кульок в МП<sub>св</sub> більша, ніж у МК<sub>св</sub>. Це пов'язано з утворенням додаткових пектино-ліпідних шарів на їхніх оболонках. У МП<sub>св</sub> наноструктура пектино-ліпідних шарів оболонки складається з пластинчастих багатогранних нанокристалів ромбічної форми з розмірами сторін 8—10 нм і наночастинками води на шорстких межах їх розлому і нанобугорків Р (рис. 3,с). Проявився новий механізм руйнування жирових кульок, який базується на дискретному виділенні наноглобул, що сформувалися всередині жирової кульки В. У міжглобулярній структурі зразків МП, порівняно з МК, величина наноелементів менша у 5—25 разів і знаходиться в нанорозмірному діапазоні 1—100 нм. Наноагрегати мають тривимірну багатогранну, сферичну й циліндричну форми і пектино-ліпідні шаруваті оболонки. Поверхні їх розлому мають форму тераси. У міжглобулярній структурі МП<sub>18</sub> сформувалися пектино-ліпідні шари, які можна віднести до рідкокристалічних систем зі структурною організацією смектичних фаз.

Виявлено, що внесення пектину сприяє більш тонкому диспергуванню води в маслі на мікро- і нанорівні. Наноструктура зразків МП містить наночастинки води  $d \sim 5\text{—}10$  нм, довжина їхніх ланцюгів у 30—60 разів

менша, ніж у МК. Електронно-мікроскопічні дослідження показали, що на формування наноструктури вершкового масла суттєво впливають природа і властивості внесеного пектину.



**Рис.3** Мікроструктура МП<sub>св</sub>(а) та її фрагменти: А, В, С — жирові кульки, b — деформовані жирові кульки В з виділенням із них наноглобул; с — поверхня жирової глобули В з нанобугорками; F — поверхня разлому з виступами шорсткості

Згідно з даними медико-біологічних випробувань і висновками Міністерства охорони здоров'я України, вершкове масло з пектином рекомендовано використовувати в лікувально-профілактичному і дієтичному харчуванні. За даними комплексних досліджень встановлено [6], що зменшення величини і зміння морфології елементів структури вершкового масла з добавкою пектину покращує показники його структури та консистенції, запобігає появі таких вад масла: шаруватої структури і крихкої консистенції.

### Висновки

Розроблено вершкове масло з пектином функціонального призначення. Встановлено, що на формування наноструктури, величину і морфологію наноелементів структури вершкового масла з пектином суттєво впливає природа і властивості внесеного пектину. Виявлено формування поверхневих пектиноліпідних шарів на оболонках жирових кульок і в міжглобулярній структурі, які відносяться до рідкокристалічних систем із структурною організацією смектичних фаз. Внесення пектину сприяє зменшенню величини елементів наноструктури вершкового масла в 5—25 разів. Величина елементів знаходиться переважно в нанорозмірному діапазоні 1—100 нм. Подрібнення елементів наноструктури сприяє поліпшенню показників структури і консистенції вершкового масла, запобігає формуванню його вад — шаруватої структури і крихкої консистенції.

### Література

1. Капрельянци Л.В. Функціональні продукти: монографія / Л.В. Капрельянци. — Одеса: Изд-во «Друк», 2003. — 312 с.

2. *Вышемирский Ф.А.* Масло из коровьего молока и комбинированное. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 720 с.

3. *Miyoshi S., Pate J.L., Palmquist D.L.* Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin, ovarian function and conception in dairy cows // *Animal Reproduction Science*. — 2001. — Vol. 68. — №. 1. — P. 29—43.

4. *Rashevskaya T.A.* Formation of Gellular Crystalline Sub-microstructure in the Butter with Aditives / Т. Rashevskaya, I. Gulyi, M. Nishchenko, S. Liktorovich // *Article Materials Research Society*.—San Francisco (USA, California). — 2000. — P. — P. 7.1—7.6.

5. *Рашевская, Т.А.* Перспективы развития нанонауки и нанотехнологии в маслоделии / Т. А. Рашевская // *Пищевая промышленность*. — 2010. — № 4 (10). — С. 8—16.

6. *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.

7. *Голубев В.Н* Пектин: химия, технология, применение/ В.Н. Голубев, Шелухина Н.П. — М.: АТН РФ, 1995. — 388 с.

8. *Качалай Д.П.* Методические указания по использованию в лечебно-профилактических целях пектинов и пектиносодержащих продуктов № 5049-8 / Д.П. Качалай, П.А. Любенко, Л.П. Соболева. — Киев: Урожай — 1990. — С. 16.

9. *Poole C.P., Owens F.J.* Introduction to Nanotechnology. — Hoboken, NJ: J. Wiley: Interscience. — 2003. — 330p.

10. *Rashevskaya T.A.* Formation of Gellular Crystalline Sub-microstructure in the Butter with Aditives / Т. Rashevskaya, I. Gulyi, M. Nishchenko, S. Liktorovich // *Article Materials Research Society*.—San Francisco (USA, California). — 2000. — P. — С. 7.1—7.6.

## **ВЛИЯНИЕ БИОПОЛИМЕРА ПЕКТИН НА НАНОСТРУКТУРУ СЛИВОЧНОГО МАСЛА**

**С.В. Иванов, Т.А. Рашевская**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье приведены результаты исследований методом электронной сканирующей микроскопии наноструктуры сливочного масла и влияния биополимера пектин на формирование наноструктуры сливочного масла. Установлено, что природа и свойства пектина существенно влияют на формирование наноструктуры сливочного масла, величину и морфологию ее наноэлементов. Внешение пектина вызывает уменьшение элементов наноструктуры в 5—25 раз. Размер наноэлементов находится в наноразмерном диапазоне 1—100 нм. Ее измельчение способствует улучшению структуры и консистенции масла, предотвращает формирование слоистой структуры и хрупкой консистенции.*

**Ключевые слова:** сливочное масло, пектин, наноструктура.