

**д.т.н. Рашевская Т.А.**

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗДЕЛА В  
НАНОСТРУКТУРЕ СЛИВОЧНОГО МАСЛА С  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ**

Методом электронной сканирующей микроскопии впервые изучена наноструктура сливочного масла. Изучили наноструктуру разработанных нами функциональных видов сливочного масла с добавками из растительного сырья – биополимерами пектином и инулином и традиционное сливочное масло без добавки. Согласно данных клинических исследований и выводов Министерства здравоохранения Украины виды сливочного масла с пектином и инулином рекомендовано использовать в лечебно-профилактическом и диетическом питании. Влияние добавок биополимеров пектина и инулина на формирование наноструктуры сливочного масла исследовано впервые. На технологический процесс производства сливочного масла и его физико-химические свойства существенное влияние оказывают поверхности раздела элементов структуры и их свойства.

В работе впервые изучено формирование наноструктуры поверхностей на границе раздела фаз и наноэлементов многокомпонентной нанокристаллической системы сливочного масла и влияние функциональных добавок биополимеров пектина и инулина на наноструктуру поверхностей.

Выявлено, что в процессе маслообразования проходит формирование наноструктуры сливочного масла по методу «снизу-вверх», а в процессе его хранения проходит самоорганизация наноструктуры элементов и их поверхностей по методу «сверху-вниз». Механизм формирования и самоорганизации наноструктуры базируется на фазовых превращениях и фракционировании глицеридов жировой фазы масла. Встановлено, что на наноструктуру поверхностей раздела фаз и наноэлементов структуры сливочного масла существенное влияние оказывает природа внесенной добавки.

Микроструктура свежизготовленного сливочного масла без добавок содержит жировые шарики, кристаллические агрегаты и наноблоки. Их кристаллические слои состоят из мономолекулярных глицеридных слоев толщиной 5 нм. В поверхностном аморфном слое выявлены начальные структуры – многогранные ячейки и нанокристаллы. В процессе хранения

масла при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  выявлено формирование чрезвычайно слоистой наноструктуры масла, что связано с фракционированием и дискретной кристаллизацией глицеридов. Из дискретных групп-фракций глицеридов формируются параллельные кристаллические слои. Первоначальный кристаллический слой формируется из наиболее высокоплавких глицеридов, а расплав незакристаллизовавшихся глицеридов отталкивается фронтом кристаллизации. В меру удаления кристаллических слоев от первоначального слоя возрастает легкоплавкость образующих их глицеридов. Наиболее легкоплавкие глицериды образуют аморфные поверхностные пленки толщиной 10-20 нм, в которых формируется ячеистая наноструктура. Поверхности раздела многогранных ячеек содержат тонкие адсорбционно связанные пленки водной фазы масла.

Встановлено, что на поверхности параллельных кристаллических слоев формируются нанокapли водной фазы  $d\sim 3-50$  нм. Наиболее крупные капли образуются на кристаллическом слое из высокоплавких глицеридов, а мелкие  $d\sim 2-10$  нм – на слое из легкоплавких глицеридов. Величина нанокapель между слоями может служить зондом физико-химических свойств глицеридов. Границы раздела кристаллических и аморфных слоев, нанозерен и фаз жира имеют шероховатые поверхности и содержат пленку адсорбционно связанной влаги или нанокapли влаги.

Выявлено, что внесение в масло биополимеров пектина и инулина способствует образованию пектино-липидных и инулино-липидных поверхностных слоев (5-10 нм), образующих аморфно-кристаллические оболочки на жировых шариках и кристаллических агрегатах. Механизм их образования связан с поверхностными явлениями – адсорбцией поверхностно-активных веществ биополимеров на межфазных поверхностях и поверхностях раздела элементов наноструктуры. Пектино-липидные и инулино-липидные оболочки относятся к системам типа жидкокристаллической со структурной организацией смектических фаз. Внесение биополимеров существенно влияет на наноструктуру поверхностей. Наноструктура поверхности пектино-липидных оболочек состоит из пластинчатых многогранных нанокристаллов величиной 8-10 нм с нанокapлями водной фазы на шероховатых поверхностях раздела. Поверхности оболочек жировых шариков и кристаллических агрегатов также содержат нанокристаллы формы нанобугорков. Поверхностные пленки элементов наноструктуры сливочного масла с инулином имеют дендритную наноструктуру, под которой формируются разные типы наноструктур – глобулярная, нитчатая, ламельная и дендритная, что свидетельствует о фракционировании инулина. Выявлена адгезия тонких пленок водной фазы на поверхности раздела фаз и наноэлементов, которая повышает связность структуры масла и формируется на наноуровне и является важной характеристикой наноструктуры продукта.