



УДК 620.3:615.214.24

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ КОЭНЗИМ Q10 И ЕГО СВОЙСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОРОЖЕНОГО

А.А. Кролевец, д-р хим. наук, академик РАН, профессор кафедры технологии продуктов питания, заведующий лабораторией «Синтез микро- и наноструктур», ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт;

Н.И. Мячикова, канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой технологии продуктов питания, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»;

С.Г. Глотова, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения, ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт;

К.М. Семичев, лаборант-исследователь лаборатории «Синтез микро- и наноструктур», ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт

В работе приведены свойства наноструктурированного коэнзима Q10 и его использование в функциональных продуктах питания, таких как мороженое. Показано, что размеры наноструктурированного коэнзима Q10 не сильно зависят от природы оболочки. Так, в яблочном и цитрусовом пектине, а также в ксантановой камеди средний размер наночастиц составляет от 138 до 161 нм.

Ключевые слова: нанокапсулы, коэнзим Q10, самоорганизация, метод NTA, мороженое.

NANOSTRUCTURED COENZYME Q10 AND ITS PROPERTIES IN THE PRODUCTION OF ICE CREAM

A.A. Krolevets, PhD in Chemistry, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Professor of the Department of Food Technology, Head of the Laboratory for Synthesis of Micro- and Nanostructures, Regional Open Social Institute;

N.I. Myachikova, PhD Candidate in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Food Technology, Belgorod State National Research University;

S.G. Glotova, Associate Professor, Department of Food Technology and Commodity Research, Regional Open Social Institute;

K.M. Semichev, Laboratory assistant and Researcher of the Laboratory for Synthesis of Micro- and Nanostructures, Regional Open Social Institute

The paper presents the properties of nanostructured coenzyme Q10 and its use in functional food products, in particular, ice cream. It is shown that the size of nanostructured coenzyme Q10 is not strongly dependent on the nature of the shell. Thus, the average size of nanoparticles ranges from 138 to 161 nm in apple and citrus pectin, as well as in xanthan gum.

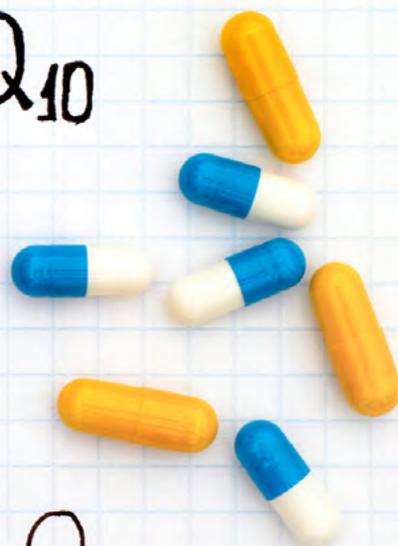
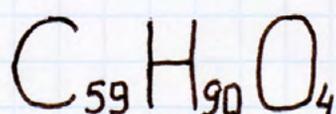
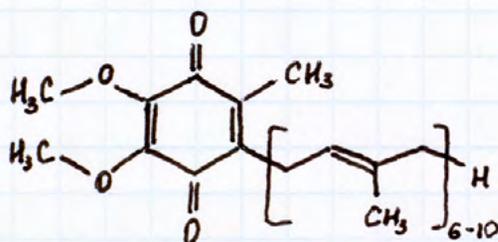
Keywords: nanocapsules, coenzyme Q10, self-organization, nanoparticle tracking analysis (NTA method), ice cream.

Витамин Q, или коэнзим Q10 относится к жирорастворимым витаминоподобным веществам. Он синтезируется в тканях человека из мевалоновой кислоты и продуктов обмена фенилаланина и тирозина.

Коэнзим Q10 принимает участие в реакциях окислительного фосфорилирования, является компонентом цепи переноса электронов в митохондриях.

Витамин Q является антиоксидантом и, в отличие от других антиокси-

Соензиме Q₁₀



Этот витамин широко применяется в кардиологии и педиатрии, а также в укреплении иммунной системы. Обнаружено также, что коэнзим Q10 повышает вдвое уровень антител и способствует снижению числа образующихся опухолей, уменьшению их величины и продлению жизни онкологических больных.

дантов, регенерируется организмом. Кроме того, этот витамин восстанавливает антиоксидантную активность витамина E.

Этот витамин широко применяется в кардиологии и педиатрии, а также в укреплении иммунной системы. Обнаружено также, что коэнзим Q10 повышает вдвое уровень антител и способствует снижению числа образующихся опухолей, уменьшению их величины

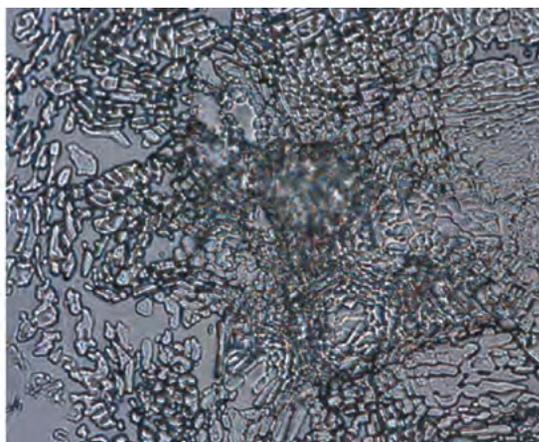
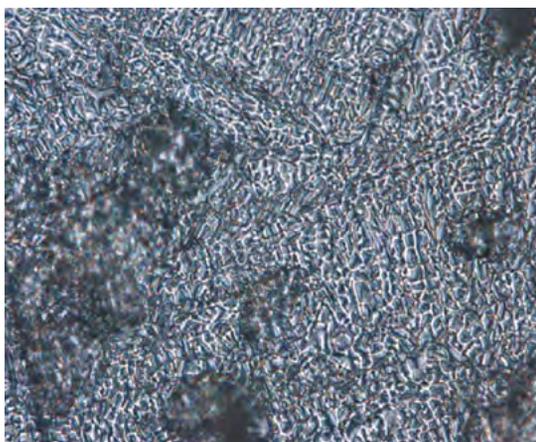


Рис. 1. Конфокальное изображение нанокapsул коэнзима Q10: а) в натрий карбоксиметилцеллюлозе, соотношение ядро:оболочка 1:3, в концентрации 0,125%, увеличение в 1200 раз; б) в натрий карбоксиметилцеллюлозе, соотношение ядро:оболочка 1:3, в концентрации 0,0625%, увеличение 920 раз.

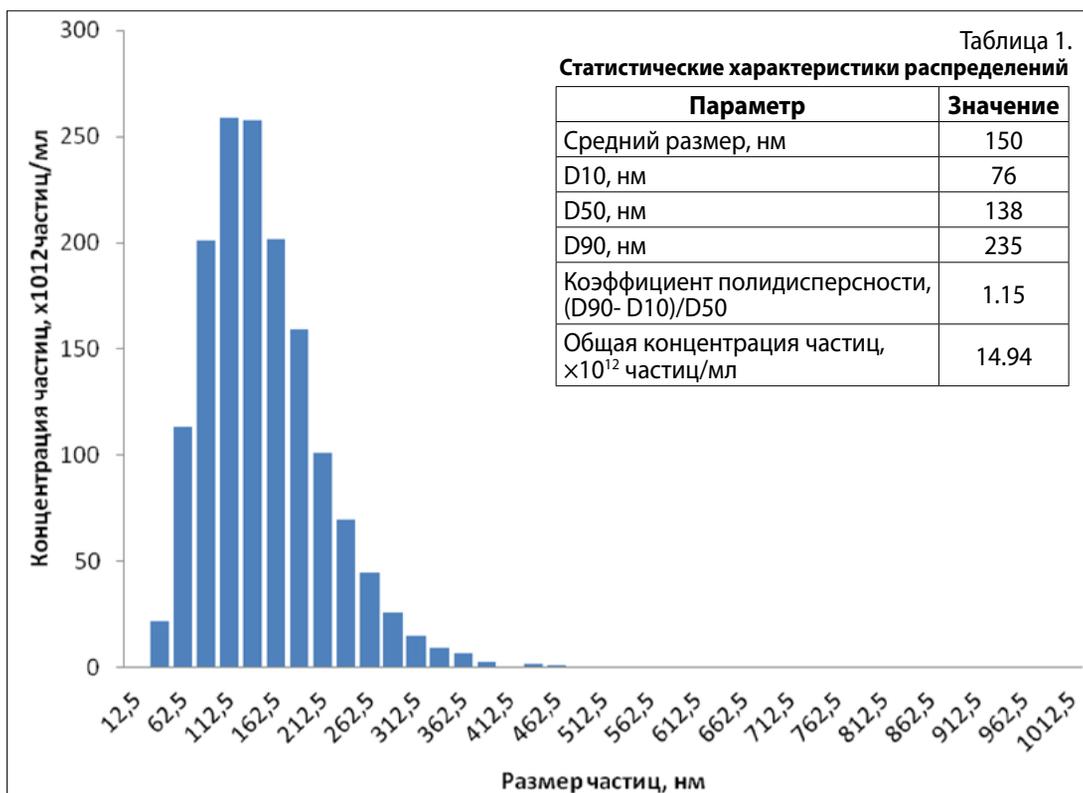


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул Q10 в высокоэтерифицированном яблочном пектине (соотношение ядро:оболочка 1:3)

и продлению жизни онкологических больных.

Противопоказания для приема коэнзима: гипотония и беременность.

Самая важная особенность наноструктурированных соединений это возможность построить огромную рабочую поверхность. Главное их применение — это контролируемое освобождение веществ в определенном месте и времени.

Исследование самоорганизации нанокапсул проводили следующим образом. Порошок наноструктурированных веществ растворяли в воде, каплю наносили на покровное стекло и выпаривали. Высушенная поверхность сканировали методом конфокальной микроскопии на микроспектрометре OmegaScore, производства AIST-NT (г. Зеленоград), совмещенном с конфокальным микроскопом. Поскольку в водном растворе нанокапсул при их



достаточно низкой концентрации обнаружены фрактальные композиции, они обладают самоорганизацией (рис. 1). Образование нанокапсул происходит спонтанно за счет нековалентных взаимодействий и это говорит о том, что для них характерна самосборка.

На рисунке 1 представлены самоподобные объекты, инвариантные относительно локальных дилатаций,

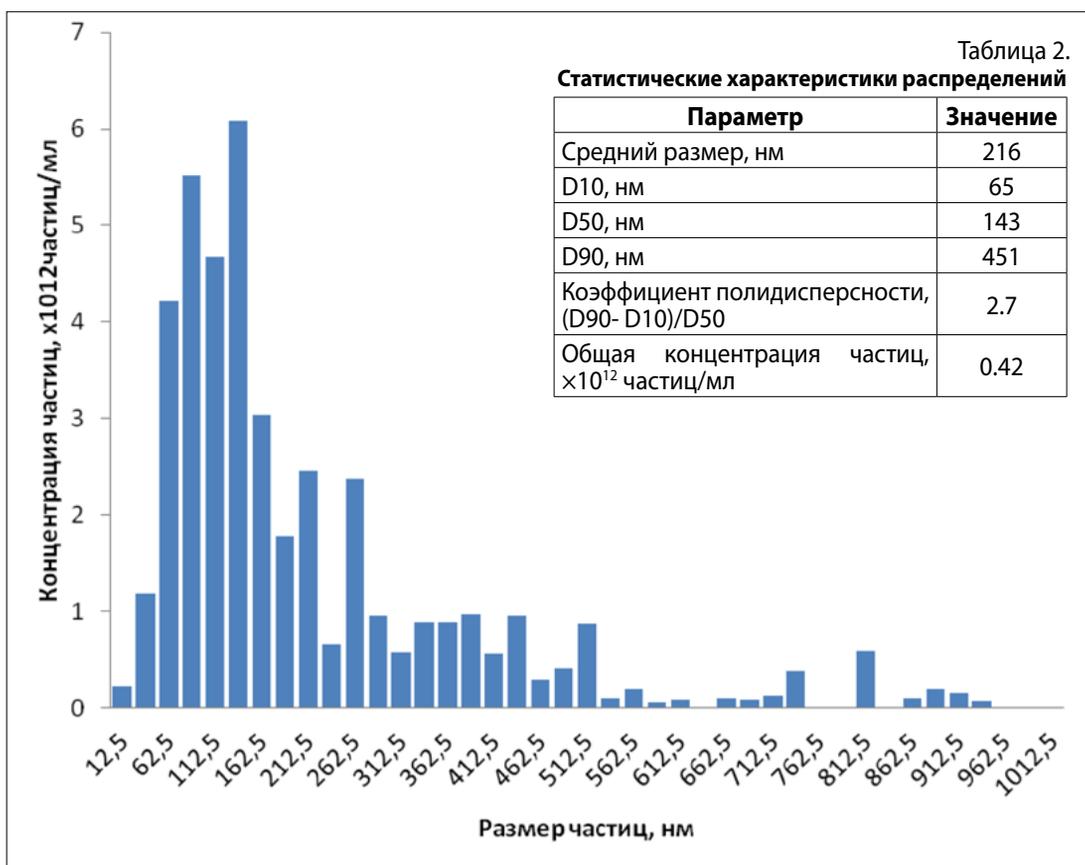


Рис. 3. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул Q10 в высокоэтерифицированном цитрусовом пектине (соотношение ядро:оболочка 1:3)

т.е. фракталы. Известно, что фракталы являются естественным заполнением множеств между известными евклидовыми объектами с целочисленными размерностями. Наличие фрактала указывает на возможность получения совершенно другого полимера при практически неизменном составе макромолекулы. Этот «новый полимер» будет иметь другие молекулярные характеристики и отличающуюся надсегментальную структуру.

Фрактальная композиция так же указывает на процесс самосборки, что указывает на образование нанокапсул.

Исследование размера нанокапсул методом NTA осуществлялось на мультипараметрическом анализаторе наночастиц Nanosight LM0 производства Nanosight Ltd (Великобритания) в конфигурации HS-BF (высококочувстви-

тельная видеокамера Andor Luca, полупроводниковый лазер с длиной волны 405 нм и мощностью 45 мВт). Прибор основан на методе Анализа траекторий наночастиц (Nanoparticle Tracking Analysis, NTA), описанном в ASTM E2834.

Оптимальным разведением для разведения было выбрано 1: 100. Для измерения были выбраны параметры прибора: Camera Level = 16, Detection Threshold = 10 (multi), Min Track Length:Auto, Min Expected Size: Auto. длительность единичного измерения 215 сек, использование шприцевого насоса.

На рис. 2-4 представлены размеры нанокапсул рибофлавина в альгинате натрия, геллановой камеди и каррагинане.

Полидисперсность материала — это неоднородность частиц по крупности

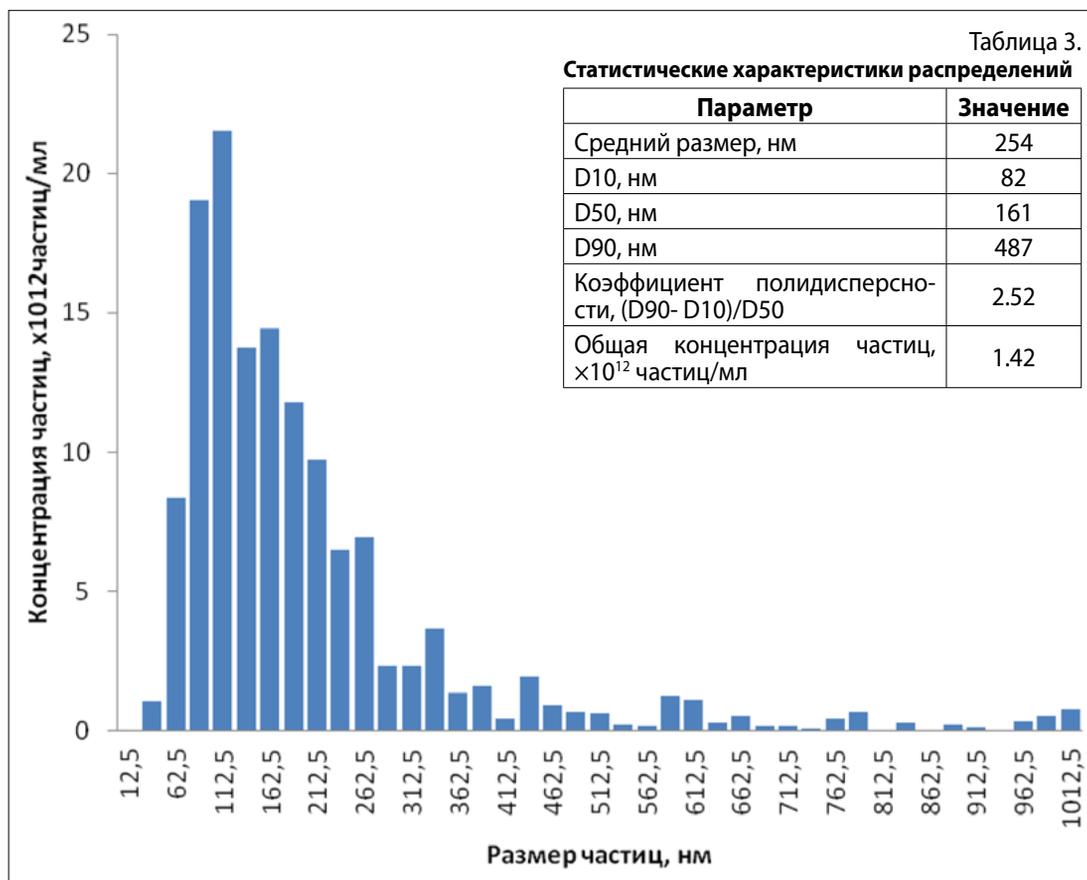


Рис. 4. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул Q10 в ксантановой камеди (соотношение ядро:оболочка 1:3)

или разнофракционность. Коэффициент полидисперсности k_d зависит от средневзвешенной крупности материала. Полидисперсность материала также зависит от медианного диаметра частиц в распределении. Таким образом, наиболее однородными материалами являются те, средневзвешенная крупность которых близка к медианному диаметру, что и показывают данные таблицы 1-3.

В результате проведенных исследований нами показано, что наноструктурированный коэнзим Q10 в различных оболочках проявляют супрамолекулярные свойства, средний размер наночастиц составляет от 150 нм (в яблочном пектине) до 250 нм (в ксантановой камеди), при этом 50% наночастиц коэнзима Q10 меняется от природы оболочки незначительно и составляет 138-161 нм.

После исследований свойств коэнзима Q10 были получены образцы мороженого с наноструктурированным витамином в различных оболочках. Не зависимо от природы оболочек продукт имел следующие свойства:

- кислотность 20°Т,
- вкус и запах — чистый, характерный для данного вида мороженого, без посторонних привкусов и запахов;
- консистенция — плотная;
- структура — однородная;
- цвет — равномерный по всей массе;
- взбитость мороженого — 100%.

Таким образом, полученные в работе результаты, позволяют говорить о том, что наноструктурированный коэнзим Q10 может с успехом применяться в функциональных продуктах питания для их обогащения витамином Q.