



УДК 620.3:615.214.24

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ЭКСТРАКТ МЯТЫ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОДУКТАХ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

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, доцент, канд. техн. наук, 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, студент, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»;

Е.М. Мамаева, студент, ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт

В работе приведены свойства наноструктурированного экстракта мяты, определены самоорганизация и размеры частиц с помощью метода NTA. Показано, что средний размер нанокapsул находится в пределах 119-160 нм и не зависит от природы оболочки наночастиц.

Ключевые слова: экстракт мяты, самоорганизация, метод NTA, функциональные продукты питания.

NANOSTRUCTURED MINT EXTRACT AND ITS USE IN FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS

A.A. Krolevets, Professor, Department of Food Technology, Head of the Laboratory «Synthesis of Micro- and Nanostructures», ChOU VO Regional Open Social Institute, Doctor of Chemical Sciences, academician of the Russian Academy of Natural Sciences;

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

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

K.M. Semichev, Student, Belgorod State National Research University;

E.M. Mamaeva, Student, ChOU VO Regional Open Social Institute

The paper presents the properties of a nanostructured mint extract, defines self-organization and particle measurements using the NTA method. It was shown that the average nanocapsule size is in the range 119-160 nm and does not depend on the nature of the nanoparticle shell.

Keywords: peppermint extract, self-organization, NTA method, functional food products.

Экстракты и настойки мяты используют как спазмолитическое, вяжущее, успокаивающее, противорвотное средство, принимают при депрессии, мигрени, головокружении, бессоннице, спастических запорах, вздутии живота, укачивании, плохом аппетите, заболеваниях желудка и кишечника,

печени и желчного пузыря, токсикозе у беременных.

Данная работа является продолжением наших исследований по исследованию наноструктурированных биологическим активных соединений [1-11].

Известно, что нанообъекты обладают высокой биодоступностью, что исполь-

зуется в медицине и фармакологии. В литературе отсутствуют сведения и свойствах наноструктурированной мяты.

В литературе не найдены работы по исследованию наноструктурированной экстракта мяты.

Размер капсул, содержащих биологически активные соединения имеют существенную роль для их физиологической активности в организме [12]. На примере многих лекарственных веществ было показано, что уменьшение размеров частиц приводит к изменению биодоступности и эффективности [13].

Нами впервые проведено исчерпывающее исследование по влиянию природы оболочки на размер нанокапсул на примере экстракта мяты. В качестве оболочек использовались альгинат натрия, натрий кабоксиметилцеллюлоза, конжаковая камедь.

Размеры полученных нанокапсул определяли методом NTA, а также проводились исследования супрамолекулярных свойств капсул с помощью самоорганизации. Супрамолекулярная химия использует законы органической синтетической химии для получения супрамолекулярных ансамблей, координационной химии комплексов и физической химии для изучения взаимодействий компонентов, биохимии — рассмотрения функционирования супрамолекулярных ансамблей. К супрамолекулярным свойствам относятся самосборка и самоорганизация [14,15]. В супрамолекулярной химии для достижения контролируемой сборки молекулярных сегментов и спонтанной организации молекул в стабильной структуре используют нековалентные взаимодействия [16,17]. Самоорганизующиеся структуры можно имитировать как аспекты биологических систем: искусственные клетки мембран, ферментов или каналы [18].

Исследование самоорганизации микрокапсул проводили следующим образом. Порошок инкапсулированно-

го экстракта мяты растворяли в воде, каплю наносили на покровное стекло и выпаривали. Высушенную поверхность сканировали методом конфокальной микроскопии на микроспектрометре OmegaScore, производства AIST-NT (г. Зеленоград), совмещенном с конфокальным микроскопом. Результаты приведены на рис. 1.

Поскольку в водном растворе нанокапсул при их достаточно низкой концентрации обнаружены фрактальные композиции, они обладают самоорганизацией. Образование нанокапсул происходит спонтанно за счет нековалентных взаимодействий и это говорит о том, что для них характерна самосборка. Следовательно, наноструктурированный экстракт мяты обладает супрамолекулярными свойствами.

Следует особенно подчеркнуть, что процессы в супрамолекулярной химии протекают на наноуровне и супрамолекулы имеют наноразмерный масштаб.

Для образования супрамолекулы ее компоненты должны иметь центры связывания с подходящими электрическими характеристиками (например, наличие донора или акцептора, полярность, возможность образования водородной связи, жесткость или мягкость структуры и т.п.). Кроме того, должны отсутствовать стерические препятствия для процессов самосборки супрамолекулы.

В супрамолекулярных структурах важную роль играют водородные связи. Одним из интересных классов супрамолекулярных структур являются дендримеры (каскадные молекулы) — монодисперсные макромолекулы с высоковетвленной трехмерной структурой. Дендример можно рассматривать как многокомпонентное соединение, вырастающее из центрального ядра подобно дереву. Возможности самосборки супрамолекул практически неисчерпаемы, как неисчерпаемы структуры самообразующихся молекул: капсулы, спира-

ли, супрамолекулярные квадраты, кубы, коробки, дендримерные структуры, координационные наномерные структуры, розеточные структуры и др. На основе различных супрамолекулярных структур конструируют разнообразные электронные устройства: переключатели, провода, выпрямители, а также различные молекулярные машины, материалы для нелинейной оптики и т.п.

Важную роль в развитии супрамолекулярной химии сыграли биологические системы. Многие синтетические супрамолекулярные системы были получены в рамках биомиметического подхода, т.е. путем подражания структуре или функции более сложных биологических объектов. Началом супрамолекулярной химии можно считать модель Фишера «ключ в замке», используемую в ферментативном катализе, которая была известна задолго до появления сложных систем типа криптоидов и самособирающихся устройств и систем. Это модель соответствия между формой субстрата (гость) и рецептором (хозяином). Связывание «субстрат–рецептор», часто чрезвычайно селективное, играет в биохимии очень важную роль. Оно обратимо. В значительной степени связывание субстрата часто нужно для индуцирования конформационного изменения рецептора, которое включает биохимический процесс. Это особенно важно для создания модельных систем ферментов, катализаторов различных биохимических процессов.

Изучение образования сложной наноструктуры и ее эволюции в ходе процессов кристаллизации без внешнего воздействия также потребовало описания этих явлений как самоорганизации. Однако в отличие от синергетического подхода эти явления происходят в условиях, близких к термодинамическому равновесию.

Несмотря на значительное число публикаций по супрамолекулярной химии,

природа самоорганизации в супермолекулах и супрамолекулярных кристаллах остается практически неизученной. Эта неопределенность относится даже к терминологии, используемой в супрамолекулярной химии. В первую очередь речь идет о так называемых процессах самосборки и самоорганизации, которые иногда (но далеко не всегда) различают. Термин «самосборка» имеет более широкое содержание. Он включает любые виды спонтанного связывания компонентов с использованием как ковалентного, так и нековалентного взаимодействий. Самоорганизация включает взаимодействие систем, способных к спонтанному возникновению порядка в пространстве и/или во времени, пространственный (структурный) и временной (динамический) порядок как в равновесных, так и в неравновесных диссипативных структурах, затрагивает только нековалентный, супрамолекулярный уровень, приводит к образованию полимолекулярных ансамблей за счет специфически взаимодействующих актов распознавания молекулярными компонентами друг друга.

Чем выше степень и размерность пространственной организации фрагментов, тем с большим основанием их можно рассматривать как организованные (молекулярные слои, мембраны, мицеллы, коллоиды, жидкие кристаллы, молекулярные кристаллы). Таким образом, самоорганизация включает согласованное взаимодействие между частями и интеграцию этих взаимодействий, обуславливающие коллективное поведение системы (наблюдаемое, например, при фазовых переходах или при возникновении пространственных и временных волн).

Исследование размеров наноструктурированного тиамин проводили на мультипараметрическом анализаторе наночастиц Nanosight LM10 производства Nanosight Ltd (Великобритания) в конфигурации HS-BF (высокочувст-

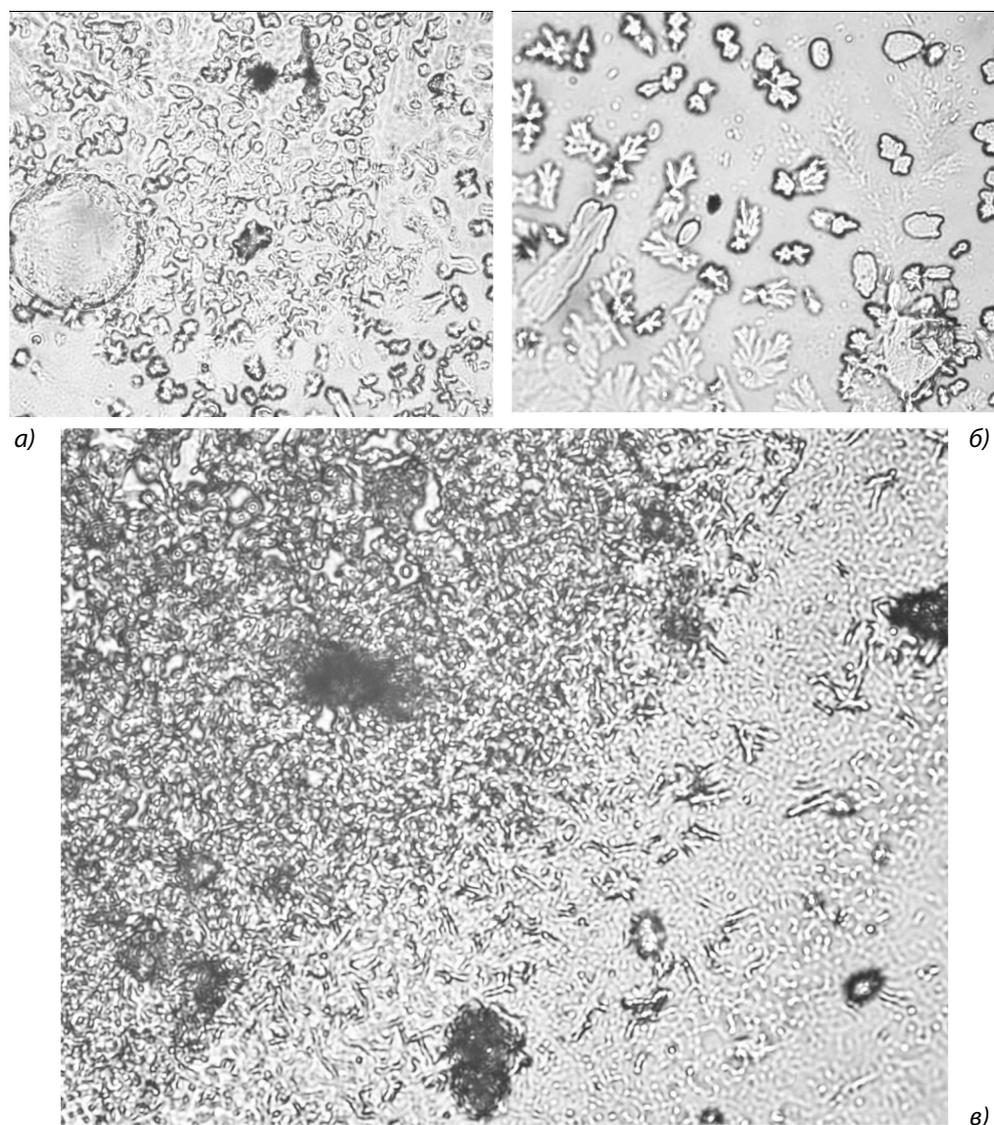


Рис. 1. Конфокальное изображение наноструктурированного экстракта мяты:
 а) в альгинате натрия, увеличение в 920 раз, концентрация 0,125%, соотношение ядро:оболочка 1:3;
 б) в натрий карбоксиметилцеллюлозе, увеличение в 920 раз, концентрация 0,125%, соотношение ядро:оболочка 1:3;
 в) в конжаковой камеди, увеличение в 1200 раз, концентрация 0,125%, соотношение ядро:оболочка 1:3.

вительная 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 прибо-

ра: Camera Level = 16, Detection Threshold = 10 (multi), Min Track Length:Auto, Min Expected Size: Auto, длительность единичного измерения 215s, использование шприцевого насоса.

Как видно из таблиц 1-5, коэффициент полидисперсности во всех изученных оболочка составляет 0,85-1,17, что позволяет говорить о том, что нанокapsулы экстракта мяты в этом случае приближа-

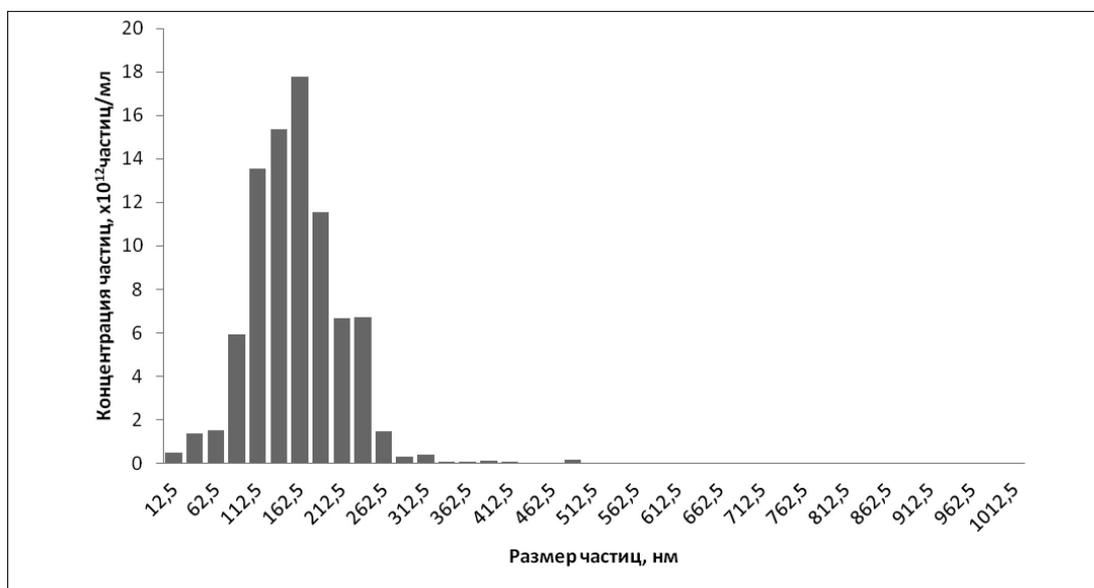


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул настойки мяты в альгинате натрия (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Таблица 1.

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	157
D10, нм	96
D50, нм	153
D90, нм	226
Коэффициент полидисперсности, (D90 - D10)/D50	0.85
Общая концентрация частиц, $\times 10^{12}$ частиц/мл	0.84

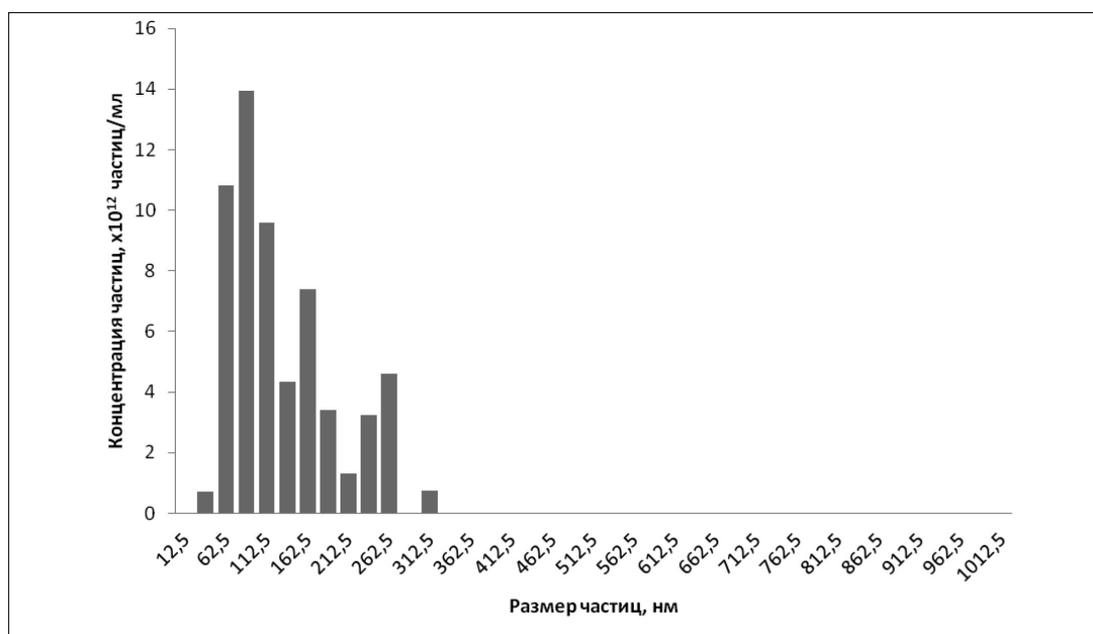


Рис. 3. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул валерьяны в каррагинане (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Таблица 2.

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	159
D10, нм	92
D50, нм	184
D90, нм	308
Коэффициент полидисперсности, (D90 - D10)/D50	1.17
Общая концентрация частиц, ×10 ¹² частиц/мл	1.02

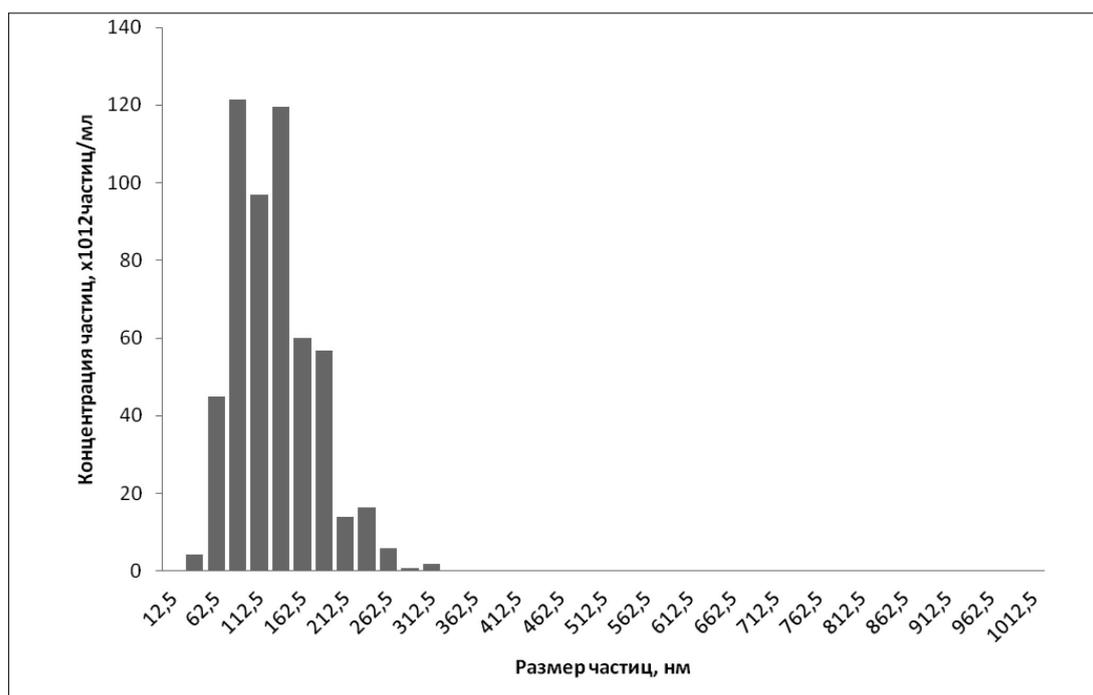


Рис. 4. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул настойки мяты в натрий карбоксиметилцеллюлозы (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Таблица 3.

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	130
D10, нм	76
D50, нм	123
D90, нм	191
Коэффициент полидисперсности, (D90 - D10)/D50	0.93
Общая концентрация частиц, ×10 ¹² частиц/мл	5.43

ются к сферической форме и только при использовании конжаковой камеди, мы имеем коэффициент полидисперсности 1,41, что говорит об эллипсоидной форме нанокапсул экстракта мяты. А сред-

ний размер нанокапсул находится в пределах 119-160 нм, что позволяет говорить об эффективном использовании этих препаратов для приготовления продуктов функционального назначения.

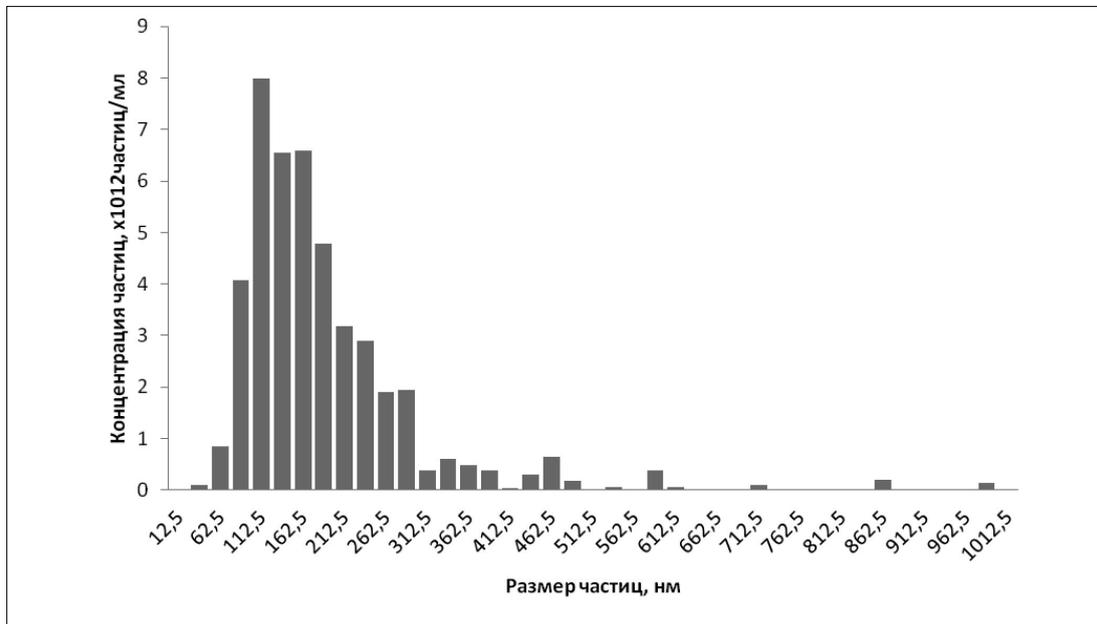


Рис. 5. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул настойки мяты в натрий карбоксиметилцеллюлозы (соотношение ядро:оболочка 1:1)

Таблица 4.

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	119
D10, нм	66
D50, нм	106
D90, нм	188
Коэффициент полидисперсности, (D90- D10)/D50	1.15
Общая концентрация частиц, x10 ¹² частиц/мл	9.19

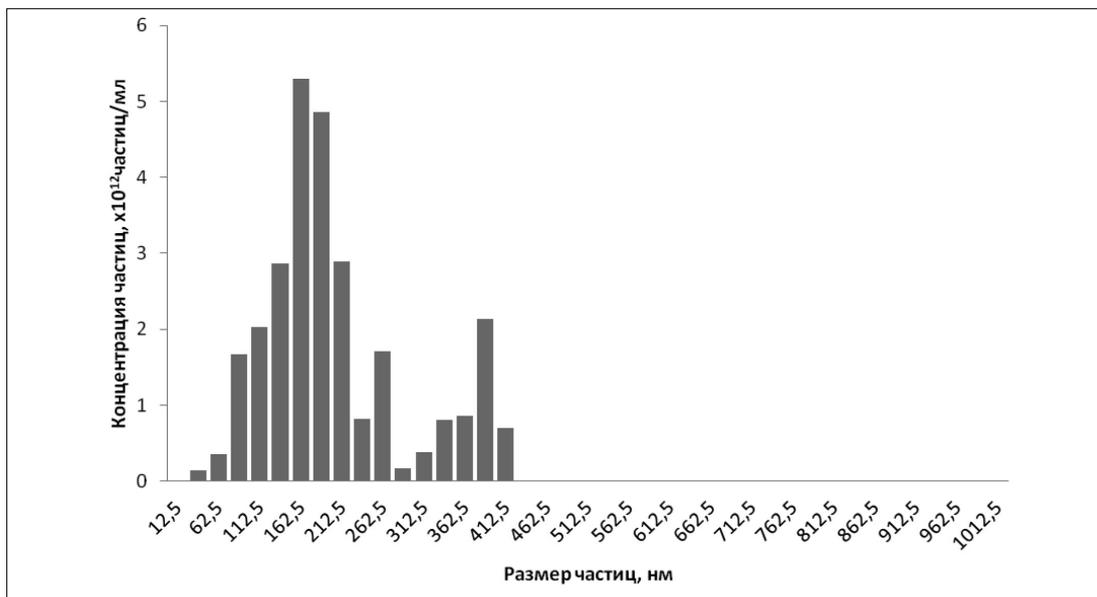


Рис. 6. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул настойки валерьяны в конжаковой камеди (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Таблица 5.

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	206
D10, нм	109
D50, нм	180
D90, нм	363
Коэффициент полидисперсности, (D90 - D10)/D50	1.41
Общая концентрация частиц, $\times 10^{12}$ частиц/мл	0.28

Выводы. Полученные в работе результаты позволяют говорить о том, что синтезированные наноструктурированные препараты на основе экстракта мяты обладают благоприятными размерами и продукты, приготовленные из этих препаратов обладают функциональными свойствами.

Библиографический список

1. Кролевец А.А., Быковская Е.Е., Воронцова М.Л., Тырсин Ю.А. Супрамолекулярные свойства микрокапсул квертецина / Тез. докладов международной конф. «Нанотехнологии в пищевой промышленности», М., МГУПП, 2012. — С. 33-35.
2. Кролевец А.А., Воронцова М.Л., Тырсин Ю.А. Исследование микрокапсул экстракта зеленого чая методом рамановской спектроскопии/ Тез. докладов международной конф. «Нанотехнологии в пищевой промышленности». — М., МГУПП, 2012. — С. 36-39.
3. Сеин О.Б., Кролевец А.А., Трубников Д.В., Челноков В.А. и др. Нанокapsулированные пробиотики, практические аспекты применения в животноводстве и ветеринарной медицины / Вестник КГСХА, 2013. — № 3. — С. 57-59.
4. Наумов М.М., Кролевец А.А., Ихласова З.Д., Брусенцев И.А., Богачев И.А. Исследование микрокапсул Биобага-Д физико-химическими методами / Вестник КГСХА, 2013. — № 4. — С. 66-67.
5. Кролевец А.А., Богачев И.А., Никитин К.С., Бойко Е.Е. Влияние природы оболочки на размер микрокапсул на примере жирорастворимых витаминов/ IV международной научно-практической конф. «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия», 2014. — № 3(6). — С.108-111.
6. Кролевец А.А., Богачев И.А., Хаит Е.А., Андреенков В.С. Свойства наноструктурированного адаптогена — экстракта женьшеня / НАУ, 2015. — № 2(7). — С. 149-152.
7. Кролевец А.А., Богачев И.А. Жданова О.В., Андреенков В.С. Самоорганизация микрокапсул бетулина / НАУ, 2015. — № 2(7). — С. 152-156.
8. Кролевец А.А., Богачев И.А., Жданова О.В. Исследование микрокапсул природных биологически активных соединений. Микрокапсулы унаби / Евразийский союз ученых, 2015. — № 1(18). — Часть 2. — С. 54-59.
9. Кролевец А.А., Богачев И.А., Хаит Е.А. Свойства наноструктурированного витамина Q10./ Educatio, 2015. — № 1(8). — Часть 2. — С. 52-55.
10. Кролевец А.А., Богачев И.А., Тырсин Ю.А., Жданова О.В., Николаева Ю.Н., Воронцова М.Л. Влияние природы оболочки на размер наноструктурированного квертецина / VII межвед. научно-практич. конф. «Инновации в товароведении, обществ. питании и длит. хранении продов. товаров», М. МГУПП, 2015. — С.81-84.
11. Кролевец А.А., Андреенков В.С., Воронцова М.Л. Свойства наноструктурированных адаптогенов растительного происхождения/ Educatio, 2015. — № 7(14). — Часть 2. — С. 138-141.

- 12.** Patent 20110223314 United States, International Class B05D 7/00 20060101 B05D007/00. Efficient Microencapsulation. ZHANG; Xiaoxiao; (Honolulu, HI) ; Garmire; David; (Honolulu, HI); Ohta; Aaron; (Honolulu, HI). Serial No.: 045244. Filed: March 10, 2011.
- 13.** Vidhyalakshmi R., Bhagyaraj R., Subhasree R.S. Encapsulation «The Future of Probiotics» — A Review // Advances in Biological Research. — 2009. — Vol. 3-4. — P. 96-103.
- 14.** Григорьев Ф.В., Романов А.Н., Лайков Д.Н. и др. Методы молекулярного моделирования супрамолекулярных комплексов: иерархический подход / Российские нанотехнологии. — 2010. — №5-6. — С. 47-53.
- 15.** Зоркий П.М., Лубнина И.Е. Супрамолекулярная химия: возникновение, развитие, перспективы / Вестн. Моск. ун-та. — 1999. — №5. — С. 300-307.
- 16.** Rohit K. Rana, Vinit S. Murty, Jie Yu. Nanoparticle Self-Assembly of Hierarchically Ordered Microcapsule Structures / Advanced Materials. - 2005. — vol.17. — P. 1145-1150.
- 17.** Ana Carina Mendes, Erkan Türker Baran, Claudia Nunes. Palmitoylation of xanthan polysaccharide for self-assembly microcapsule formation and encapsulation of cells in physiological conditions / Journal of The Royal Society of Chemistry. — 2011.
- 18.** Hans-Peter Hentze, Eric W. Kaler. Polymerization of and within self-organized media / Current Opinion in Colloid and Interface Science. — 2003. — vol. 8. — P. 164-178.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

АВОКАДО УЛУЧШАЕТ РАБОТУ МОЗГА У ЛЮДЕЙ С ИЗБЫТОЧНЫМ ВЕСОМ

Американские ученые из Университета Иллинойса провели 12-недельное исследование с участием 84 добровольцев и пришли к выводу, что регулярное употребление авокадо улучшает когнитивные способности у людей с избыточным весом или ожирением. В частности, включение в рацион авокадо позволяет повысить концентрацию внимания и снизить отвлекаемость.



В ходе испытаний две группы участников придерживались одинаковой по калорийности и питательной ценности диеты, но одна группа дополнительно получала один свежий авокадо каждый день. В начале и в конце исследования участники прошли три когнитивных теста для оценки уровня внимания. Также специалисты измерили у них количество лютеина — соединения, предотвращающего снижение когнитивных функций. Было установлено, что ежедневное употребление авокадо позволяет лучше концентрировать внимание на задачах, несмотря на отвлекающие факторы. Также участники, употреблявшие авокадо, имели более высокие уровни лютеина.

Эксперты поясняют, что авокадо содержит не только лютеин, но и большое количество клетчатки и мононенасыщенных жиров, важных для здоровья мозга. К другим продуктам с похожим составом также относятся зеленые листовые овощи и яйца. В данном исследовании рассматривались люди с избыточным весом и ожирением, так как они подвержены более высокому риску снижения когнитивных функций и развития деменции в пожилом возрасте, говорят ученые.

<https://kedem.ru>