



УДК 620.3:615.214.24

СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО СУХОГО ЭКСТРАКТА ШИПОВНИКА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

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

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

О.В. Левченко, инженер лаборатории «Синтез микро- и наноструктур»;

С.Г. Глотова, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения;

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

В работе приведены свойства наноструктурированного сухого экстракта шиповника, определены самоорганизация и замеры частиц с помощью метода NTA. Показано, что природа оболочки влияет на размеры наночастиц. Так, средний размер наноструктурированного сухого экстракта шиповника во всех оболочках, кроме натрий карбоксиметилцеллюлозы, составляет 271-313 нм. При этом 10% наночастиц имеют размер от 77 до 95 нм (цитрусовый пектин, желлановая камедь и каррагинан). На основании полученных результатов можно полагать, что наноструктурированные сухие экстракты шиповника являются вполне перспективными наноингредиентами при производстве функциональных продуктов питания, в том числе и лечебного питания. Так, исследуемые наноингредиенты вполне успешно могут использоваться при производстве мармелада, мороженого и хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: сухой экстракт шиповник, самоорганизация, метод NTA.

PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED DRY EXTRACT OF ROSA CANINA AND ITS USE IN FUNCTIONAL FOOD

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

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;

O.V. Levchenko, Engineer of the Laboratory for Synthesis of Micro- and Nanostructures, Regional Open Social Institute;

S.G. Glotova, Associate Professor of the 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 article presents the properties of a nanostructured dry extract of *Rosa canina*, self-organization and measurements of particles using the NTA method are determined. It is shown that the dimensions of nanoparticles depend on the nature of the shell. Thus, the average size of the nanostructured dry extract of *Rosa canina* in all shells, except sodium carboxymethylcellulose, is 271-313 nm. At the same time, 10% of nanoparticles have a size from 77 to 95 nm (citrus pectin, gellan gum and carrageenan). On the basis of the results obtained, it can be assumed that nanostructured dry extracts of *Rosa canina* are quite promising nano-ingredients for the production of functional food, including therapeutic nutrition. Thus, the investigated nano-ingredients can be successfully used in the production of fruit jelly, ice cream and bakery products.

Keywords: dry extract of *Rosa canina*, self-organization, nanoparticle tracking analysis (NTA method).

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

Известно, что нанообъекты обладают высокой биодоступностью, что используется в медицине и фармакологии.

В литературе не найдены работы по исследованию наноструктурированного сухого экстракта шиповника.

Нами был использован экстракт сухого шиповника, произрастающего на территории Таджикистана, который обладал следующими свойствами (таблица 1).

Содержание биологически активных веществ, мг/кг:

Каротиноидов — 184

Витамина Е — 48,8

Витамина С — 7950

Содержание флавоноидов (в пересчете на рутин) мг/100г — 380

Антиоксидантная активность с использованием катиона радикала ABTS, мкмоль тролокс/г с.в. — $1146 \pm 104,3$

Размер капсул, содержащих биологически активные соединения, играют 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 нанокapsул на примере сухого экстракта шиповника. В качестве оболочек использовались альгинат натрия, натрий кабоксиметилцеллюлоза, конжаковая камедь, цитрусовый пектин, агар-агар, геллановая камедь и каррагинан.

Размеры полученных нанокapsул определяли методом НТА, а также проводились исследования супрамолекулярных свойств капсул с помощью самоорганизации. Супрамолекулярная химия использует законы органической синтетической химии для получения

Таблица 1.
Химический состав порошков из плодов шиповника

Массовая доля, %	Показатели
Влага	12,0
Белок	3,8
Липиды	2,84
Зола	3,23
Пищевые волокна:	49,68
нерастворимые	36,63
растворимые	13,05
Углеводы:	21,9
глюкоза	9,7
фруктоза	7,4
сахароза	4,8
Органические кислоты:	4,1
яблочная	0,65
лимонная	3,45

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 нанокapsул проводили следующим образом. Порошок наноструктурированного сухого экстракта шиповника 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.

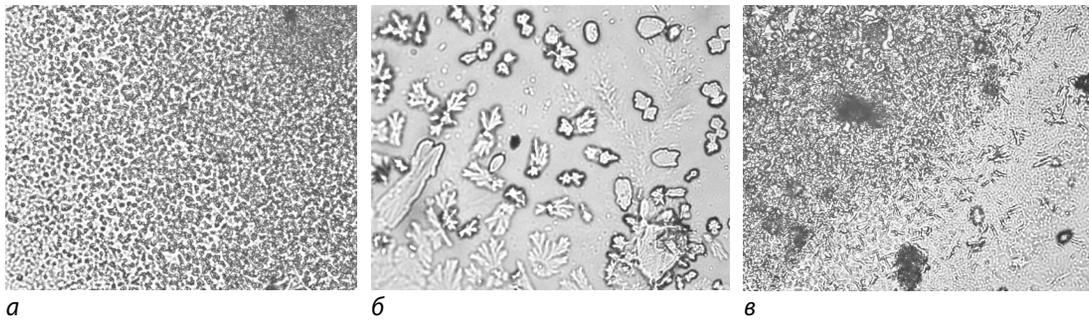


Рис. 1. Конфокальное изображение наноструктурированного сухого экстракта шиповника:
 а) в альгинате натрия, увеличение в 920 раз, концентрация 0,125%,
 соотношение ядро:оболочка 1:3;
 б) в натрий карбоксиметилцеллюлозе, увеличение в 920 раз, концентрация 0,125%,
 соотношение ядро:оболочка 1:3;
 в) в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

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 сухой экстракт шиповника обладает супрамолекулярными свойствами.

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

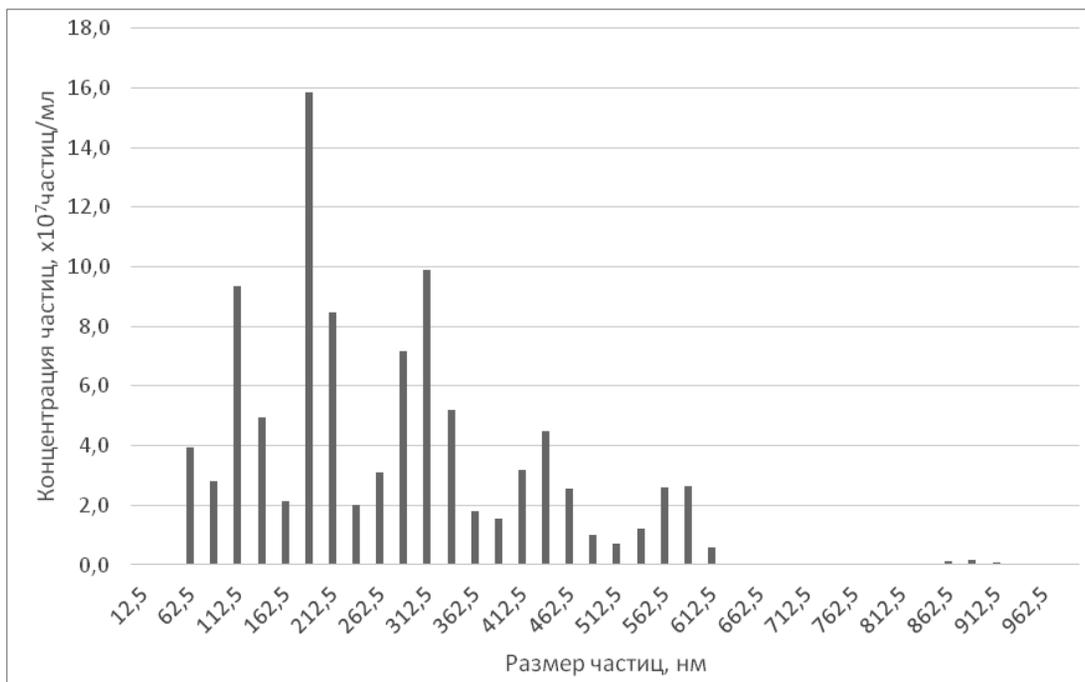


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул сухого экстракта шиповника в цитрусовом пектине (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	271,3
D10, нм	83
D50, нм	216,4
D90, нм	444,3
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	1,67
Общая концентрация частиц, x10 ⁸ частиц/мл	9,77

будет иметь другие молекулярные характеристики и отличающуюся надсегментальную структуру. Фрактальная композиция также указывает на процесс самосборки, что указывает на образование нанокapsул.

Таким образом, полученные результаты по определению размеров нано-

структурированного сухого экстракта шиповника показывают, что природа оболочки влияет на размеры наночастиц. Так, средний размер наноструктурированного сухого экстракта шиповника во всех оболочках, кроме натрий карбоксиметилцеллюлозы, составляет 271-313 нм. При этом 10% наночастиц

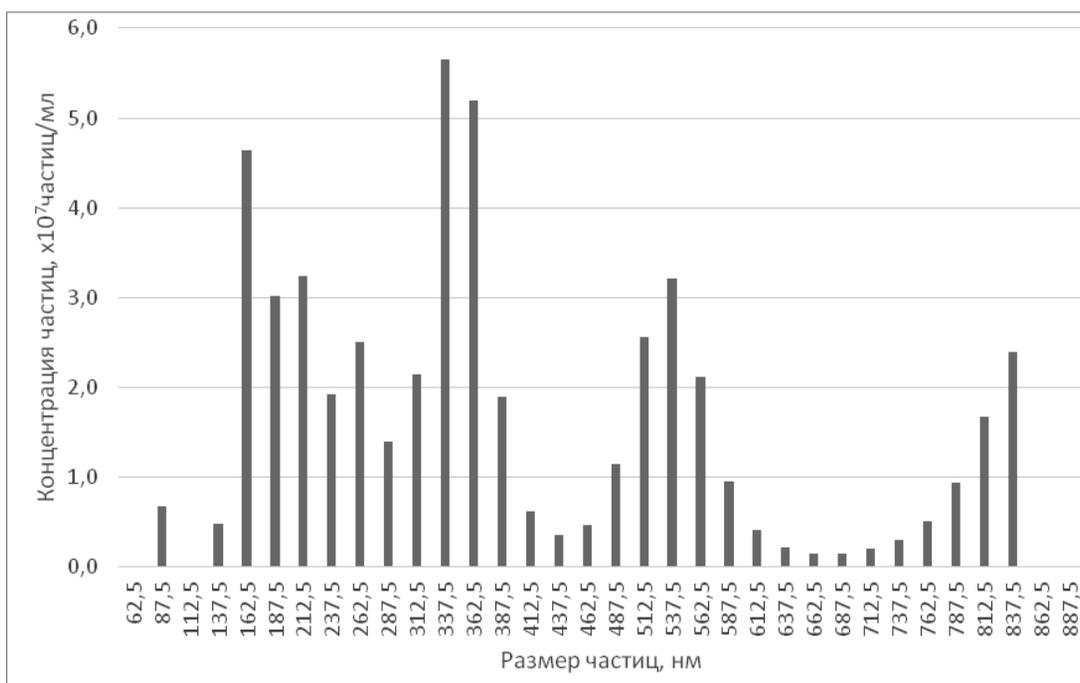


Рис. 3. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта шиповника в натрий карбоксиметилцеллюлозе (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	406,3
D10, нм	146,6
D50, нм	325,9
D90, нм	761,9
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	1,89
Общая концентрация частиц, x10 ⁸ частиц/мл	5,18

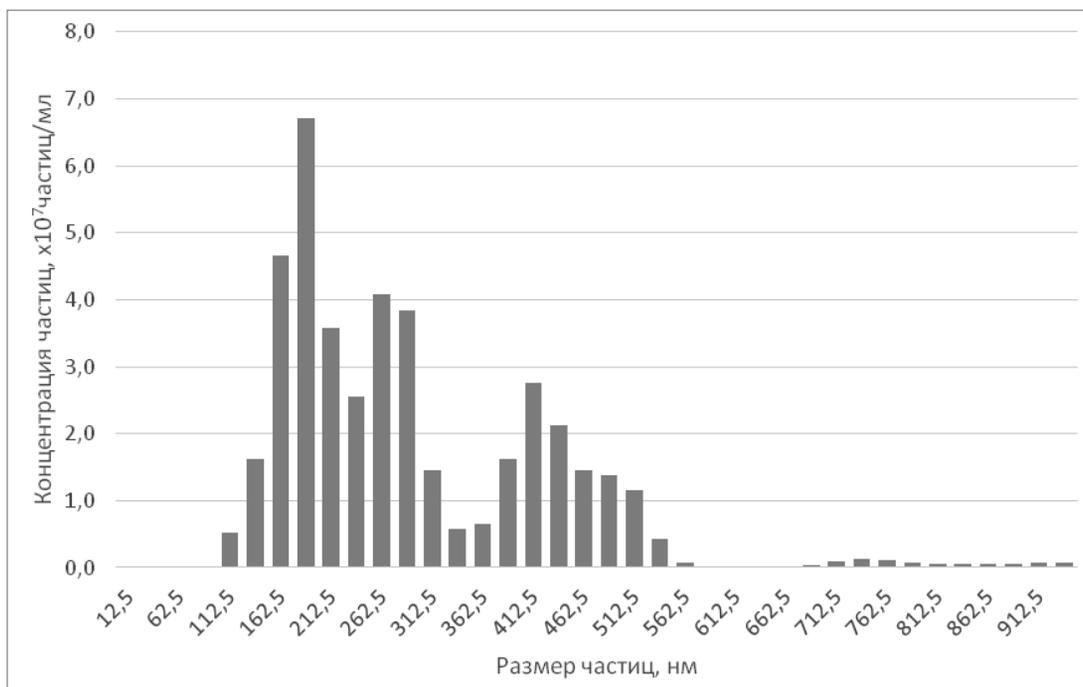


Рис. 4. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул сухого экстракта шиповника в агар-агаре (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	300,7
D10, нм	136,3
D50, нм	235,1
D90, нм	451,9
Коэффициент полидисперсности, $(D90-D10)/D50$	1,34
Общая концентрация частиц, $\times 10^{12}$ частиц/мл	4,26

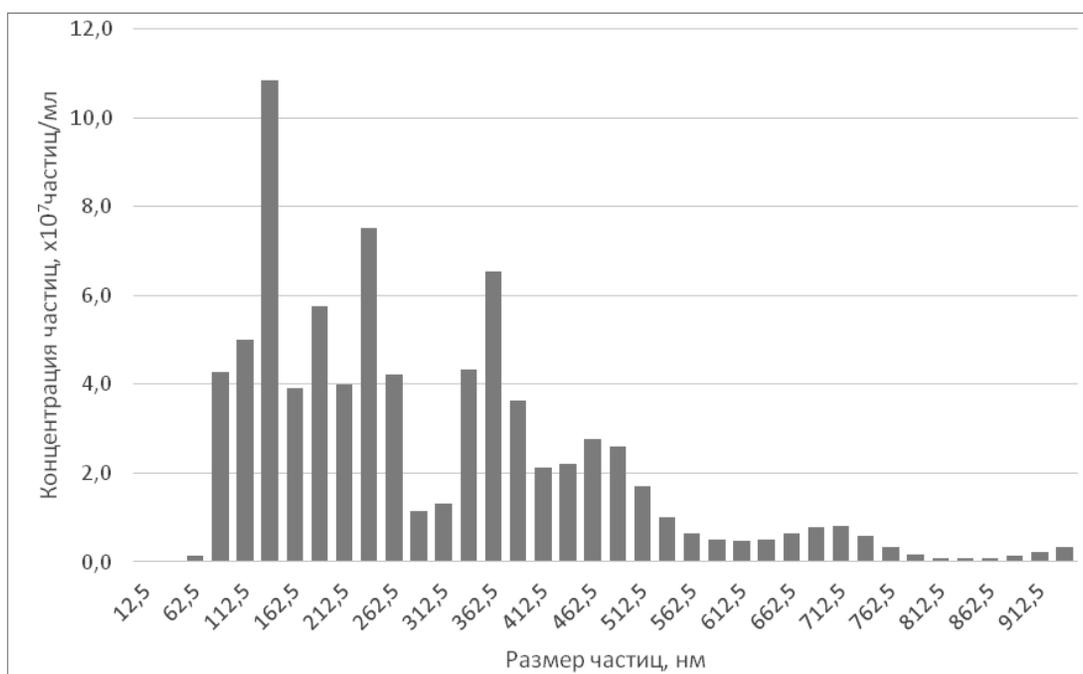


Рис. 5. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул сухого экстракта шиповника в желатиновой камеди (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	313
D10, нм	94,4
D50, нм	225,5
D90, нм	518,3
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	1,88
Общая концентрация частиц, $\times 10^{12}$ частиц/мл	8,32

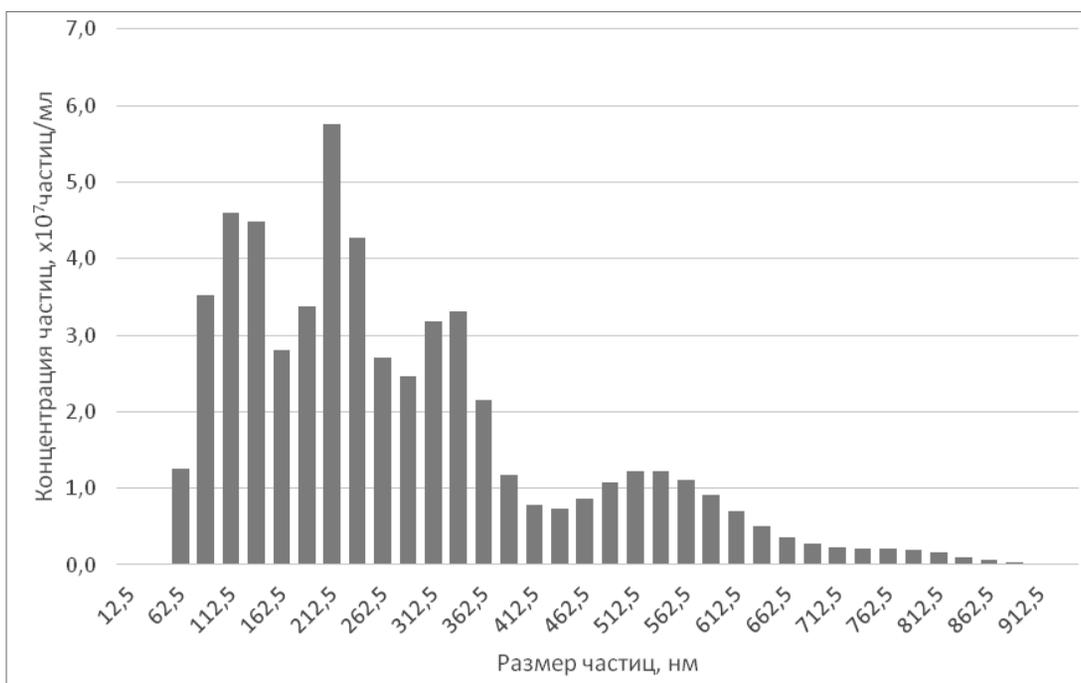


Рис. 6. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта шиповника в каррагинане (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	300,2
D10, нм	80
D50, нм	216,4
D90, нм	537,3
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	2,11
Общая концентрация частиц, $\times 10^{12}$ частиц/мл	5,72

имеют размер от 77 до 95 нм (цитрусовый пектин, желатиновая камедь и каррагинан).

На основании полученных результатов можно полагать, что наноструктурированные сухие экстракты шиповника являются вполне перспективными нано-

ингредиентами при производстве функциональных продуктов питания, в том числе и лечебного питания. Так, исследуемые наноингредиенты вполне успешно могут использоваться при производстве мармелада [19], мороженого [20] и хлебобулочных изделий. [21]

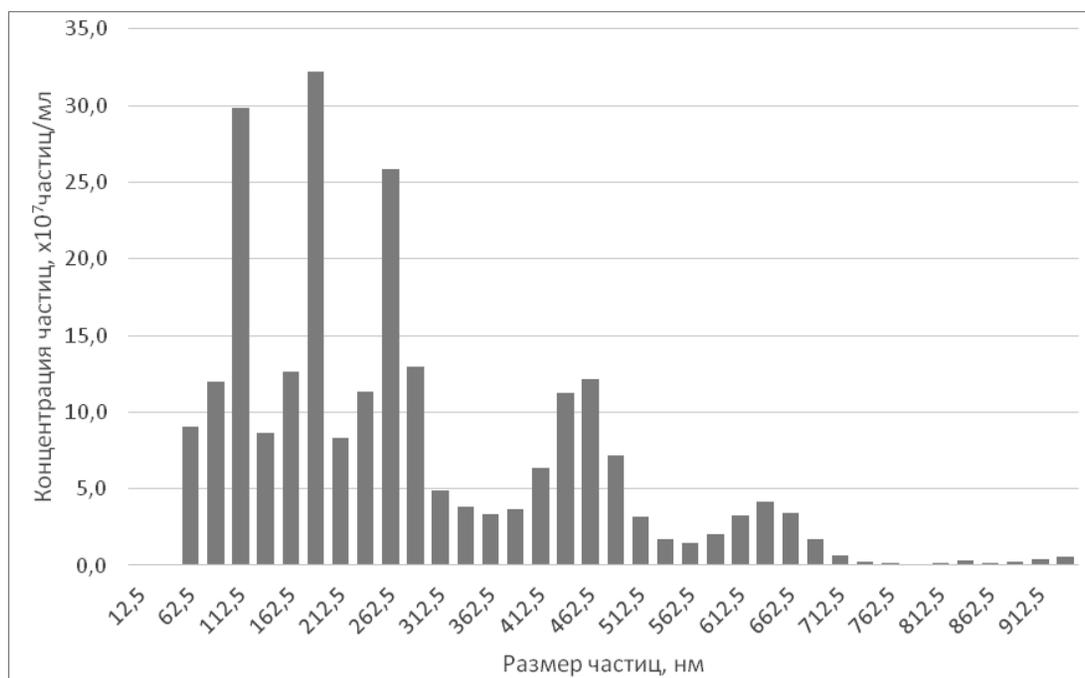


Рис. 7. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул сухого экстракта шиповника в конжаковой камеди (соотношение ядро:оболочка 1:3)

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	289,5
D10, нм	77,7
D50, нм	219,5
D90, нм	502,7
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	1,94
Общая концентрация частиц, $\times 10^{12}$ частиц/мл	24,30

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. Нанокапсулированные 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 нанокапсул на примере жирорастворимых витаминов / IV международной научно-практической конф. «Научные перспективы XXI века». — 2014. — № 3(6). — С. 108-111.

6. Кролевец А.А., Богачев И.А., Хаит Е.А., Андреев В.С. Свойства наноструктурированного адаптогена — экстракта женьшеня / НАУ, 2015. — № 2(7). — С. 149-152.

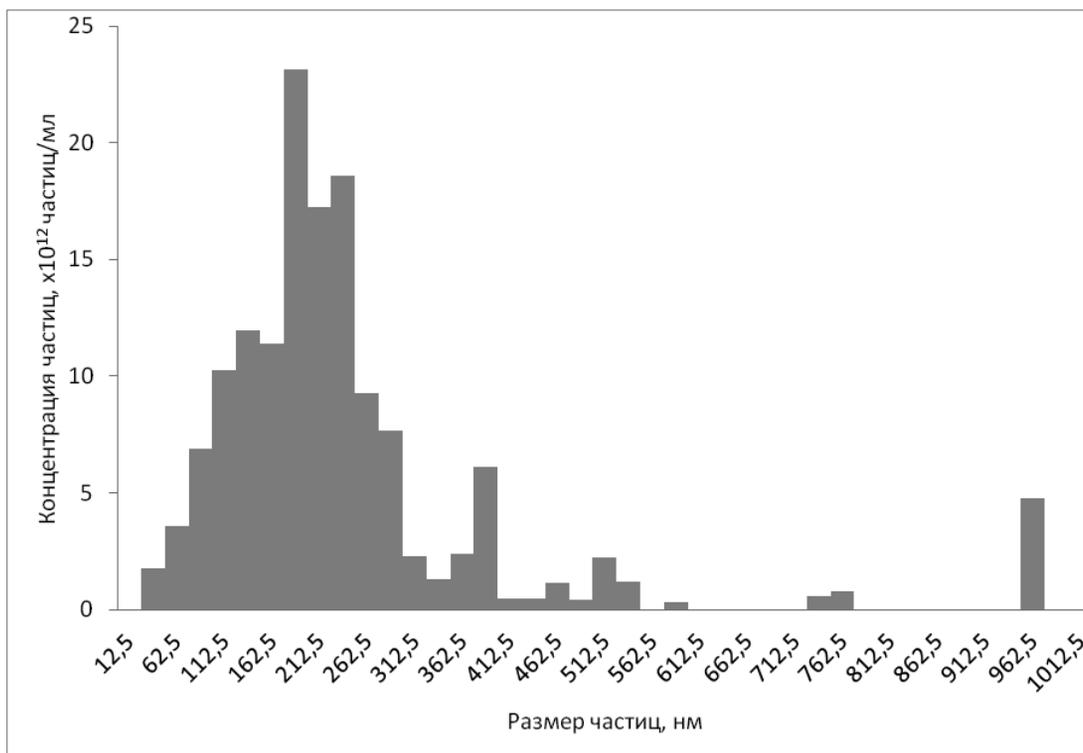


Рис. 7. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул экстракта шиповника в альгинате натрия (соотношение ядро:оболочка 5:1)

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	245
D10, нм	106
D50, нм	209
D90, нм	390
Коэффициент полидисперсности, (D90- D10)/D50	1.36
Общая концентрация частиц, x10 ¹² частиц/мл	1.46

7. Кролевец А.А., Богачев И.А., Жданова О.В., Андреев В.С. Самоорганизация нанокapsул бетулина / НАУ. — 2015. — № 2(7). — С. 152-156.

8. Кролевец А.А., Богачев И.А., Жданова О.В. Исследование нанокapsул природных биологически активных соединений. Нанокapsулы унаби. / Евразийский союз ученых. — 2015. — № 1(18). — ч. 2. — С. 54-59.

9. Кролевец А.А., Богачев И.А., Хаит Е.А. Свойства наноструктурированного витамина Q10 / Educatio. — 2015. — № 1(8). — ч. 2. — С. 52-55.

10. Кролевец А.А., Богачев И.А., Тырсин Ю.А., Жданова О.В., Николаева Ю.Н., Во-

ронцова М.Л. Влияние природы оболочки на размер наноструктурированного квертицина / VII межвед. научно-практич. конф. «Инновации в товароведении, обществ. питания и длит. хранении продов. товаров». — М.: МГУПП, 2015. — С. 81-84.

11. Кролевец А.А., Андреев В.С., Воронцова М.Л. Свойства наноструктурированных адаптогенов растительного происхождения / Educatio. — 2015. — № 7(14). — ч. 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-Assebly of

Hierarchicacally 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 / Curent Opinion in Colloid and Interface Science. — 2003. — vol.8. — P. 164-178.

19. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2626563; Б.И. — № 22. — 2017.

20. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2642093; Б.И. — № 3. — 2018.

21. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2630250; Б.И. — № 25. — 2017.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

УЧЕННЫЕ РАЗРАБОТАЛИ АЛГОРИТМ, РАССЧИТЫВАЮЩИЙ ИДЕАЛЬНУЮ ДОЗУ УПОТРЕБЛЕНИЯ КОФЕ

Американские ученые из Исследовательского центра телемедицины и перспективных технологий разработали алгоритм, который может стать ключом к оптимизации употребления кофе. Ни для кого не секрет, что кофе широко используется для устранения последствий плохого сна и повышения бодрости, но для того, чтобы напиток был безопасным и эффективным, его необходимо употреблять в нужное время и в нужном количестве. В связи с этим специалисты предлагают автоматизированный алгоритм для определения безопасной и эффективной дозы кофе, которая позволит максимизировать бодрость после бессонной ночи. Основой алгоритма служит математическая модель, которая предсказывает влияние нехватки сна и кофеина на производительность человека при выполнении специального психомоторного теста на бдительность. При вычислении алгоритм также использует график сна/бодрствования человека и показатели максимально допустимой нормы потребления кофеина. В результате пользователь получает информацию о том, когда и сколько кофе ему нужно употреблять, чтобы оставаться бодрым и активным без вреда для здоровья. Не исключено, что в будущем данный алгоритм будет представлен в виде мобильного приложения.



<https://kedem.ru>