



DOI 10.33920/igt-01-2109-06

УДК 582.573.41

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ СУХОЙ ЭКСТРАКТ АЛОЭ (ALOE VERA): СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ 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, канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой технологии продуктов питания ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

О.В. Биньковская, канд. биол. наук, доцент кафедры 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, магистрант кафедры технологии продуктов питания ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Е.М. Мамаева, студентка кафедры технологии продуктов питания и товароведения ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт»

В работе приведены свойства наноструктурированного сухого экстракта бадана (самоорганизация) и определены размеры нанокапсул с применением метода NTA. Коэффициент полидисперсности в каррагинане составляет 0,61–1,096 в агар-агаре, ксантановой камеди соответственно, что позволяет говорить о том, что нанокапсулы сухого экстракта алоэ в этом случае приближаются к шаровой форме. А средний размер нанокапсул находится в пределах 68–160 нм. Полученные соединения были использованы в различных функциональных продуктах питания.

Ключевые слова: нанокапсулы, сухой экстракт алоэ, самоорганизация, метод NTA, кисломолочные продукты, мармелад.

NANOSTRUCTURED DRY EXTRACT OF ALOE VERA: PROPERTIES AND APPLICATIONS IN THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOODS

A.A. Krolevets, PhD in Chemistry, member of the RANS, professor of the Department of Food Technology, head of the Laboratory of 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

O.V. Binkovskaya, PhD Candidate in Biology, associate professor of the Department of Food Technology, Belgorod State National Research University

S.G. Glotova, associate professor of the Department of Food Technology and Commodity Science, Regional Open Social Institute

K.M. Semichev, Master's student of the Department of Food Technology, Belgorod State National Research University

E.M. Mamaeva, student of the Department of Food Technology and Commodity Science, Regional Open Social Institute

The paper presents the properties of a nanostructured dry extract of badan (self-organization and the size of nanocapsules are determined using the NTA method). The polydispersity index in carrageenan is 0.61–1.096 in agar-agar and xanthan gum, respectively, which suggests that nanocapsules of dry aloe extract approach a spherical shape in this case. The average size of nanocapsules is in the range of 68–160 nm. The obtained compounds were used in various functional food products.

Keywords: nanocapsules, dry extract of aloe vera, self-organization, NTA method, fermented milk products, marmalade.

ВВЕДЕНИЕ

Aloe véra (лат.) — суккулент травянистый, принадлежит к роду алоэ, семейства асфоделовых. Зона произрастания не выяснена, так как он произрастает практически повсеместно. Наиболее известны два сорта этого цветка: алоэ настоящее (алоэ вера) и столетнее растение.

Нектар этой цветочной культуры не имеет равнозначных в растительном мире. В числе содержащихся элементов в нем находятся:

- натуральные кислоты — яблочная, коричная, лимонная, изолимонная и пр.;
- поли- и моносахариды;
- природные антибиотики в виде фитонцидов, соединения фенола;
- антибактериальные вещества, кровоостанавливающие, противовоспалительные и вяжущие;
- флавоноид;
- более чем 30 минеральных элементов, к примеру, железо, фосфор, калий, кальций, цинк, хлор, медь и многие другие;
- 20 аминокислот, в числе которых находятся семь, которые не вырабатываются организмом человека;
- рекордное число витаминов, которых нет ни в одном аптечном комплексе.

На его родине в Африке алоэ считали священным растением. Уже на заре цивилизации более 6000 лет назад на стенах египетских усыпальниц его ключие листья запечатлевали художники. Как ценный жертвенный дар приносили алоэ во время похорон фараонов, ведь оно было обязательной составной частью средств для бальзамирования.

Европейцы узнали об этом лишь в середине XIX века, когда английский ис-

следователь Джордж Эбер в 1862 году изучал древнеегипетские папирусы, датированные 1500 годом до н.э.

В Египте верили, что алоэ сохраняет красоту и молодость, является эликсиром долголетия. Правда, сохраняет красоту не благодаря магии, а из-за своих лечебных свойств. Египтянки готовили из алоэ косметические маски и другие средства, которые помогали в уходе за кожей и волосами. Самые известные красавицы древности — египетские царицы Клеопатра и Нефертити пользовались листьями алоэ в косметических целях. Желе, содержащееся внутри листьев, смешанное с молоком, позволяло им сохранять кожу свежей и молодой. В этих же целях использовали желе алоэ женщины индейского племени майя.

Древнегреческие и древнеримские медики продолжали использовать алоэ как ценное лекарство. О том, какими лекарственными свойствами обладал столетник, писали античные авторы Dioscorid и Plinius.

В античной Греции настолько высоко ценили эти свойства алоэ, что даже развязали ради него войну. Долгое время им приходилось покупать целебное растение у египтян за огромные деньги. Знаменитый Александр Македонский, привыкший решать проблемы мечом, по совету своего учителя, великого философа Аристотеля, предпринял завоевание острова Сокотра. На этом острове в то время собирали знаменитый сабур, который вывозился во многие страны мира. Сабуром называли сгущенный сок алоэ, что по-арабски значит «терпение». Впрочем, об арабах поговорим чуть по-

же, ведь они прославились на арене истории позже Александра Македонского, которому завоевание острова Сокотра позволило обеспечить свою армию столь ценным лекарственным сырьем.

Так же как лекари пользовались знаниями египтян, так и древние римлянки охотно пользовались косметическими рецептами Клеопатры. Подлинный секрет красоты состоял, по их мнению, в креме из алоэ. По сей день жительницы Северной Африки и острова Сицилия применяют в косметике мясистую часть этого растения.

Фитопрепарат с противовоспалительным и улучшающим регенерацию тканей действием для наружного применения, стимулирующий секреторную и моторную функции ЖКТ.

Благодаря горькому вкусу, ферментам и витаминам возбуждает аппетит и усиливает секрецию пищеварительных желез. Антрагликозид алоин, свободные антрахиноны эмодин и хризофанол, смолистые вещества раздражают хеморецепторы толстой кишки, обеспечивая слабительный эффект. Алоэ обладает противовоспалительным действием, усиливает процессы регенерации слизистых оболочек и кожи. Эмодин в зависимости от дозы ингибирует рост *Helicobacter pylori* путем уменьшения активности ариламида N-ацетилтрансферазы. Показано, что эмодин обволакивает вирусы, что приводит к их инактивации, и оказывает прямое вицицидное действие на вирусы *Herpes simplex* типов 1 и 2, *Varicella zoster* и вирус гриппа.

Показания. Воспалительные заболевания ЖКТ, сопровождающиеся запорами и снижением секреторной активности; острые заболевания верхних отделов дыхательных путей; дерматиты различной этиологии, инфицированные раны, трофические язвы, ожоги, лучевые поражения кожи; хронические воспалительные заболевания женских половых органов, простатиты (в составе комплексной терапии), прогрессирующая близорукость, воспалительные заболевания

глаз (блефарит, конъюнктивит, кератит), помутнение стекловидного тела. Алоэ способен повышать иммунореактивные возможности и защитные силы организма в борьбе с инфекциями, является прекрасным биостимулятором, способствующим общему оздоровлению организма, выводит продукты радиации.

Побочное действие. При приеме **внутри:** возможны диспепсия, изжога, боли в животе, диарея, ощущение прилива крови к органам малого таза, усиление менструальных кровотечений, повышение тонуса матки при беременности, аллергические реакции. **При п/к введении:** отмечены боли в месте инъекции.

Противопоказания: повышенная секреция пищеварительных желез, диарея, геморрой, нарушение проходимости кишечника, болезнь Крона, язвенный колит, аппендицит, боли в животе неясного генеза, беременность. Для п/к введения: тяжелые заболевания сердечно-сосудистой системы, острые заболевания ЖКТ, нарушения функции печени, диффузный гломерулонефрит.

Применение в пищевой промышленности: в качестве сырья при производстве биологически активных добавок к пище и вкусоароматической пищевой добавки.

Применение в косметике: алоэ широко используется для всех типов кожи, удаления мимических морщин, пигментных пятен, а также в шампунях для лучшего роста и увеличения массы волос на голове.

В литературе не найден наноструктурированный сухой экстракт алоэ, не описаны его свойства, что и послужило целью данной работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Размеры полученных нанокапсул определяли методом НТА, а также проводились исследования супрамолекулярных свойств с помощью самоорганизации.

Исследование самоорганизации нанокапсул проводили следующим обра-

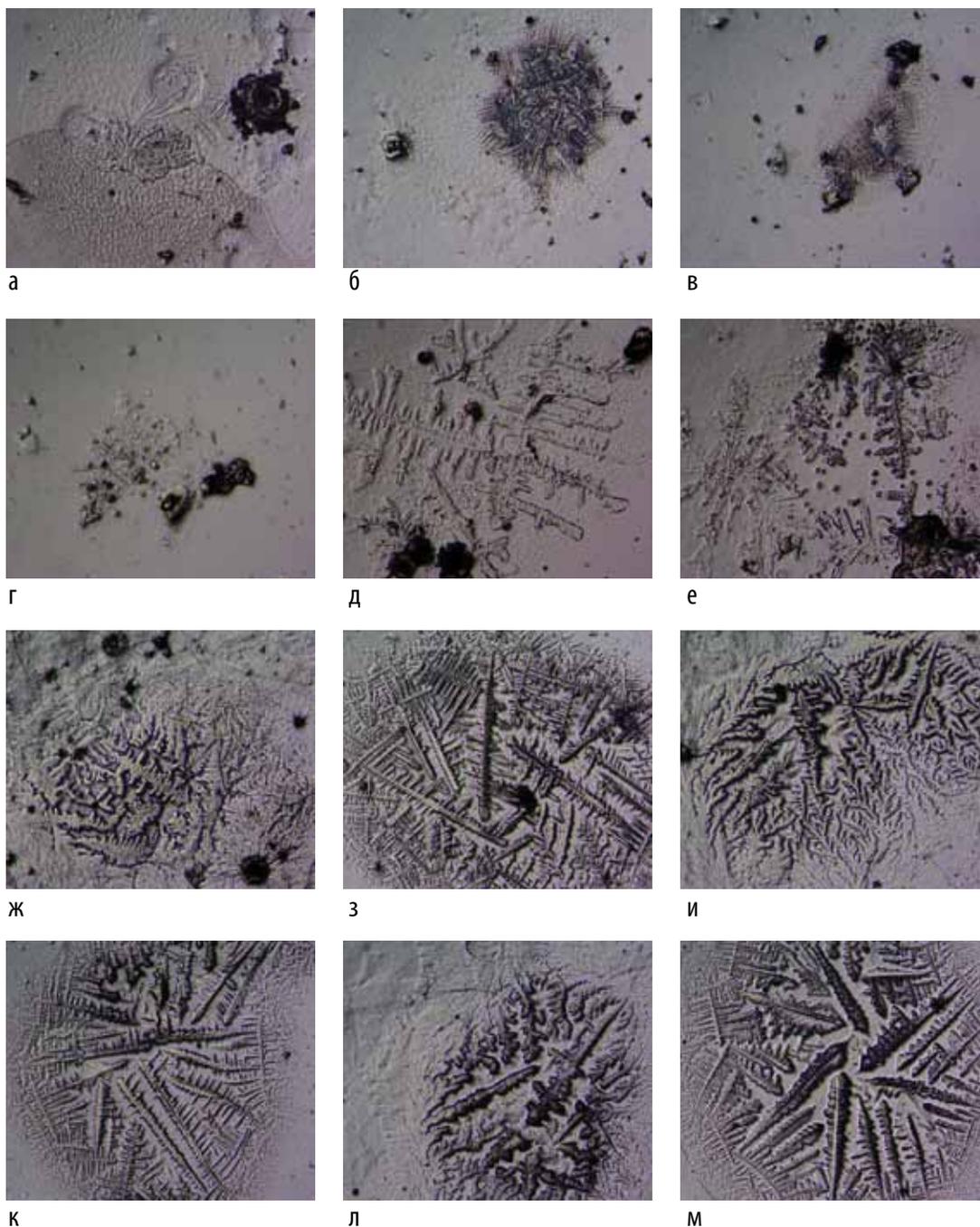


Рис. 1. Микроскопическое изображение наноструктурированного сухого экстракта алоэ при увеличении в 400 раз:

- а) в альгинате натрия, соотношение «ядро : оболочка» 1:2, концентрация 0,125%;
- б) в гуаровой камеди, соотношение «ядро : оболочка» 1:1, концентрация 0,125%;
- в) в гуаровой камеди, соотношение «ядро : оболочка» 1:2, концентрация 0,125%;
- г) в гуаровой камеди, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, концентрация 0,25%;
- д) в альгинате натрия, соотношение «ядро : оболочка» 1:1, концентрация 0,125%;
- е) в альгинате натрия, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, концентрация 0,125%;
- ж) в каппа-каррагинане, соотношение «ядро : оболочка» 1:1, концентрация 0,25%;
- з) в каппа-каррагинане, соотношение «ядро : оболочка» 1:1, концентрация 0,125%;
- и) в каппа-каррагинане, соотношение «ядро : оболочка» 1:2, концентрация 0,25%;
- к) в каппа-каррагинане, соотношение «ядро : оболочка» 1:2, концентрация 0,125%;
- л) в каппа-каррагинане, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, концентрация 0,25%;
- м) в каппа-каррагинане, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, концентрация 0,125%



зом. Порошок наноструктурированного сухого экстракта алоэ растворяли в воде, каплю наносили на предметное стекло и выпаривали. Высушенную поверхность исследовали на микроскопе «Микромед 3» вар. 3-20. На этом же приборе получена микрофотография с самоорганизацией, которая представлена на рис. 1.

Исследование размеров наноструктурированного сухого экстракта алоэ проводили на мультипараметрическом

анализаторе наночастиц Nanosight LM10 производства Nanosight Ltd (Великобритания) в конфигурации HS-BF (высокочувствительная 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 соотношением 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 с, использование шприцевого насоса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Супрамолекулярная химия использует законы органической синтетической химии для получения супрамолекулярных ансамблей, координационной химии комплексов и физической химии — для изучения взаимодействий компонентов, биохимии — для рассмотрения функционирования супрамолекулярных ансамблей. К супрамолекулярным свойствам

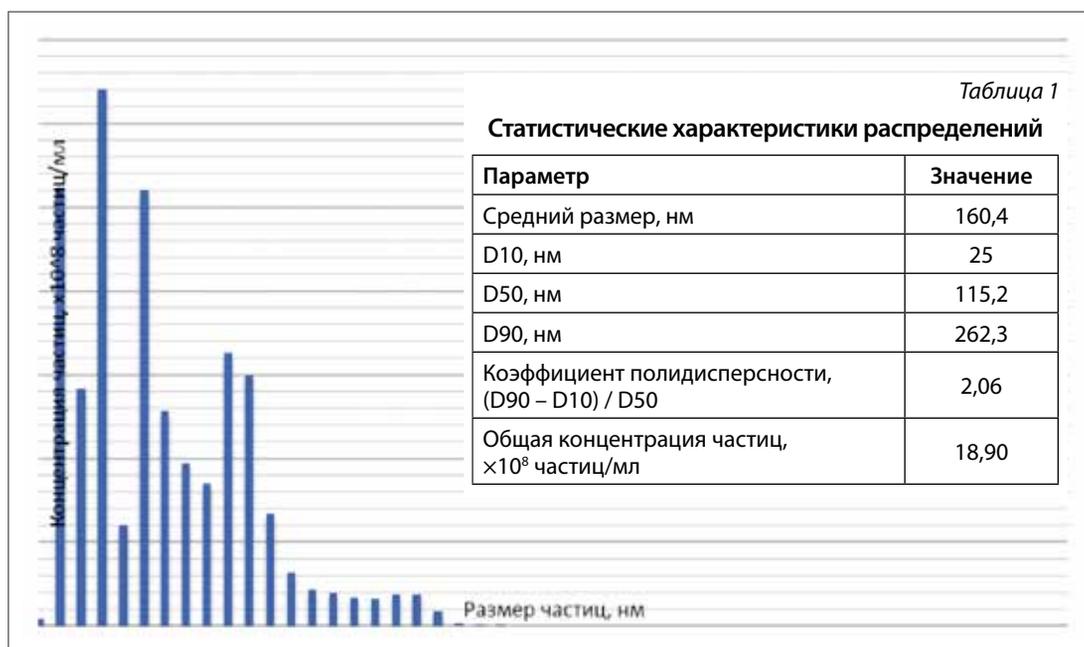


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в гуаровой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:1)

относятся самосборка и самоорганизация [1; 2]. В супрамолекулярной химии для достижения контролируемой сборки молекулярных сегментов и спонтанной организации молекул в стабильной структуре используют нековалентные взаимодействия [3; 4]. Самоорганизующиеся структуры можно имитировать как аспекты биологических систем:

искусственные клетки мембран, ферментов или каналы [5].

Поскольку в водном растворе нанокapsул при их достаточно низкой концентрации обнаружены фрактальные композиции, они обладают самоорганизацией. Образование нанокapsул происходит спонтанно за счет нековалентных взаимодействий, и это говорит о том, что



Рис. 3. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в гуаровой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:2)



Рис. 4. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в гуаровой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

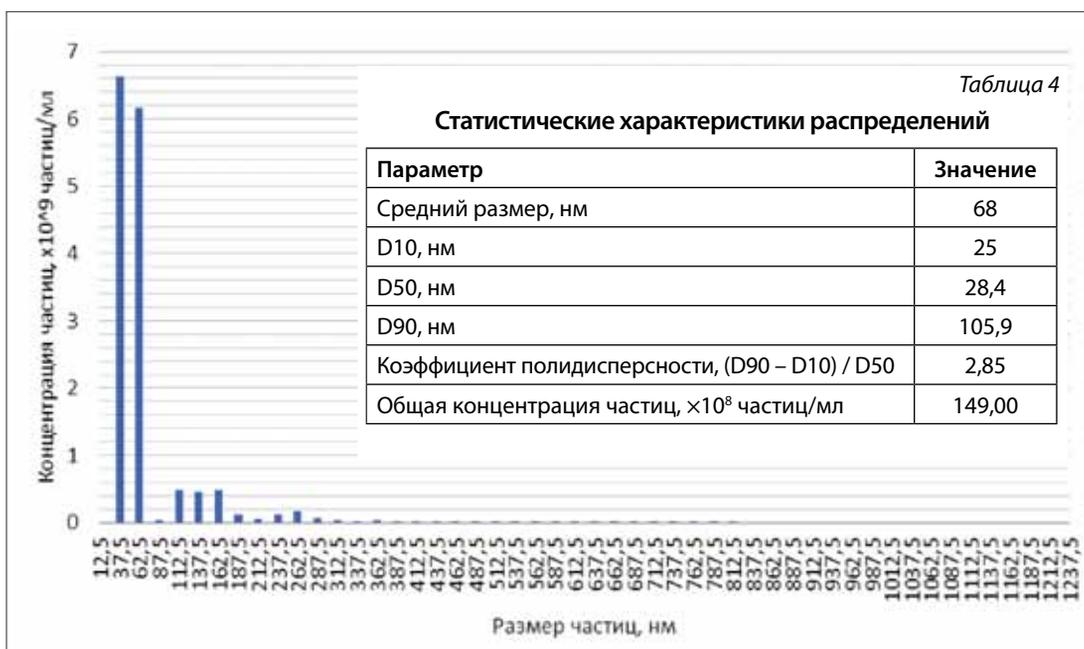


Рис. 5. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул сухого экстракта алоэ в капта-каррагинане (соотношение «ядро : оболочка» 1:1)

для них характерна самосборка. Следовательно, наноструктурированный сухой экстракт алоэ обладает супрамолекулярными свойствами.

Как видно из таблиц 1–12, коэффициент полидисперсности в каррагинане

составляет 0,61–1,096 в агар-агаре, ксантановой камеди соответственно, что позволяет говорить о том, что нанокапсулы сухого экстракта алоэ в этом случае приближаются к шаровой форме. А средний размер нанокапсул находится в преде-



Рис. 6. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул сухого экстракта алоэ в капта-каррагинане (соотношение «ядро : оболочка» 1:2)

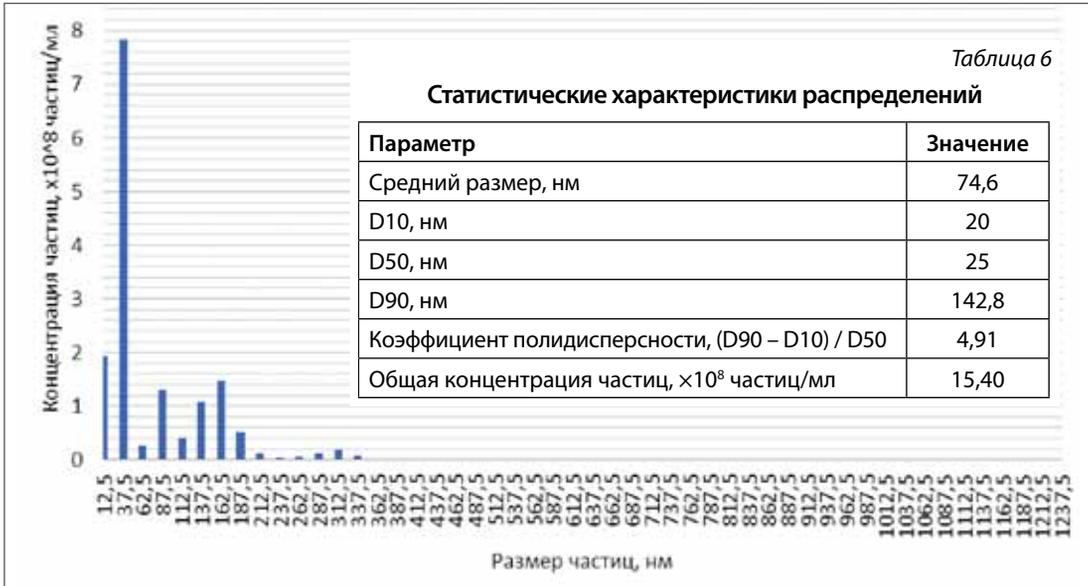


Рис. 7. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в каппа-каррагинане (соотношение «ядро : оболочка» 1:2)

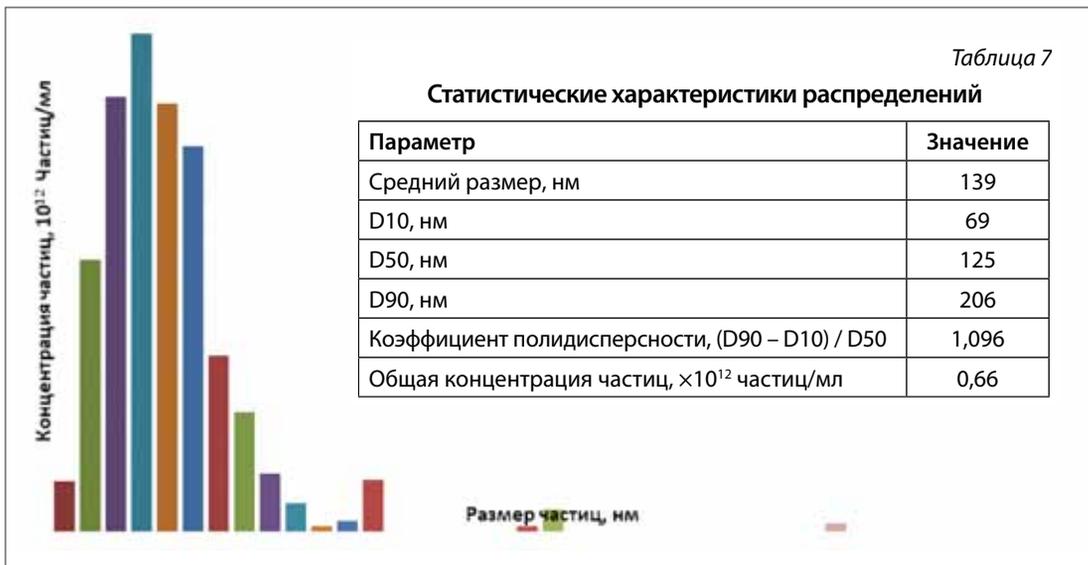


Рис. 8. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в ксантановой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:1)



Таблица 8

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	655,9
D10, нм	284,2
D50, нм	586,6
D90, нм	1211,1
Коэффициент полидисперсности, (D90 – D10) / D50	1,58
Общая концентрация частиц, $\times 10^8$ частиц/мл	7,18

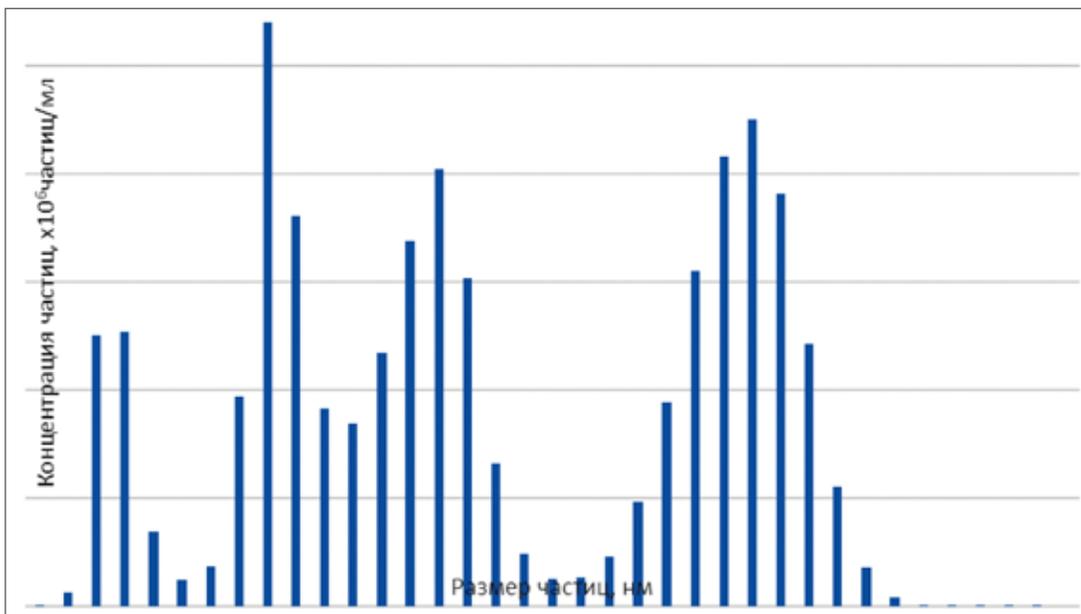


Рис. 9. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в ксантановой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:2)

Таблица 9

Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	264,2
D10, нм	109,7
D50, нм	189,7
D90, нм	391,6
Коэффициент полидисперсности, (D90 – D10) / D50	1,49
Общая концентрация частиц, $\times 10^8$ частиц/мл	13,30



Рис. 10. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в ксантановой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

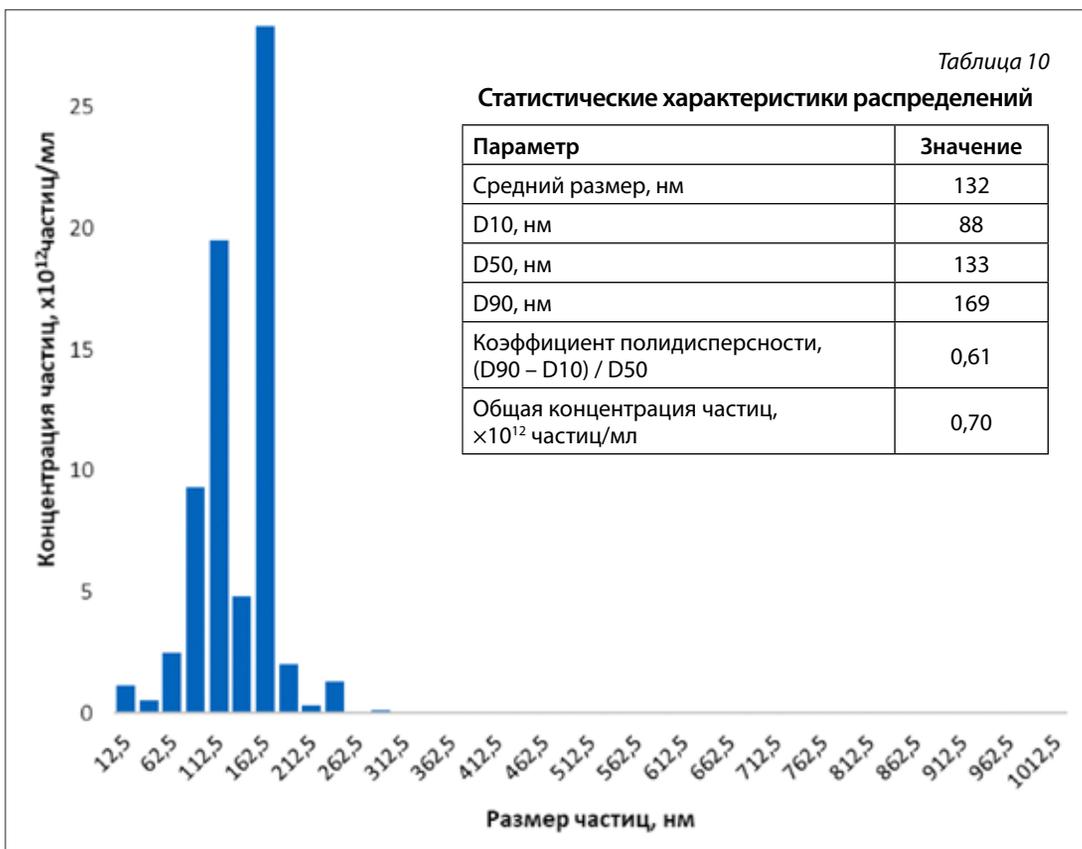


Рис. 11. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в агар-агаре (соотношение «ядро : оболочка» 1:1)

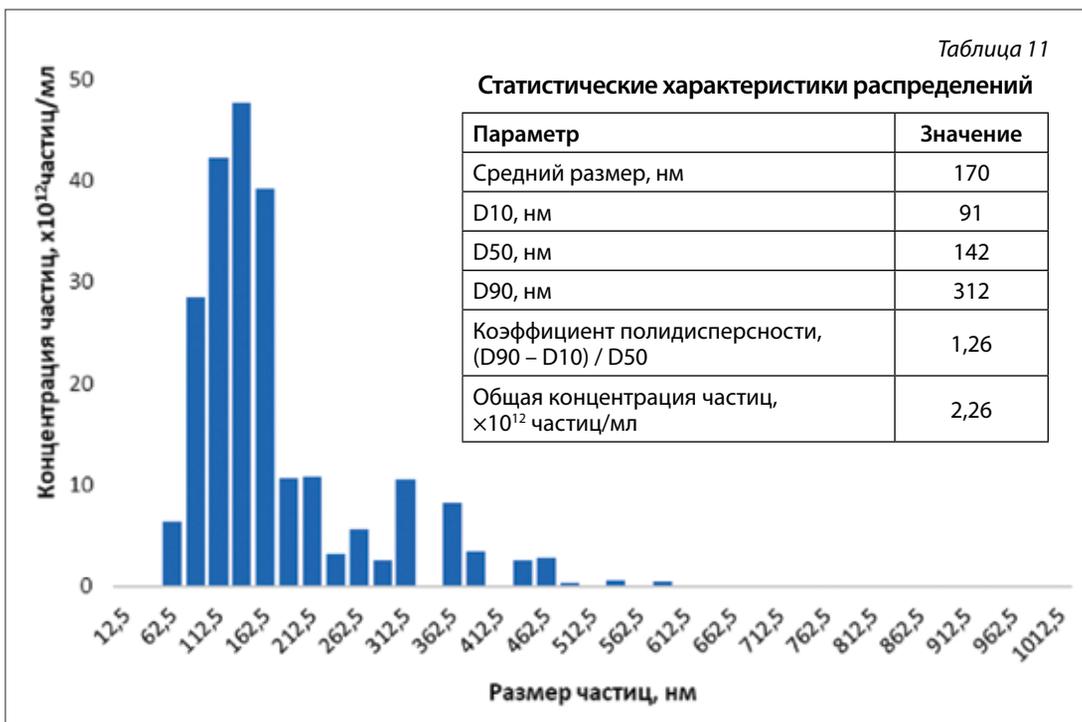


Рис. 12. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в агар-агаре (соотношение «ядро : оболочка» 1:2)

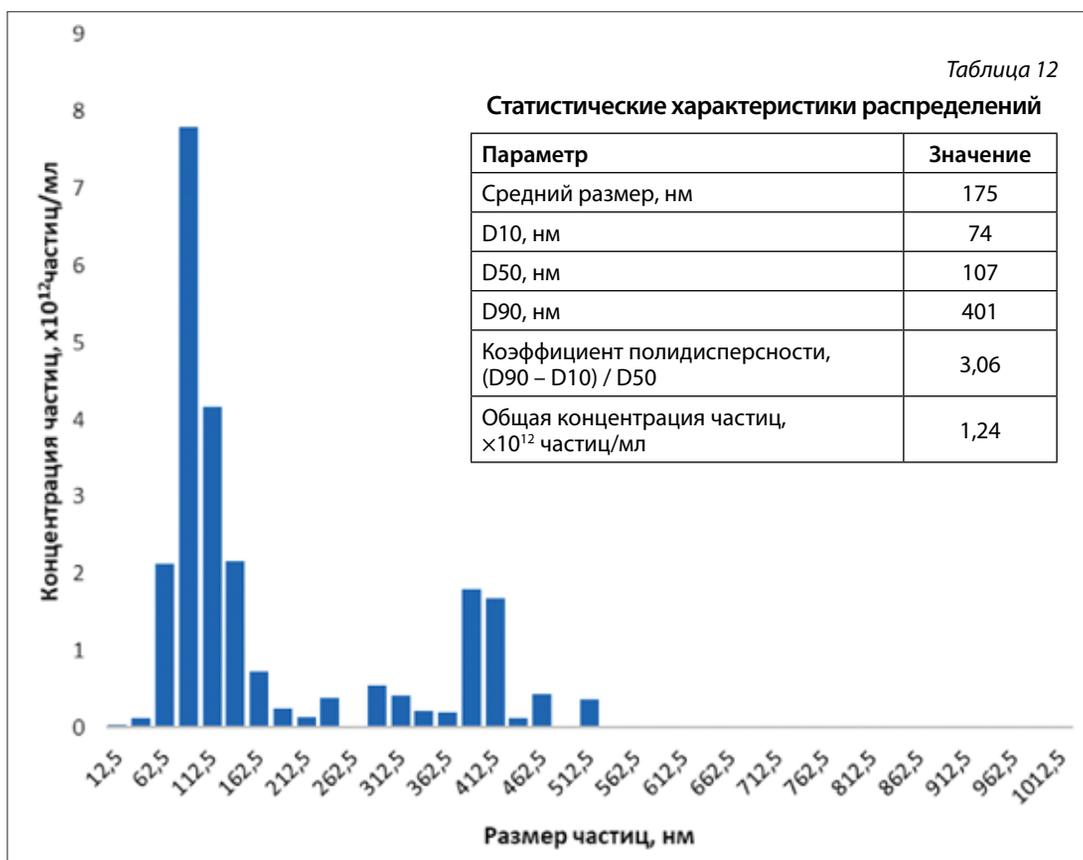


Рис. 13. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул сухого экстракта алоэ в агар-агаре (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

Физико-химические показатели йогурта

Таблица 13

Характеристика	Пример 1	Пример 2	Пример 3
Продолжительность сквашивания	8	8	8
Активная кислотность, pH	5,0	5,1	4,9
Продолжительность хранения, сут	14	14	14

Характеристика органолептических показателей йогурта

Таблица 14

Пример	Внешний вид, консистенция	Вкус и запах	Цвет
1	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно-белый, равномерный по всей массе
2	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно-белый, равномерный по всей массе
3	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно-белый, равномерный по всей массе

Примечание для таблиц 13 и 14: пример 1 — использовался наноструктурированный сухой экстракт алоэ в адбгинате натрия; пример 2 — в альгинкаппа-каррагинане; пример 3 — в каппа-каррагинане.

Таблица 15

Органолептические и физико-химические показатели мармелада

Органолептические и физико-химические показатели качества мармелада	Готовый мармелад
Вкус	Свойственный данному виду мармелада
Цвет	Светло-желтый, свойственный яблочному пюре
Запах	Свойственный данному виду мармелада, без постороннего запаха
Поверхность	Блестящая, ровная
Консистенция	Студнеобразная, нежная
Кислотность, град	5,6–5,7

лах 68–160 нм, что позволяет использовать эти препараты для приготовления функциональных продуктов питания.

1. Йогурт

Физико-химические и органолептические показатели полученного йогурта представлены в таблицах 13 и 14.

2. Мармелад

Органолептические и физико-химические показатели готового мармелада приведены в таблице 15.

ВЫВОДЫ

Полученные в работе результаты позволяют говорить о том, что синтезированные наноструктурированные препараты на основе сухого экстракта алоэ обладают благоприятными размерами и продукты, полученные на их основе, не только являются соответствующим ГОСТам, но и обладают функциональными свойствами.

Библиографический список

1. 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.
2. Зоркий П.М., Лубнина И.Е. Супрамолекулярная химия: возникновение, развитие, перспективы // Вестн. Моск. ун-та. — 1999. — № 5. — С. 300–307.
3. Rohit K. Rana, Vinit S. Murty, Jie Yu. Nanoparticle Self-Assembly of Hierarchically Ordered Microcapsule Structures / *Advanced Materials*. — 2005. — vol. 17. — P. 1145–1150.

4. 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.

5. 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.

References

1. Grigoriev F.V., Romanov A.N., Laikov D.N. et al. Methods of molecular modeling of supramolecular complexes: a hierarchical approach / *Russian nanotechnology*. — 2010. — No. 5–6. — S. 47–53.
2. Zorky P.M., Lubnina I.E. Supramolecular chemistry: emergence, development, prospects / *Vestn. Moscow un-that*. — 1999. — No. 5. — S. 300–307.
3. Rohit K. Rana, Vinit S. Murty, Jie Yu. Nanoparticle Self-Assembly of Hierarchically Ordered Microcapsule Structures / *Advanced Materials*. — 2005. — vol. 17. — P. 1145–1150.
4. 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.
5. 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.