



DOI 10.33920/igt-2105-06

УДК 620.3:615.214.24

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ВИТАМИН Е: ЕГО СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ 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»

Е.А. Шкондин, магистрант кафедры технологии продуктов питания ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

В работе приведены свойства наноструктурированного витамина Е (самоорганизация), определены размеры нанокапсул с применением метода NTA и его использование в функциональных продуктах питания.

Ключевые слова: нанокапсулы, витамин Е, самоорганизация, метод NTA, мармелад, хлебобулочные изделия.

NANOSTRUCTURED VITAMIN E: ITS PROPERTIES AND APPLICATION IN 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

*E.A. Shkondin, master's student of the Department of Food Technology,
Belgorod State National Research University*

The paper presents the properties of nanostructured vitamin E (self-organization and the size of nanocapsules are determined using the NTA method) and its use in functional food products.

Keywords: nanocapsules, vitamin E, self-organization, NTA method, marmalade, bakery products.

ВВЕДЕНИЕ

α-токоферол был открыт в 1922 году американцами Ивенсом и Бишопом, которые показали, что листья салата содержат вещество типа витамина, необходимое для сохранения нормальной способности животных к размножению. Независимо от них в 1924 году Шур провёл аналогичное исследование и назвал обнаруженный им продукт витамином Е.

Токоферолы относят к группе природных соединений — производных токола. Они представляют собой светло-желтые, маслянистые, вязкие жидкости, не растворимые в воде, хорошо растворимые в хлороформе, эфире, гексане, петролейном эфире, хуже — в ацетоне и этаноле.

Биологические функции витамина Е обусловлены биохимическим комплексом многих клеток живого организма. При отсутствии токоферолов в организме отмечаются первичные специфические нарушения и вторичные, то есть когда продукты обмена контролируют отдельные звенья внутриклеточного метаболизма. Подобный контроль может обеспечиваться в одном случае антиоксидантным действием, в другом — специфическим биохимическим взаимодействием активных центров, локализованных в различных структурных элементах клетки.

Токоферолы применяются для лечения многих болезней:

- при болезнях печени у детей, особенно при вирусном гепатите, вследствие повышения фагоцитарной активности лейкоцитов;
- лечение больных порфирией (прием токоферола устраняет расстройство метаболизма порфирина);

- для профилактики выкидышей во время беременности;
- лечение язв желудка и двенадцатиперстной кишки;
- лечение больных ахлоргидрией;
- при заболеваниях сердечно-сосудистой системы;
- лечение атеросклероза сердца, периферических артерий, поражений периферических вен;
- лечение больных диабетической ангиопатией, ревматизмом и т.д.

Витамин Е назначают при различных заболеваниях половой сферы, мешающих нормальному воспроизводству потомства (дизовариальный и гиповариальный синдромы, привычный выкидыш, отслоение плаценты и угрожающий аборт, некоторые виды импотенции). С определенным успехом назначают токоферол женщинам с осложненным климаксом.

Низкая концентрация витамина Е обычно обнаруживается в крови новорожденных детей, особенно недоношенных. Некоторые заболевания детей в этом периоде связывают с недостаточностью токоферола, к ним относятся склеродерма, нормо- и макроцитарная анемия при белково-калорийной недостаточности, а также так называемая физиологическая анемия у детей на 3–6-й неделе их жизни.

Серьезные проблемы, связанные с обменом витамина Е, складываются у детей, страдающих атрезией желчных путей, а также муковисцидозом. Нарушения всасывания жира в кишечнике и стеаторрея приводят к дефициту токоферола в организме ребенка. У таких детей наблюдаются атрофия и очаговые некрозы мышц, уменьшение количест-

ва креатина в мышцах, повышение креатинурии и способность эритроцитов к гемолизу. Введение витамина Е увеличивает содержание креатина в мышцах, устраняет креатинурию и гемолиз.

Витамин Е улучшает потребление кислорода тканями, регулирует коагулирующие свойства крови. Создает мономолекулярную пленку на внутренней оболочке артерий, стимулирует рост новых капилляров, разрыхляя тем самым рубцовую ткань. При экспериментальном атеросклерозе токоферол во многих случаях оказывал либо защитное, либо лечебное действие.

Употребление продуктов, богатых витамином Е, во время беременности защищает будущего ребенка от бронхиальной астмы. К такому выводу пришли ученые из Абердинского университета, проводившие исследование с участием 2000 беременных женщин. Выяснилось, что дети тех матерей, которые употребляли наименьшее количество витамина Е во время беременности, заболели бронхиальной астмой в 5 раз чаще, чем дети матерей, получавших наибольшее количество этого витамина.

Витамин Е восстанавливает слух. Ученые Израильского технологического института провели эксперимент на 66 пациентах, которым был поставлен диагноз «внезапная потеря слуха». Выяснилось, что, когда в курс лечения был включен витамин Е, слух к этим пациентам возвращался значительно быстрее.

В результате новых исследований установлено, что витамин Е обладает мощными свойствами защиты человеческого мозга и даже может помочь в предотвращении болезни Альцгеймера.

Роль витамина Е как ингибитора свободнорадикального окисления в процессе перекисного окисления липидов скелетных мышц особенно прослеживается в ходе развития элементарного Е-авитаминоза. Показано, что результатом дефицита в организме крыс природ-

ного ингибитора свободнорадикального окисления α -токоферола (вследствие содержания животных на Е-дефицитном рационе) являются накопление в мембранах первичных и вторичных молекулярных продуктов перекисного окисления липидов и нарушение вследствие этого Ca^{2+} -транспортирующей функции.

Установлена взаимосвязь между витаминами Е и К. Например, обогащение организма α -токоферолом полностью или частично предохраняет от ряда биохимических нарушений, свойственных К-витаминной недостаточности. Установлено, что действие витамина Е направлено на те проявления дефицита витамина К, которые не связаны непосредственно с участием последнего в биосинтезе.

Витамин Е значительно быстрее разлагается в организме курящих людей, чем некурящих. Исследование, проведенное в Университете штата Орегон, показало, что в плазме крови у курильщиков содержание витамина Е сокращается на 13% быстрее, чем у некурящих. Витамин Е является важным антиоксидантом, его недостаток приводит к повреждению тканей токсинами и свободными радикалами, что может привести к развитию рака. Поэтому курящим людям необходимо увеличить количество витамина Е, получаемого с пищей. Однако витамин Е содержится в основном в жирной пище, которую в борьбе с лишним весом часто исключают из диеты. Это ведет к систематической нехватке витамина Е у многих людей.

Не менее важный результат был получен при исследовании взаимодействия витаминов С и Е. Оказалось, что при недостатке витамина С витамин Е сам может проявлять ярко выраженные окислительные свойства, поэтому наряду с витамином Е нужно следить и за достаточным потреблением витамина С.

Витамин Е препятствует образованию бляшек и тромбов в артериях, постепенной закупорке и отвердеванию артерий,

которая начинается еще в молодости и продолжает развиваться в среднем и пожилом возрасте. По современным данным, причиной атеросклероза в основном является холестерин «плохого» типа LDLP (Low Density Lipoproteins, то есть липопротеина низкой плотности с высоким содержанием холестерина), который находится в крови и претерпевает химические изменения — окисляется под воздействием свободных радикалов. Если такое окисление LDLP не будет происходить, «плохой» (то есть окисленный) холестерин не попадет на стенки артерий и, следовательно, не будут образовываться бляшки, не будут закупориваться артерии. Именно это делает, и очень эффективно, витамин Е — гораздо лучше, чем любой другой антиоксидантный витамин. Витамин Е ингибирует нежелательное окисление, тем самым уничтожая саму причину заболевания коронарных артерий. Обычный неокисленный холестерин не представляет никакой опасности для здоровья человека.

В настоящее время уже известно, что польза от приема витамина Е даже больше той, которую приносит снижение кровяного давления и уровня холестерина в крови! Мировой организацией по охране здоровья в 16 европейских городах было проведено масштабное исследование, которое показало, что высокий уровень в крови витамина Е скорее снижает вероятность смертельных сердечных приступов, чем понижение уровня холестерина.

Длительный прием витамина Е в дозах от 100 до 800 мг не вызывает побочных реакций. Доказано, что в высоких дозах (в 100 раз превышающих потребность) токоферол выступает не как витамин, а как специфическое вещество, препятствующее свертываемости крови, чем снижает риск возникновения инфаркта или инсульта. По данным опросов, 40% американских кардиологов сами принимают высокие дозы витамина Е. Но Кардиологическая ассоциация США до

сих пор воздерживается рекомендовать это всем, так как требуются дальнейшие углубленные исследования.

Рекомендуемая норма потребления витамина Е, принятая в России, — 8–10 МЕ/сутки (1 МЕ соответствует 1 мг D,L- α -токоферолаацетата). Она возрастает при повышенном потреблении с пищей полиненасыщенных жирных кислот, то есть растительных жиров. Это надо иметь в виду при переходе на питание преимущественно растительной пищей [1–5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование самоорганизации наноструктурированного витамина Е проводили следующим образом. Порошок наноструктурированного витамина Е растворяли в воде, каплю наносили на покровное стекло и выпаривали. Высушенную поверхность сканировали методом конфокальной микроскопии на микроскопе «Микромед 3» вар. 3-20. На этом же приборе получена микрофотография с самоорганизацией, которая представлена на рис. 1. 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 для них характерна самосборка.

Измерения размеров наноструктурированного витамина Е проводились методом NTA. Измерения проводили на мультипараметрическом анализаторе наночастиц Nanosight LMO 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 215s, использование шприцевого насоса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

Как видно из таблиц 1–6, коэффициент полидисперсности в цитрусовом пектине и желатиновой камеди составляет 1,18–1,083 соответственно,



что позволяет говорить о том, что микрокапсулы витамина Е в этом случае приближаются к шаровидной форме, а в натрий карбоксиметилцеллюлозе и альгинате натрия составляет 1,45–1,76 соответственно, что позволяет говорить об эллипсоидной форме микрокапсул. А средний размер микрокапсул находится в пределах 181–276 нм, что позволяет использовать эти препараты для приготовления функциональных продуктов питания (мармелад, хлебобулочные изделия).

Полученный с применением наноструктурированного витамина Е мар-

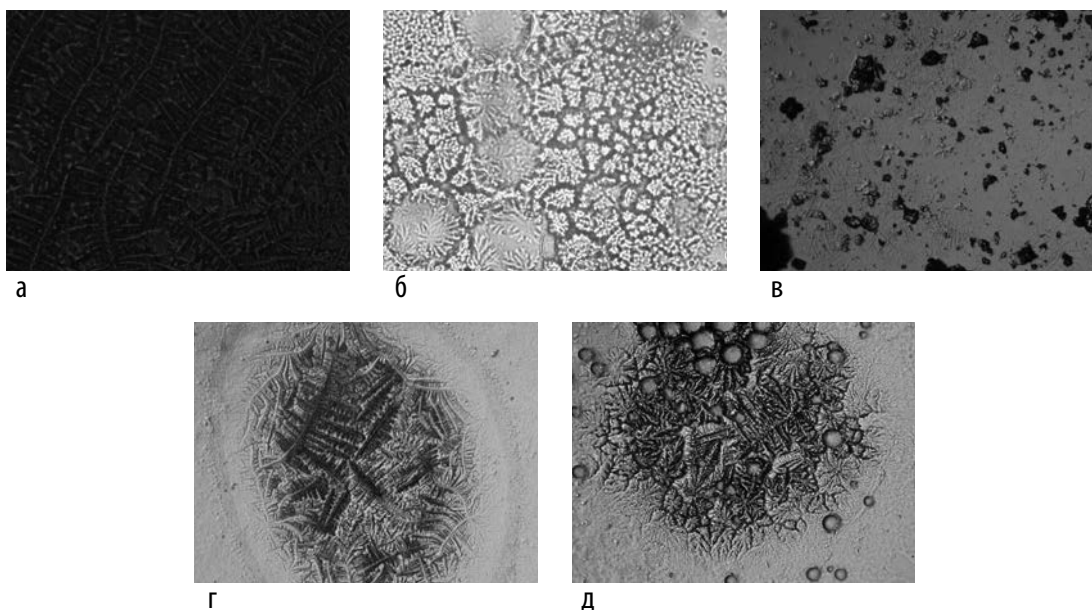


Рис. 1. Конфокальное изображение наноструктурированного витамина Е:
 а) в желатиновой камеди, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, увеличение в 920 раз, концентрация 0,25%;
 б) в альгинате натрия, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, увеличение в 400 раз, концентрация 0,125%;
 в) в каррагинане, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, увеличение в 400 раз, концентрация 0,125%;
 г) в ксантановой камеди, соотношение «ядро : оболочка» 1:3, увеличение в 400 раз, концентрация 0,125%;
 д) в альгинате натрия, соотношение «ядро : оболочка» 3:1, увеличение в 400 раз, концентрация 0,125%

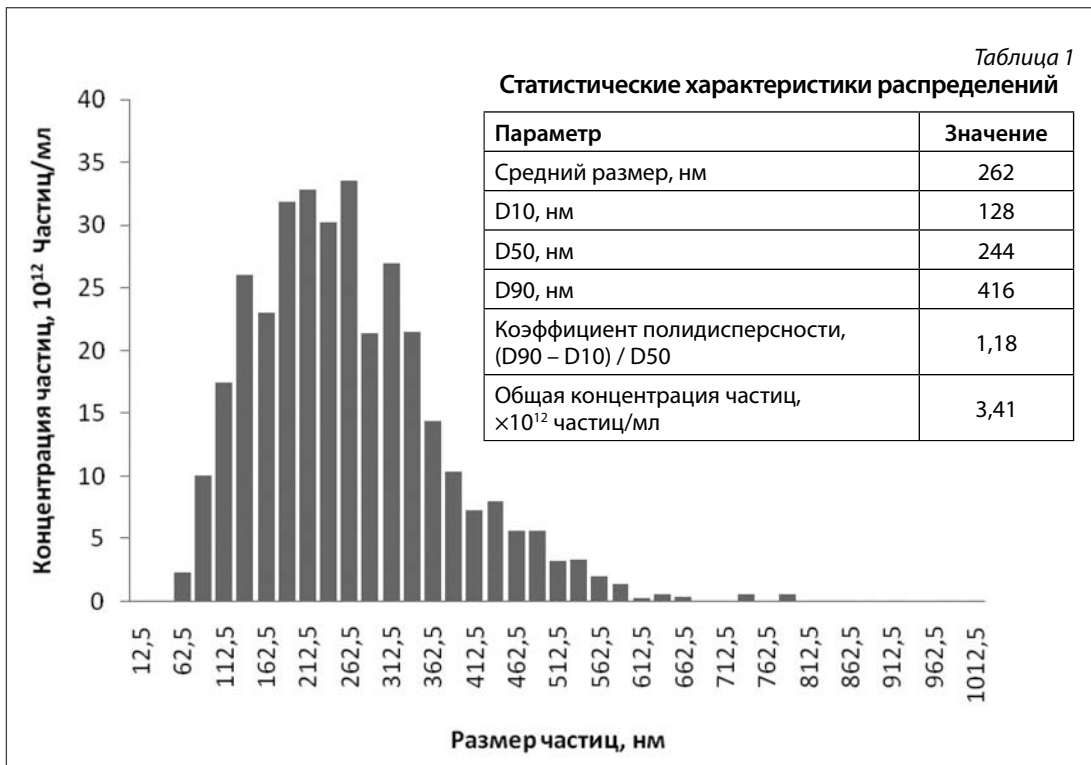


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул витамина E в цитрусовом пектине (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

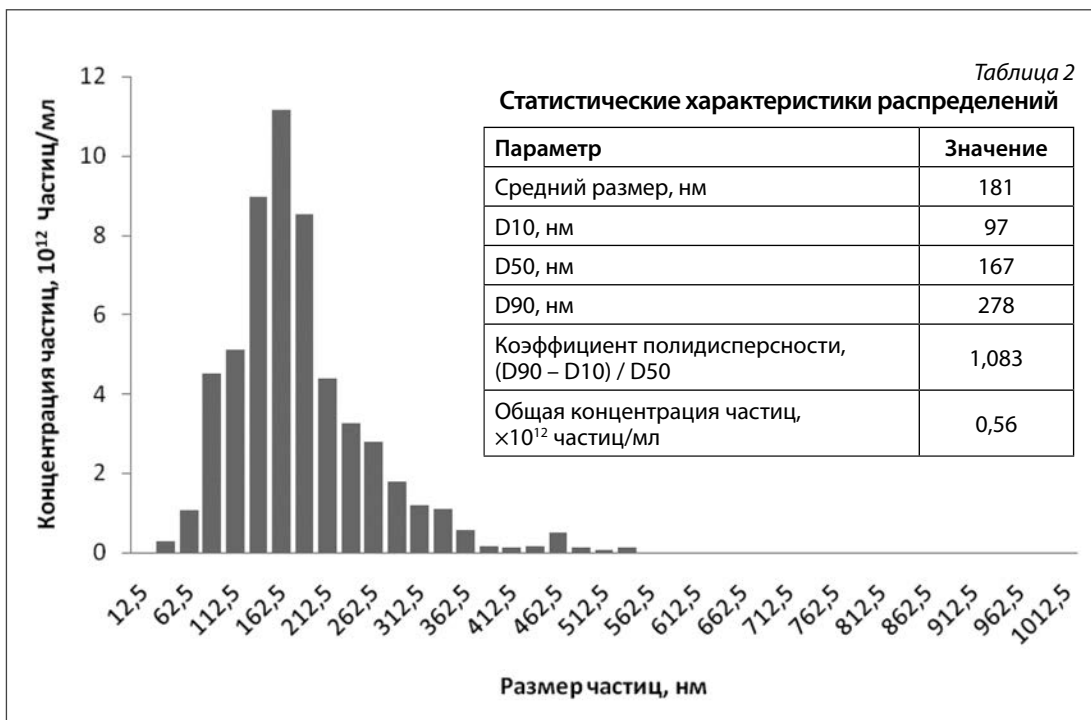


Рис. 3. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул витамина E в желатиновой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

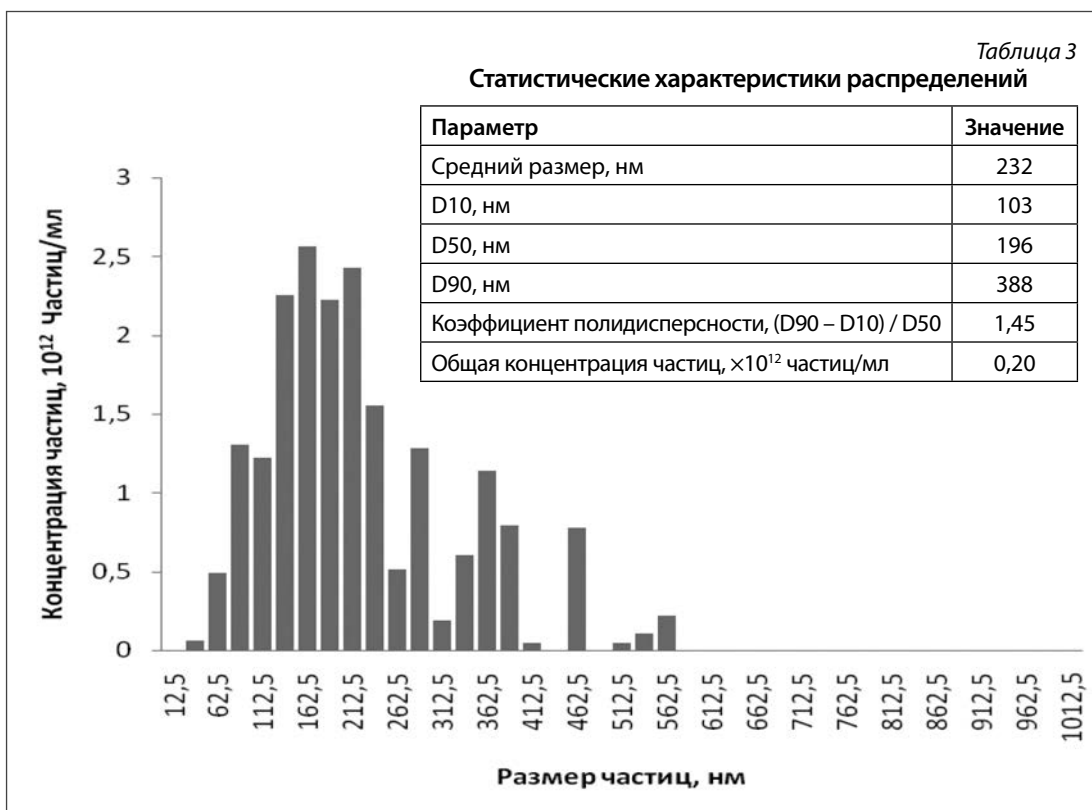


Рис. 4. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул витамина E в натрий карбоксиметилцеллюлозе (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)



Рис. 5. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул витамина E в альгинате натрия (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

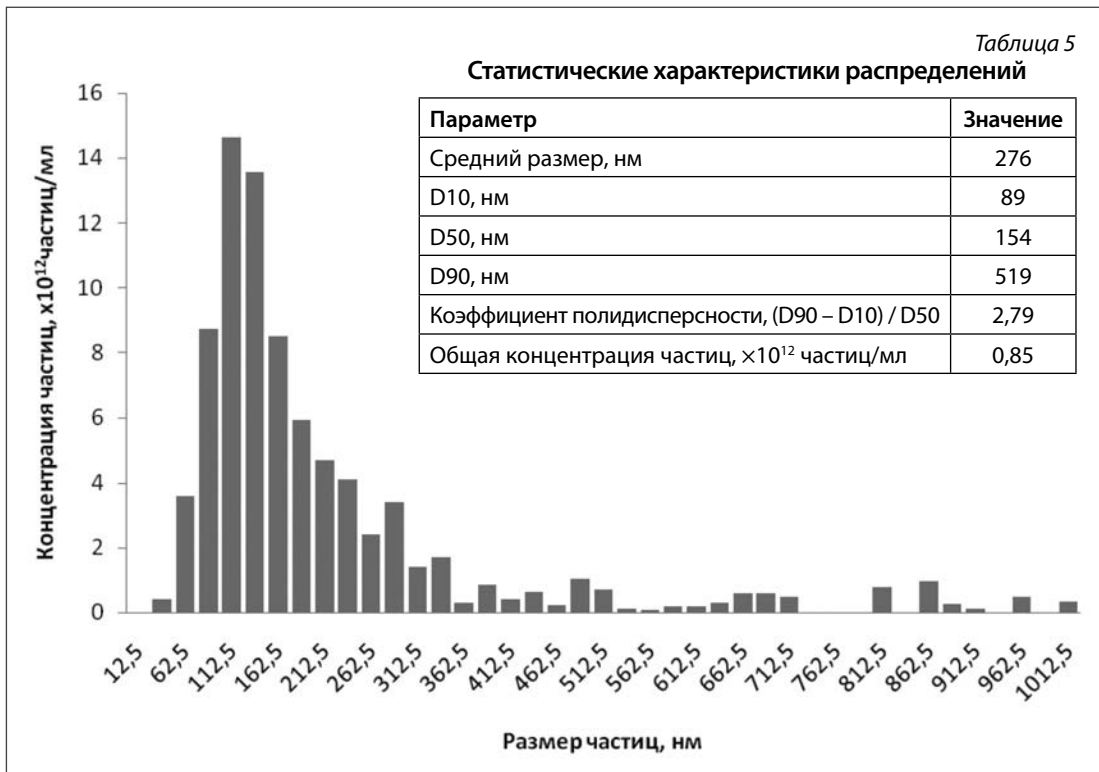


Рис. 6. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул витамина E в каррагинане (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

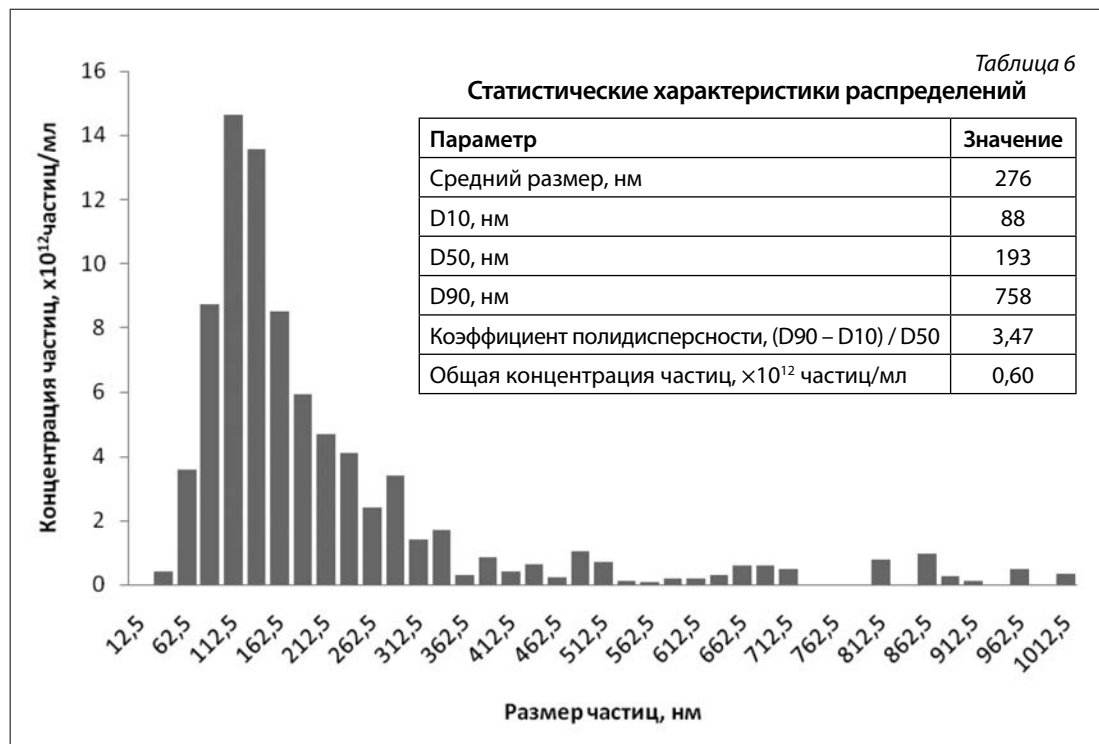


Рис. 7. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул витамина E в ксантановой камеди (соотношение «ядро : оболочка» 1:3)

Таблица 7

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	6,0

мелад обладает высокими вкусовыми качествами, приятным сладковатым вкусом, студнеобразной консистенцией, правильной формой и может



использоваться как функциональный продукт. Органолептические и физико-химические показатели готового сырья приведены в таблице 7.

Готовый хлеб с применением наноструктурированного витамина Е характеризуется следующими показателями качества: хлеб имеет поверхность корки ровную, светло-золотистого цвета; цвет мякиша белый, равномерный; эластичность хорошая, пористость мелкая, равномерная, тонкостенная, вкус сладковатый (табл. 8–10).

ВЫВОДЫ

Полученные в работе результаты позволяют говорить о том, что синтезированный наноструктурированный витамин Е обладает благоприятными размерами,

Таблица 8

Внешний вид хлеба

Форма	Поверхность корки	Цвет корки
Правильная	Ровная, без подрывов	Равномерный, очень светло-золотистый

Таблица 9

Состояние мякиша

Цвет	Равномерность окраски	Эластичность	Пористость
Белый	Равномерная	Хорошая	Мелкая
Вкус	Хруст	Комкуемость при разжевывании	Крошковатость
Приятный	Отсутствует	Отсутствует	Не крошащийся

Таблица 10

Физико-химические показатели хлеба

Влажность, %	Кислотность, град	Пористость, %
39,5–39,8	1,8–1,9	68–70

мармелад и хлебобулочные изделия, полученные на его основе, не только являются соответствующими ГОСТу, но и обладают функциональными свойствами.

Библиографический список

1. Булгаков С. Витамин Е — высокоэффективный оксидант // Врач. — 2007. — № 8. — С. 44–47.
2. Витамины-целители. — Минск: PARADOX, 2000. — 446 с.
3. Лифляндский В.Г. Витамины и минералы. От А до Я. — СПб.: Нева, 2006. — 640 с.
4. Плечитый К.Д. Витамины и иммунитет. Витамин Е // Вопр. питания. — 1997. — № 4. — С. 9–12.

5. Тырсин Ю.А., Кролевец А.А., Чижик А.С. Витамины и витаминоподобные вещества. — М.: ДеЛи плюс, 2012. — 203 с.

References

1. Bulgakov S. Vitamin E is a highly effective oxidant // Doctor. — 2007, No. 8, p. 44–47.
2. Vitamins-healers. — Minsk: PARADOX, 2000, 446 p.
3. Lifyandsky V.G. Vitamins and minerals. From A to Z. — SPb: Neva, 2006, 640 p.
4. Pletite K.D. Vitamins and immunity. Vitamin E // Vopr. food — 1997, no. 4, p. 9–12.
5. Tyrsin Yu.A., Krolevets A.A., Chizhik A.S. Vitamins and vitamin-like substances. — M., DeLi plus, 2012, 203 p.

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

ВЕНГЕРСКИЙ КОНДИТЕР СОЗДАЛ ШОКОЛАДНУЮ ВАКЦИНУ

Венгерский кондитер Ласло Римоци вселяет надежду на Пасху, создавая своих шоколадных кроликов, держащих шприцы с вакциной. Его шоколадные вакцины, сделанные из 100-процентного итальянского молока и темного шоколада и посыпанные серебряным порошком из пищевого красителя, сигнализируют о том, что есть выход из пандемии коронавируса. И, в отличие от его рождественских шоколадных Дедов Морозов, кролики уже не носят маски.

УЧЕННЫЕ ПРИДУМАЛИ, КАК ЗАМОРАЖИВАТЬ МАЛИНУ ДЛЯ ВЫПЕЧКИ

Ученые из Университета штата Вашингтон придумали способ обработки малины до ее замораживания, чтобы она сохраняла свою структуру при оттаивании. Маленькие терпкие ягоды малины очень нежные, их клетки повреждаются при замораживании. При выпекании они превращаются в кашу и пропускают сок в выпечку, делая ее непривлекательной. В результате замороженная малина редко используется в выпечке.

Чтобы этого не происходило, ученые насыщают каждую ягоду пектином, который часто используется в качестве загустителя при приготовлении выпечки, и кальцием, который играет важную роль в поддержании структуры клеточной стенки, образуя прочную гелеобразную структуру. Затем малина слегка подсушивается, что снижает ущерб от кристаллов льда в размороженных фруктах. И третий шаг — это покрыть ягоды пищевой пленкой, которая часто используется для покрытия предварительно запеченных замороженных пирогов и пиццы. Таким образом, когда малина замораживается, из нее не будет протекать сок, а покрытие защитит оставшуюся влагу.

Kedem.ru