



УДК 620.3:615.214.24

## СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ЭКСТРАКТА ХЛОРЕЛЛЫ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАРМЕЛАДА

**А.А. Кролевец**, д-р хим. наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, заведующий лабораторией «Синтез микро- и наноструктур», ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», академик РАЕН;

**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

В работе приведены данные по использованию наноструктурированной хлореллы при производстве мармелада в качестве функционального продукта питания профилактического назначения. С помощью метода анализа траектории частиц (метод NTA) найдены размеры наноструктурированной хлореллы, которые существенно зависят от природы оболочки. Так, размеры наночастиц находятся в пределах от 155 нм (в альгинате натрия) до 365 нм (в пектине).

**Ключевые слова:** мармелад, наноструктурированная хлорелла, метод NTA, функциональные продукты.

## PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED CHLORELLA EXTRACT AND ITS APPLICATION IN THE PRODUCTION OF FRUIT JELLY

**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

Data on the use of nanostructured chlorella as a functional food product for preventive purposes in the production of fruit jelly are presented in the article. Size of nanostructured chlorella are determined using the nanoparticle tracking analysis (NTA method), which significantly depend on the nature of the shell. Thus, sizes of nanoparticles are in the range from 155 nm (in sodium alginate) to 365 nm (in pectin).

**Keywords:** fruit jelly, nanostructured chlorella, NTA method, functional products.

**В** настоящее время такие факторы, как неблагоприятная экологическая обстановка, активный образ жизни людей, не всегда высокое качество продуктов питания выдвигают новые требования к пищевым продуктам, а именно: не только удовлетворение физиологических потребностей, но и поло-

жительное функциональное воздействие на организм человека.

В связи с этим на современном этапе развития пищевой индустрии Российской Федерации все большую популярность получают продукты питания функционального назначения, обогащенные витаминами, пищевыми волокнами, ми-

неральными веществами. Как правило, такие продукты получают путем внесения функциональных добавок в традиционные продукты питания. Наиболее перспективными являются функциональные добавки, получаемые из натурального растительного сырья. Исследование пищевого статуса населения Российской Федерации показало, что одними из наиболее дефицитных в рационе питания людей являются витамины группы В и железо и йод. Исследование различных функциональных добавок показало, что эти вещества находятся в значительных количествах в микроводорослях.

В качестве традиционного продукта питания в данном исследовании нами был выбран мармелад, являющийся широко распространенным продуктом питания среди различных групп насе-

ния. Кроме того, мармелад представляют собой многокомпонентный продукт с разнообразными рецептурами, что обеспечивает возможность разработки широкого спектра рецептур новых сортов мармелада функционального назначения.

В XXI веке в странах Запада (например, в США и Канаде) хлорелла стала использоваться в качестве добавки к пище. Польза хлореллы обусловлена высоким содержанием в ней белка и витаминов [1]. В хлорелле особо высоко содержание железа, что позволяет использовать ее в терапии железодефицитных анемий [2].

Ряд исследований демонстрирует эффективность хлореллы в качестве дополнительной терапии при лечении вирусных инфекций, таких как гепатит С и цитомегаловирус. Эффект связывают

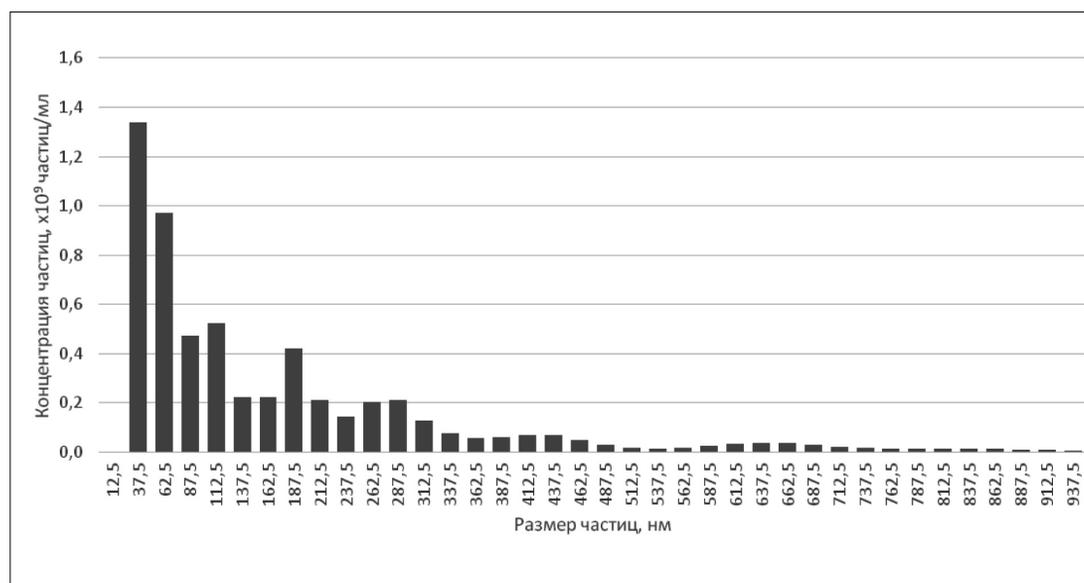


Рис. 1. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул экстракта хлореллы в альгинате натрия (соотношение ядро:оболочка 1:3)

#### Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	189,5
D10, нм	25
D50, нм	83,8
D90, нм	403,4
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	4,52
Общая концентрация частиц, $\times 10^8$ частиц/мл	59,4

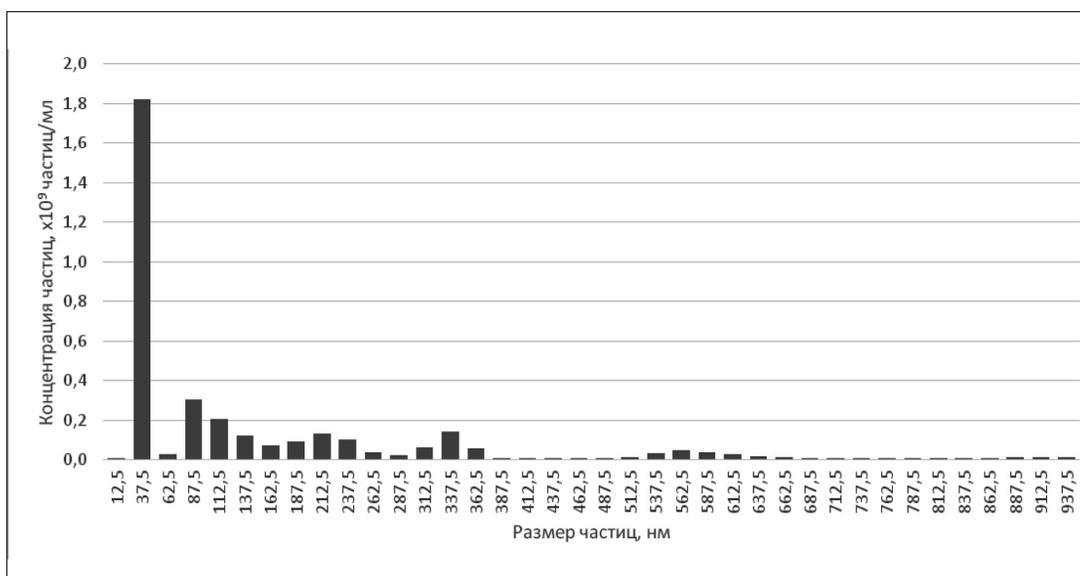


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул экстракта хлореллы в альгинате натрия (соотношение ядро:оболочка 1:1)

#### Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	155,2
D10, нм	25
D50, нм	25
D90, нм	333,1
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	12,32
Общая концентрация частиц, x10 <sup>8</sup> частиц/мл	35,1

с иммуностимулирующими свойствами компонентов, входящих в состав клеточной стенки данной водоросли [3].

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

Исследование размера нанокapsул методом NTA осуществлялось на мультипараметрическом анализаторе наночастиц Nanosight LM0 производства Nanosight Ltd (Великобритания) в конфигурации HS-BF (высококонтрастная 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. 1-4 представлены размеры нанокapsул рибофлавина в альгинате натрия, и пектине.

В результате проведенных исследований нами показано, что наноструктурированная хлорелла в различных оболочках проявляют супрамолекулярные

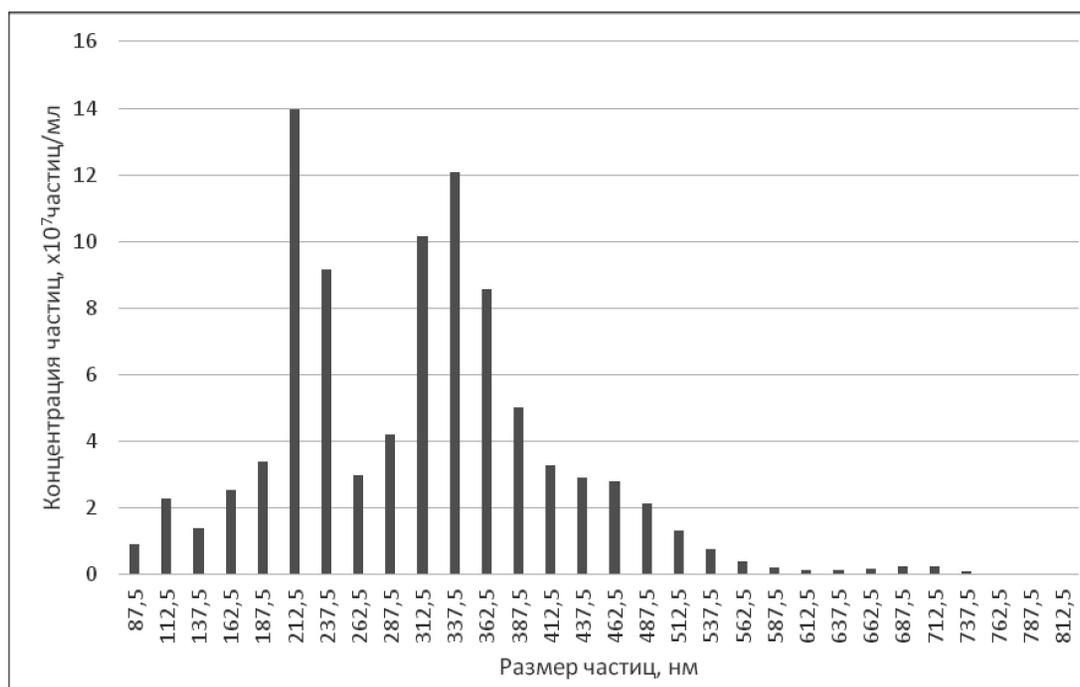


Рис. 3. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул хлореллы в высокоэтерифицированном яблочном пектине (соотношение ядро:оболочка 1:3)

#### Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	309,2
D10, нм	165,4
D50, нм	287,5
D90, нм	422,5
Коэффициент полидисперсности, $(D90-D10)/D50$	0,89
Общая концентрация частиц, $\times 10^8$ частиц/мл	9,17

свойства, средний размер наночастиц составляет от 155 нм (в альгинате натрия) до 365 нм (в пектине).

Полученный мармелад с содержанием наноструктурированной хлореллой 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 5.

Таким образом, предлагаемый способ получения мармелада с использованием наноструктурированного экстракта хлореллы позволяет:

- получить новый продукт высокого качества, имеющий пониженную энергетическую ценность;
- придать готовому продукту лечебно-профилактическое назначение;
- расширить ассортимент кондитерских изделий специального назначения.

#### Библиографический список

1. Umemoto S., Otsuki T. Chlorella-derived multicomponent supplementation increases aerobic endurance capacity in young individuals./ J Clin Biochem Nutr. 2014 Sep;55(2):143-6. doi: 10.3164/jcfn.14-58. Epub 2014 Jul 31.
2. Matsuura E., Nemoto T., Hozumi H., Izumi K., Saito Y., Ishida H., Fukimbara T., Kawahara H.

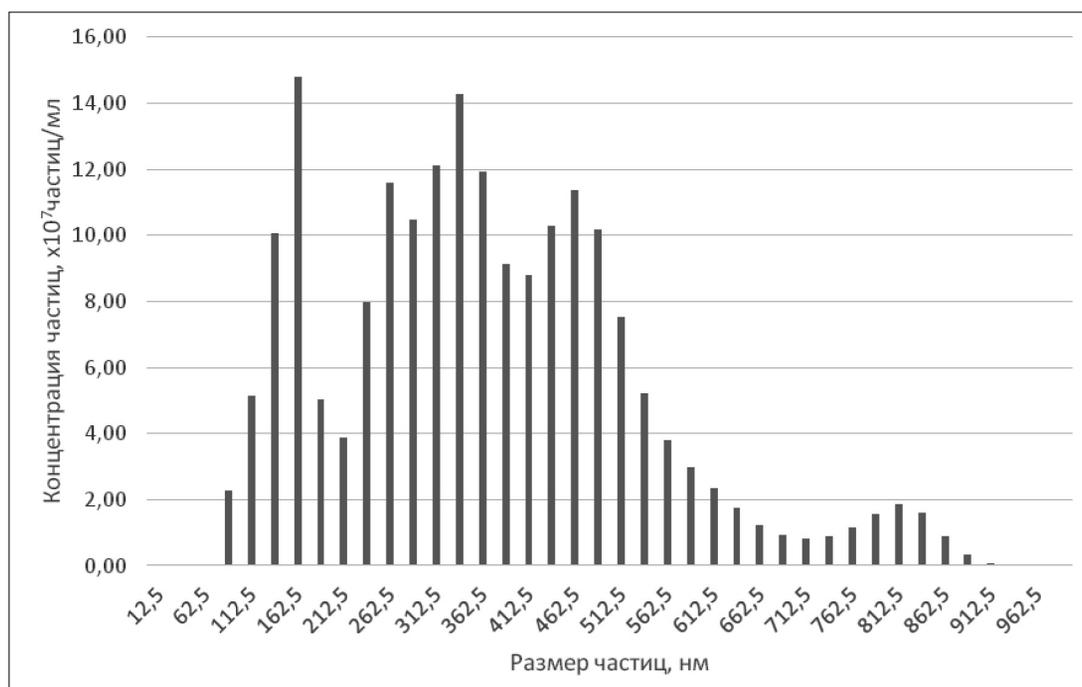


Рис. 4. Распределение частиц по размерам в образце нанокapsул хлореллы в высокоэтерифицированном цитрусовом пектине (соотношение ядро:оболочка 1:3)

#### Статистические характеристики распределений

Параметр	Значение
Средний размер, нм	365,4
D10, нм	128,2
D50, нм	324,1
D90, нм	543,4
Коэффициент полидисперсности, (D90-D10)/D50	1,28
Общая концентрация частиц, x10 <sup>8</sup> частиц/мл	19,40

Таблица 5.

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	5,7

Effect of chlorella on rats with iron deficient anemia. / Kitasato Arch Exp Med. 1991 Dec; 64(4):193-204.

3. Jung Hyun Kwak, Seung Han Baek, Yongje Woo, Jae Kab Han, Byung Gon Kim, Oh Yoen Kim, and Jong Ho Lee. Beneficial immunostimulatory

effect of short-term Chlorella supplementation: enhancement of Natural Killer cell activity and early inflammatory response (Randomized, double-blinded, placebo-controlled trial)/ Nutr J. 2012; 11: 53. Published online 2012 Jul 31. doi: 10.1186/1475-2891-11-53.