



DOI 10.33920/igt-

УДК 620.3:615.214.24

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ЦИНК: СВОЙСТВА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

А.А. Кролевец, профессор кафедры технологии продуктов питания, заведующий лабораторией «Синтез микро- и наноструктур» ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт, доктор химических наук, академик РАЕН;

О.В. Биньковская, доцент кафедры технология продуктов питания, кандидат биологических наук, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»;

С.Г. Глотова, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт;

Е.М. Мамаева, студентка ЧОУ ВО Региональный открытый социальный институт;

О.А. Набокова, магистрант ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

В работе представлены свойства наноструктурированных солей цинка и ее применение для производства функциональных продуктов питания профилактического назначения на примере мармелада, кефира, мороженого и хлебобулочных изделий. Размеры наноструктурированного сульфата цинка определяли методом НТА. Как оказалось, размер наночастиц составляет 145 нм, а коэффициент полидисперсности имеет значение 1,34, что говорит о его эллипсоидной форме. Эти данные позволяют использовать синтезированный продукт по функциональному назначению.

Ключевые слова: наноструктурированные соли цинка, самоорганизация, метод НТА, функциональные продукты, мармелад, кефир, мороженое, хлебобулочные изделия.

NANOSTRUCTURED ZINC: PROPERTIES AND APPLICATIONS IN FUNCTIONAL ALIMENTARY PRODUCTS

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, PEI HE Regional Open Social Institute;

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

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

E.M. Mamaeva, student of the PEI HE Regional Open Social Institute;

O.A. Nabokova, master's student, FSAEI HE Belgorod State National Research University

The paper presents the properties of nanostructured zinc salts and their application for the production of functional food for preventive purposes on the example of marmalade, kefir, ice cream and bakery products. The size of nanostructured zinc sulfate was determined by the NTA method. As it turned out, the size of nanoparticles is 145 nm, and the polydispersity coefficient has a value of 1.34, which indicates its ellipsoid shape. These data allow using the synthesized product for functional purposes.

Keywords: nanostructured zinc salts, self-organization, NTA method, functional products, marmalade, kefir, ice cream, bakery products.

Цинк относится к микроэлементам. В организме взрослого человека находится 1,5-3,0 г цинка.

Биологическое действие цинка было выявлено в 1930-х гг.

Цинк входит в состав более 200 металлоферментов, участвующих в самых различных обменных реакциях, включая синтез и распад углеводов, жиров, белков и нуклеиновых кислот, а также является составной частью гормона поджелудочной железы — инсулина, регулирующего уровень сахара в крови.

Этот элемент обладает антивирусным и антитоксическим свойствами. Он необходим для роста и развития организма, а также половых желез и мозга, формирования поведенческих реакций; для борьбы с инфекционными болезнями и раком. Цинк необходим для поддержания гормонального состояния кожи, обеспечивает возможность ощущать вкус, устойчивость к стрессам и простудным заболеваниям. Способствует нормальному развитию плода и синтезу РНК и ДНК. Поддерживает нормальный уровень витамина А в крови. Лечит гепатоцеребральную дистрофию.

Элемент действует как детоксикатор при удалении избытка двуокиси углерода и алкоголя из организма. Он необходим при нарушении вкуса и обоняния у детей, при переломах костей (участвует в процессе образования костей). Потерю обонятельной и вкусовой чувствительности у пожилых людей и беременных женщин связывают именно с недостаточностью цинка.

Цинк восстанавливает состояние вилочковой железы (тимуса), которая с возрастом постепенно атрофируется. Полагают, что начало атрофии тимуса, регулирующей иммунные функции организма, связано с началом старения организма. Учитывая вышесказанное, можно полагать, что атрофия этой железы не является необратимой, а связана с

дефицитом цинка. Поэтому достаточное количество цинка в питании может быть фактором не только усиливающим иммунитет, но и увеличивающим продолжительность жизни человека.

Цинк входит в состав фермента (алкогольдегидрогеназы), окисляющего и тем самым обезвреживающего алкоголь. Причем от обеспеченности организма цинком зависит не только активность фермента, но и его количество. Таким образом, увлечение алкоголем приводит к дефициту цинка, а это, в свою очередь, к снижению количества и качества работы алкогольдегидрогеназы, т.е. образуется порочный круг.

Высокая антиоксидантная активность цинка (как и селену, витаминам С и Е и др.) обусловлена тем, что он входит (наряду с медью) в состав фермента супероксиддисмутазы, препятствующего образованию агрессивных активных форм кислорода.

При недостаточности цинка в питании могут образовываться: угри; потеря аппетита; изменения вкусовых ощущений и обоняния; ломкость ногтей; выпадение волос; частые инфекции; замедление роста; позднее половое созревание; импотенция; раздражительность; плохое заживление ран; высокий уровень холестерина; утомление; снижение способности к обучению. Возможно развитие атеросклероза и поносы, а также шелушение кожи; многочисленные поражения кожи (гиперкератоз, паракератоз, акродерматит); глоссит; стоматит; паронихия; долгое заживление ран. Недостаточность цинка лежит в основе энтеропатического акродерматита – аутосомно-рецессивного заболевания, клиническая картина которого характеризуется появлением сгруппированных пузырьков на коже в области локтевых и коленных суставов, дистальных отделах конечностей и вокруг естественных отверстий у лиц, страдающих желудочно-желудочными заболеваниями. Содер-

жимое пузырей обычно серозное или гнойное.

Серьезный дефицит цинка может привести к задержке в полном развитии костей; увеличению селезенки или печени; малый размер яичек; пониженная функция яичек; низкий рост или карликовость; проблемы с глазами, как например, ретробульбарный неврит, плохое цветоразличение, образование катаракты.

Так как при дефиците цинка возникает угнетение образования спермы, то в начальный период полового созревания, когда формируются половые органы, мальчикам требуется повышенное количество цинка. Организму девочек в этот период тоже нужен цинк, но в меньшем количестве. У мужчин недостаток этого элемента проявляется бесплодием. В связи с этим и мамам мальчиков и мужчинам неплохо бы обратить внимание на количество потребляемого с пищей цинка [1-5].

В жарком климате потери цинка могут служить одной из причин дефицита этого элемента. Токсичность цинка невелика и даже при введении его в избытке он не накапливается, а выводится. Потребность в цинке возрастает при питании преимущественно углеводистой пищей, требующей повышенной продукции инсулина. Использование мочегонных препаратов выводит не только калий из организма, но и цинк, что тоже может приводить к половым расстройствам. Поэтому людям, принимающим мочегонные лекарства типа гидрохлортиазида, рекомендуется пища, богатая цинком, или прием его препаратов.

В организме цинк сконцентрирован в поджелудочной железе, мышцах, печени, почках, предстательной железе. Коже, поэтому при заболеваниях именно этих органов следует позаботиться об обеспеченности организма цинком.

В волосах больных, получивших обширные ожоги, содержится пониженное количество цинка. В ходе эксперимен-

тов было установлено, что прием 50 мг сульфата цинка с пищей 3 раза в сутки повышал скорость заживления ран, способствовал ускорению заживления язв на нижних конечностях. Особенно ускорялось заживление на стадии эпителизации через 15 дней после операции. Это объясняют тем, что цинк видоизменяет течение воспалительного процесса и ускоряет синтез коллагена в заживающей ране, а также участвует в синтезе белка, особенно интенсивно протекающем в восстанавливающейся ткани.

Дополнительный прием цинка может потребоваться для: людей, потребляющих малокалорийную или недостаточно богатую питательными веществами пищу, а также тем, кто испытывает повышенную потребность в питательных веществах, к примеру, вегетарианцам; детям дошкольного возраста, не получающим адекватного питания; людям старше 55 лет; употребляющим алкоголь и наркотики; людям, страдающим изнурительными хроническими заболеваниями; тем, кто длительное время испытывает стрессовое состояние; недавно перенесшим хирургическую операцию; перенесшим в недавнем прошлом тяжелые травмы и ожоги; проживающим в регионах, где почвы бедны цинком; младенцам, рожденным с акродерматитной энтеропатией; страдающим гранулематозной или глютеневой болезнью; страдающим от хронической диареи.

Люди способны абсорбировать только 33% цинка, содержащегося в пище. Цинк из животной пищи абсорбируется лучше, чем из растительной (этому мешают клетчатка и фитиновая кислота, которые содержатся в растениях). Это может стать проблемой для строгих вегетарианцев, которые питаются растительной пищей с большим содержанием клетчатки. Грудные дети будут абсорбировать меньше цинка, если их кормить искусственным питанием на основе сои, которая содержит фитинаты.

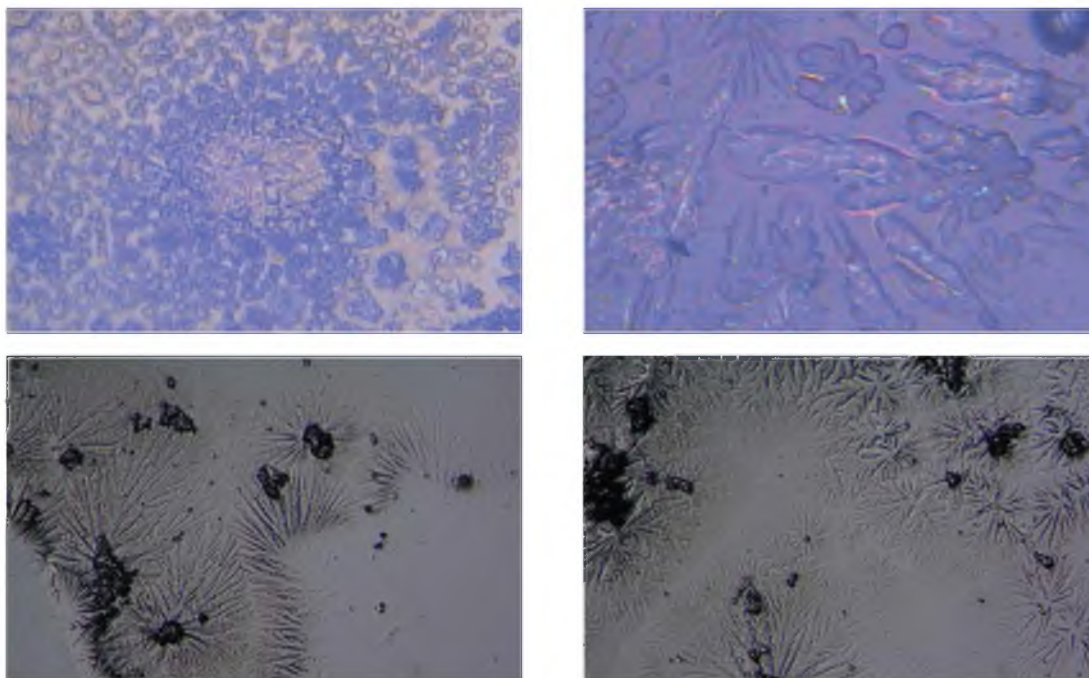


Рис.1. Изображение с микроскопа самоорганизации наноструктурированного солей цинка с увеличением в 400 раз: а) сульфат цинка в конжаке гумм, соотношение ядро:оболочка 1:3, концентрация 0,5%; б) сульфат цинка в каппа-каррагинане, соотношение ядро:оболочка 1:3, концентрация 0,125%; в) сульфат цинка в альгинате натрия, соотношение ядро:оболочка 1:3 концентрация 0,125%; г) сульфат цинка в альгинате натрия, соотношение ядро:оболочка 1:3, концентрация 0,25%.

Суточная потребность — дети до 1 года — 5 мг, от 1 до 10 лет — 10 мг, для мужчин 15 мг, для женщин — 12 мг, для беременных и кормящих женщин — 25 мг. При потреблении до 5 мг/сутки (при весе 70 кг) формируется недостаток цинка.

Недавно было установлено, что при злокачественных новообразованиях содержание ионов цинка в клеточных органеллах, клетках и отдельных органах увеличивается 1,5–2, а иногда и в 3 раза. Хотя причины этого пока не известны, само явление может служить для ранней диагностики рака.

Цинк должен поступать регулярно в достаточном количестве, так как он практически не депонируется, но не более 100 мг/сут (чтобы не было угнетения иммунитета).

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

В литературе не найдены работы по исследованию наноструктурированных

солей цинка, что и явилось целью данной работы.

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

Исследование самоорганизации микрокапсул проводили следующим образом. Порошок инкапсулированного биополимером солей цинка растворяли в воде, каплю наносили на предметное стекло и выпаривали. Высушенная поверхность исследовали на микроскопе «Микромед 3» вар. 3-20 при увеличении в 400 раз. На этом же приборе получена микрофотография с самоорганизацией, которая представлена на рисунке 1.

Исследование размеров наноструктурированных солей цинка проводили на мультипараметрическом анализаторе наночастиц Nanosight LM10 производства Nanosight Ltd (Великобритания) в конфигурации HS-BF (высококочувстви-

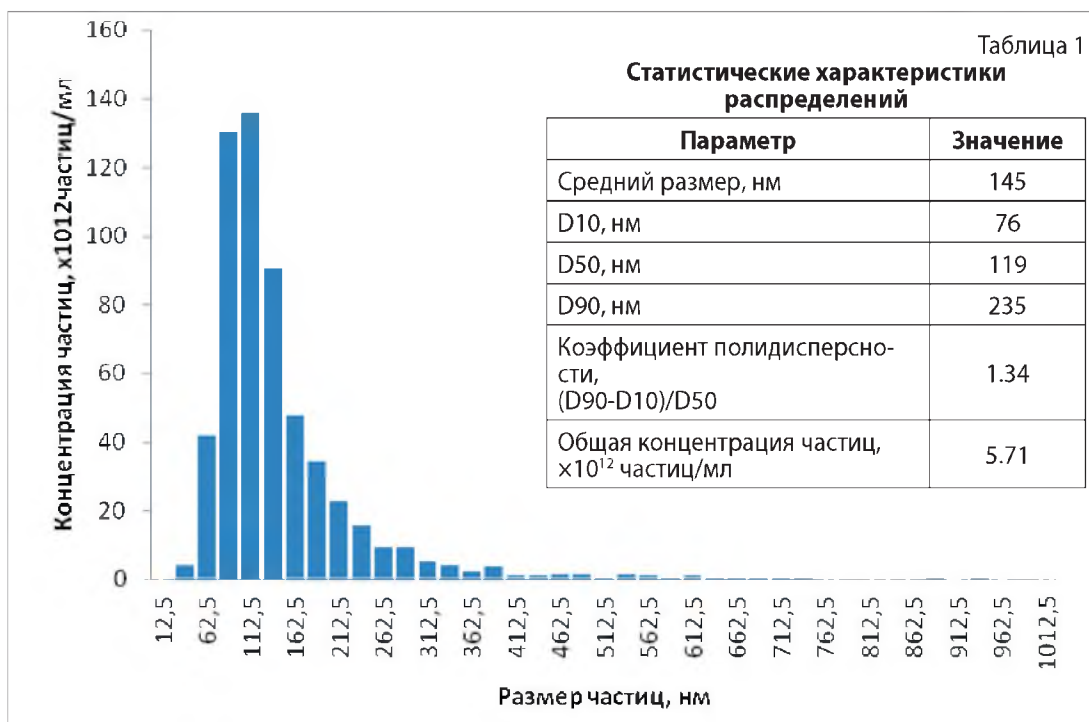


Рис. 2. Распределение частиц по размерам в образце нанокапсул сульфата цинка в альгинате натрия (соотношение ядро:оболочка 1:3)

тельная 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 215s, использование шприцевого насоса.

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. Наноструктурированные соли цинка обладают супрамолекулярными свойствами.

Как видно из таблицы 1 средний размер наночастиц составляет 146 нм, а ко-

эффициент полидисперсности 1,34, что позволяет говорить о вытянутой форме наночастицы.

Наноструктурированный сульфат цинка был использован для получения целой серии функциональных продуктов питания.

1. Кефир

Физико-химические и органолептические показатели полученного кефира из молока 3,2%-ной жирности представлены в таблице 2 и 3.

Физико-химические и органолептические показатели полученного кефира из молока 2,5%-ной жирности представлены в таблице 4 и 5.

Физико-химические и органолептические показатели полученного йогурта из молока 1,5%-ной жирности представлены в таблице 6 и 7.

2. Мармелад

Мармелад обладает высокими вкусовыми качествами, приятным вкусом, студнеобразной консистенцией, правильной формой и может использоваться как функциональный продукт.

Таблица 2

Физико-химические показатели полученных йогуртов

Характеристика	Оболочка каррагинан	Оболочка
конжаковая камедь		
Продолжительность скашивания	8	8
Активная кислотность, рН	4,8	4,9
Продолжительность хранения, сут	14	14

Таблица 3

Характеристика органолептических показателей

Оболочка	Внешний вид, консистенция	Вкус и запах	Цвет
Каррагинан	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно-белый, равномерный по всей массе
Конжаковая камедь	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно-белый, равномерный по всей массе

Таблица 4

Физико-химические показатели полученных йогуртов

Характеристика	Оболочка каррагинан	Оболочка конжаковая камедь
Продолжительность скашивания	8	8
Активная кислотность, рН	4,7	4,9
Продолжительность хранения, сут	14	14

Таблица 5

Характеристика органолептических показателей

Оболочка	Внешний вид, консистенция	Вкус и запах	Цвет
Каррагинан	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно белый, равномерный по всей массе
Конжаковая камедь	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно белый, равномерный по всей массе

Органолептические и физико-химические показатели готового сырья приведены в таблице 8.

3. Мороженое

Продукт имеет следующие свойства: кислотность 20°Т, вкус и запах — чистый, характерный для данного вида мороженого, без посторонних привкусов и запахов; консистенция — плотная; структура — однородная; цвет — равномерный по всей массе; взбитость мороженого — 100%.

4. Пшеничный хлеб

Готовый хлеб характеризуется следующими показателями качества: хлеб

имеет поверхность корки ровную, светло-золотистого цвета; цвет мякиша белый равномерный; эластичность хорошая, пористость мелкая равномерная, тонкостенная, вкус сладковатый (см. таблицы 9-11).

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

Таблица 6

Физико-химические показатели полученных кефиров

Характеристика	Оболочка каррагинан	Оболочка конжаковая камедь
Продолжительность скашивания	8	8
Активная кислотность, рН	4,7	4,9
Продолжительность хранения, сут	14	14

Таблица 7

Характеристика органолептических показателей

Оболочка	Внешний вид, консистенция	Вкус и запах	Цвет
Каррагинан	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисло-молочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно белый, равномерный по всей массе
Конжаковая камедь	Сгусток мелкоструктурированный, однородный, в меру вязкий	Выраженный кисло-молочный, без посторонних привкусов и запахов	Молочно белый, равномерный по всей массе

Таблица 8.

Органолептические и физико-химические показатели готового сыря

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

Таблица 9.

Внешний вид хлеба

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

Таблица 10.

Состояние мякиша

Цвет	Равномерность окраски	Эластичность	Пористость
белый	равномерный	хорошая	мелкая
Вкус	Хруст	Комкуемость при разжевывании	Крошковатость
приятный	отсутствует	отсутствует	Не крошащийся

Таблица 11.

Физико-химические показатели

Влажность, %	Кислотность, град	Пористость, %
39,8	1,8	68

Библиографический список

1. Блинков И.Л., Стародубцев А.К., Сулейманов С.Ш. и др. Микроэлементы: Краткая клиническая энциклопедия. — Хабаровск, 2004. — 210 с.
 2. Витамины и минеральные вещества. Полная энциклопедия (Сост. Т.П.Емельянова). — СПб., ИД «Весь», 2001. — 386 с.

3. Гриффит В. Витамины, травы, минералы и пищевые добавки. Справочник. — М., Фаир-пресс, 2002. — 1056 с.
 4. Тырсин Ю.А., Крелевец А.А., Чижик А.С. Микро- и макроэлементы в питании. — М., ДеЛи плюс, 2012. — 224 с.
 5. Лифляндский В.Г. Витамины и минералы. От А до Я. — СПб., Нева, 2006. — 640 с.