



DOI 10.33920/igt-01-2103-01

УДК 620.3:615.214.24

ОБОГАЩЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ ВИТАМИНОМ D

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, студент кафедры технологии продуктов питания,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

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

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

В работе приведены сведения о реальной возможности использования наноструктурированного витамина D для обогащения продуктов питания на примере мармелада, йогурта, мороженого и производства хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: наноструктурированный витамин D, мармелад, йогурт, мороженое, хлебобулочные изделия, обогащение продуктов питания.

FORTIFICATION OF FOOD PRODUCTS WITH NANOSTRUCTURED VITAMIN D

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, 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, student of the Department of Food Technology and Commodity Science, Belgorod State National Research University

The paper provides data on the real possibility of using nanostructured vitamin D for fortification of food products on the example of marmalade, yogurt, ice cream and the production of bakery products.

Keywords: nanostructured vitamin D, marmalade, yogurt, ice cream, bakery products, food fortification.

В 1650 году английский врач Глиссон описал болезнь, наблюдающуюся у детей в графствах Дорсет и Сомерсет. Он назвал ее рахитом. В конце XVIII века появились сообщения об успешном лечении рахита тресковым жиром. Затем в XIX веке появились сообщения о лечебном действии при рахите солнечного света, причем лечебным действием обладали и корма животных (крыс), облученные ультрафиолетовыми лучами. Было доказано, что животные жиры после облучения приобретают противорахитные свойства. В 1936 году из жира печени тунца был выделен чистый витамин D.

Важнейшими соединениями являются: эргокальциферол (витамин D₂) и холекальциферол (витамин D₃). Вещество, которое ранее называли витамином D₁, — смесь эргокальциферола и других стероидов.

Основная функция витамина D — поддержание в организме постоянной концентрации иона Ca⁺² и фосфора, что осуществляется благодаря участию витамина в регуляции всасывания этих элементов в кишечнике, мобилизации кальция из скелета путем рассасывания преобразованной костной ткани и реабсорбции ионов кальция и фосфора в почечных канальцах.

Основное патоморфологическое следствие недостаточности витамина D — нарушение минерализации костной ткани. Биологическая активность D₂ и D₃ для человека и большинства животных одинакова.

D-авитаминоз у детей проявляется в виде рахита, у взрослых — в виде остеопороза и остеомаляции (размягчения костей). Особенно широко распространена недостаточность витамина D среди детей раннего возраста. Начальные симптомы связаны с поражением нервной системы (нарушение сна, раздражительность, потливость). При отсутствии лечения в процесс вовлекаются костная ткань (задержка прорезывания зубов и

закрытия родничка, размягчение и последующая деформация костей позвоночника, ребер, нижних конечностей), скелетная мускулатура (ослабление мышечного тонуса, слабость), а в тяжелых случаях и внутренние органы (печень, селезенка и др.) [1].

В последние годы значительно участились, в особенности у детей раннего возраста, случаи гипервитаминоза D, возникающего при нерациональном применении концентрированных растворов препаратов витамина D, используемых для лечения и профилактики рахита, а также для лечения кожных поражений при системной красной волчанке, туберкулезе кожи и др. Для лечения гипервитаминоза D используют витамин E, магний, калий, кортикостероидные гормоны.

Недостаток витамина D может увеличивать риск повышения уровня триацилглицеролов. Дефицит витамина D также связан с повышением риска артериальной гипертонии, сахарного диабета и ожирения.

У подростков, имеющих пониженное содержание витамина D в крови, показатели функциональной способности легких хуже, чем у их сверстников с нормальным содержанием витамина. Снижение функциональной способности легких из-за недостатка витамина D у подростков может неблагоприятно сказаться на состоянии здоровья в последующие годы. Именно поэтому необходимо потреблять достаточное количество продуктов, содержащих этот витамин.

Недостаточное потребление витамина D во время беременности увеличивает риск рождения ребенка с низким весом, поэтому в Канаде и США производят молоко, обогащенное витамином D, и пищевые добавки с этим витамином.

Биологическая активность витамина измеряется в международных (интернациональных) единицах (МЕ). 1 МЕ соответствует антирахитической активности

0,025 мкг эрго- или холекальциферола. Содержание D_2 и D_3 в продуктах питания невелико: например, в печени быка и сливочном масле — соответственно 0,4 и 0,4–3,2 МЕ/г; исключение — жир печени трески и тунца, в которых этих витаминов содержится, соответственно, 50–350 и 40 000–60 000 МЕ/мл.

Витамин D не разрушается при кулинарной обработке. Всасыванию его в кишечнике способствуют жиры и желчные кислоты. В печени и особенно в почках образуются активные формы витамина D. Нормальное усвоение и действие на организм этого витамина зависят от характера питания в целом. Недостаток в рационе незаменимых жирных кислот, кальция и фосфора, витаминов A, C и группы B отрицательно влияет на обмен витамина D. Избыток в пище фосфора тормозит образование в печени и почках активных форм витамина D.

Дефицит витамина D может развиваться при заболеваниях печени, протекающих с нарушением выделения желчи. Дефицит этого витамина ассоциирован с увеличением риска сердечно-сосудистых заболеваний, особенно у людей с артериальной гипертонией.

Потребность человека в витамине D, составляющая 200–400 МЕ (5–10 мкг) в сутки, при достаточной и регулярной инсоляции обеспечивается фотохимическим синтезом D_3 в коже. Нарушение синтеза 1,25-дигидрокси-кальциферолов в почках вследствие заболеваний — причина ренальных остеодистрофий. С генетическим дефектом синтеза этих соединений связан врожденный рахит, не поддающийся лечению обычными дозами D_2 и D_3 . Для профилактики и лечения этой болезни, а также ренальных остеодистрофий используют также синтетический аналог — 1 α -гидрокси-холекальциферол.

Выявлено ранее неизвестное стимулирующее влияние витамина D на иммунную систему. Защита организма от

болезнетворных микробов осуществляется сложными механизмами иммунитета. Эти механизмы сформировались в ходе эволюции на протяжении миллионов лет и характеризуются довольно высокой эффективностью.

Важным элементом так называемого врожденного иммунитета является способность распознавать микробное вторжение и немедленно активизировать образование противомикробных антител и других иммунных белков. Известно, что этот процесс контролируется особыми клетками кожи — кератиноцитами.

Было проведено сложное исследование, позволившее изучить влияние активной формы витамина D_3 на функции клеток иммунитета при повреждении кожи. Для этого были осуществлены многочисленные экспериментальные наблюдения и исследования животных, а также образцов кожи человека, взятых путем биопсии. В ходе эксперимента изучались воздействия активных форм витамина D_3 на специфические клетки иммунной системы, а также особенности изменений работы генетического аппарата клеток. Результаты исследования показали, что активная форма витамина D_3 воздействует на клетки кожи (кератиноциты), после чего они способны эффективно распознавать микробные частицы и усиленно продуцировать особый белок — кателицидин LL-37. Он обладает сильными противомикробными свойствами и позволяет сформировать особый защитный барьер вокруг места повреждения кожи и попадания микробов. Если заблокировать образование активной формы витамина D_3 , то резко снижается образование кателицидина и противомикробный барьер существенно ухудшает свои защитные свойства.

В последние годы было доказано, что витамин D обладает сильными противораковыми свойствами, в частности противодействует возникновению опухолей простаты. Теперь обнаружено, что

ежедневный прием стандартной дозы этого витамина (400 МЕ) в среднем снижает вероятность возникновения аденокарциномы панкреатической железы на 43%. Более высокие дозы этого витамина, которые врачи часто рекомендуют для профилактики остеопороза, практически не обеспечивают дальнейшего уменьшения риска этого заболевания.

Витамин D снижает риск заболевания диабетом первого типа. Исследования показали, что при регулярном употреблении витамина D детьми до пяти лет вероятность возникновения у них диабета уменьшается на 30%.

Витамин D, применяющийся для профилактики переломов, рака и диабета, использовался для лечения туберкулеза еще до появления антибиотиков, однако до сих пор никто не занимался изучением его влияния на иммунитет к возбудителям этого заболевания. При обследовании инфицированных туберкулезом пациентов лондонских клиник более чем у 90% участников исследования был выявлен дефицит витамина D. Ученые провели рандомизированные контрольные испытания, половина участников которых получала 2,5 мг (1000 МЕ) витамина D, а вторая половина — плацебо. Оказалось, что одна большая доза витамина D значительно повышает активность противотуберкулезного иммунитета. Важность этого открытия трудно переоценить, так как заболеваемость туберкулезом во всем мире стремительно возрастает.

Предотвратить старческое слабоумие может помочь витамин D, содержащийся в рыбе или вырабатываемый в организме после пребывания на солнце. С недостатком же витамина D значительно повышается вероятность ухудшения внимания и расстройства памяти. Получение витамина D в достаточном количестве теми, кто живет в странах с долгими зимами, — настоящая проблема. Особенно серьезной она может стать

для пожилых людей, организм которых вырабатывает меньше этого ценного витамина даже после солнечных ванн.

Из естественных продуктов значительные количества витамина в форме D₃ содержит лишь рыбий жир. Небольшие количества витамина находятся в яичном желтке и летнем сливочном масле. Остальные животные продукты бедны витамином D. В растительных продуктах готового витамина, как правило, совсем нет (табл. 1).

Из растительных продуктов витамин D содержится в люцерне, хвоще, крапиве и петрушке [2–5].

Больше 80% россиян страдают от нехватки витаминов в организме. К такому выводу пришли ученые ФИЦ питания и биотехнологии. Острее всего стоит проблема с нехваткой витаминов D, B₂ и каротиноидов. Из-за этого люди чаще болеют, у взрослых снижается работоспособность, а дети хуже развиваются физически и психически. Ученые ФИЦ питания и биотехнологии выяснили, что в России лишь 14% взрослых и 16,8% детей старше четырех лет получают все необходимые для здоровья витамины в нужном количестве. Массовое обследо-

Таблица 1
Содержание витамина D
в продуктах питания

Продукты	Содержание витамина D, МЕ/100 г
Желток яйца летом	300
Желток яйца зимой	120
Масло сливочное летом	100
Масло сливочное зимой	30
Молоко	Около 5
Печень говяжья	100
Печень палтуса	100 000
Печень трески	1500
Сельдь жирная	1500
Скумбрия	500
Сыр чеддер	40
Треска	100

вание представителей разных возрастных групп и жителей разных регионов проводилось в 2015–2017 годах. Принципиальным отличием этой работы стало внимание к обеспеченности людей сразу несколькими витаминами. Полигиповитаминоз нашли у каждого пятого взрослого и почти у 40% детей. Исследование у взрослых проводили по анализу крови, а у детей нетравматичным методом — по анализу мочи.

Больше всего россиянам не хватает витамина D (от 23 до 97% в зависимости от региона и состояния здоровья человека), витамина B₂ (до 74%) и каротиноидов, в том числе витамина A (до 79%). Часто у людей наблюдается нехватка всех этих витаминов.

Ученые объясняют нехватку витамина D тем, что Россия — северная и не очень солнечная страна. Кроме того, в рационе наших сограждан недостаточно морской рыбы жирных сортов и молока, которые (помимо яиц) являются источником этого витамина. Несбалансированное питание, употребление большого количества жиров и добавленного сахара — причина нехватки и других жизненно необходимых веществ.

Даже идеально составленный рацион взрослых, рассчитанный на 2500 ккал в день, дефицитен по большинству витаминов по крайней мере на 20%. Чтобы обеспечить поступление в организм всех необходимых витаминов, минеральных веществ, макро- и микронутриентов, нужно увеличить его вдвое. Но тогда россиянам грозит ожирение, поскольку физическая активность сегодня гораздо ниже, чем даже 20–30 лет назад. Другая причина в том, что пищевая ценность современных продуктов, большая часть которых рафинирована, значительно ниже по сравнению с продуктами, не прошедшими промышленную обработку.

Витамины D₂ и D₃ — бесцветные соединения, нерастворимые в воде, хорошо растворимые в органических раствори-

телях, чувствительны к свету и кислороду воздуха, особенно при нагревании.

Витамин D может играть важную роль в предотвращении смерти от коронавируса SARS-COV-2, считают исследователи из Фонда больницы королевы Елизаветы и Университета Восточной Англии. Об этом они рассказали в статье, опубликованной на сервисе препринтов Research Square [6].

Основная функция витамина D — обеспечение всасывания кальция и фосфора из продуктов питания в тонкой кишке. Страны с низкой инсоляцией (облучением прямыми солнечными лучами), в том числе и Россию, врачи и ученые относят к группам риска нехватки витамина D. Исследователи проанализировали данные о 20 странах, в том числе о России, Белоруссии и Украине, опубликованные в 2019 году, а затем сравнили их с долей смертей от COVID-19. Оказалось, что чем выше дефицит витамина D в популяции, тем больше и доля смертей. «Наиболее уязвимая группа населения для COVID-19 — та, у которой наибольший дефицит витамина D», — сообщают исследователи.

Одним из методов обогащения продуктов питания может служить добавка наноструктурированного витамина D. Преимущества последнего заключается в следующем:

- растворимость в воде;
- на него не воздействуют УФ-облучение и кислород воздуха;
- не разлагается при нагревании.

Нами предложено использовать наноструктурированный витамин D при производстве мармелада. При этом мармелад представляет собой многокомпонентный продукт с разнообразными рецептурами, что обеспечивает возможность разработки широкого спектра рецептур новых сортов мармелада функционального назначения. Свойства наноструктурированного витамина D описаны в работе [7].

Таблица 2

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.	5,7

Таблица 3

Физико-химические показатели полученных йогуртов

Характеристика	Пример 1	Пример 2	Пример 3	Пример 4	Пример 5
Продолжительность сквашивания	6	6	6	6	6
Активная кислотность, pH	5,0	5,1	4,9	5,0	5,0
Продолжительность хранения, сут.	14	14	14	14	14

На основе вышеуказанного нановитамина, полученного по методике [8–13], был получен мармелад и было выяснено, что он обладает высокими вкусовыми качествами, приятным сладковатым вкусом, студнеобразной консистенцией, правильной формой и может использоваться как функциональный продукт. Органолепти-

ческие и физико-химические показатели готового сырья приведены в таблице 2.

Также был получен йогурт, содержащий наноструктурированный витамин D, и исследованы его свойства. Физико-химические и органолептические показатели полученного йогурта представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 4

Характеристика органолептических показателей

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



Был также использован наноструктурированный витамин D при производстве мороженого. Его свойства представлены ниже.

Продукт имеет следующие свойства: кислотность — 20–21°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%.

Наноструктурированный витамин D был также использован для производства хлебобулочных изделий, характеристика которых представлена ниже.

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 (табл. 5–7).

Таким образом, на основании работы было выяснено, что наноструктурированный витамин D вполне пригоден для обогащения продуктов питания для ликвидации недостаточности витамина D.

Библиографический список

1. Тырсин Ю.А., Кролевец А.А., Чижик А.С. Витамины и витаминоподобные вещества. — М.: ДеЛи плюс, 2012. — 203 с.
2. Астахов А.В. Побочные реакции и осложнения, вызываемые витамином D // Клинич. фармакология и терапия. — 1995. — № 1. — С. 92–94.
3. Бабенко О.В., Авхименко М.М. Экстремальное химическое воздействие: массовые случаи отравления подсолнечным маслом, содержащим витамин D // Мед. помощь. — 1999. — № 6. — С. 25–27.
4. Богословский Н. Современный витамин D // Рос. аптеки. — 2001. — № 9. — С. 36–39.

Таблица 5

Внешний вид хлеба

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

Таблица 6

Состояние мякиша

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

Таблица 7

Физико-химические показатели

Влажность, %	Кислотность, град.	Пористость, %
39,6–39,9	1,8–1,9	68–70

5. Ковальчук А.С., Лужников Е.А., Суходолова Г.Н. Сравнительная характеристика подострого отравления витамином D у детей и взрослых // Токсикол. вестник. — 2002. — № 6. — С. 14–17.

6. Ilie P.C., Stefanescu S., Smith L. The role vitamin D in the prevention of coronavirus disease 2019 infection and mortality / Short report. — DOI: 10.21203/rs.3.rs-21211/v1.

7. Кролевец А.А., Воронцова М.Л. // Провинциальные научные записки. — 2017. — № 1 (5). — С. 126–130.

8. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2562561 (2015).

9. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2559577 (2015).

10. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2555556 (2015).

11. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2555753 (2015).

12. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2557900 (2015).

13. Кролевец А.А. Пат. РФ № 2654229 (2018).

ЭТО ИНТЕРЕСНО!

ЧЕХИЯ: ЗАКОН О ПРОДВИЖЕНИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В СУПЕРМАРКЕТАХ МОЖЕТ ВСТУПИТЬ В ПРОТИВОРЕЧИЕ С ЕС

Чешские законодатели одобрили закон, который требует, чтобы магазины продавали в основном продукты питания местного производства в интересах чешских фермеров, но закон может столкнуться с сопротивлением со стороны экономических правил ЕС.

Данный законопроект может поставить Чешскую Республику на путь столкновения с Европейской комиссией по поводу правил единого рынка ЕС. Новая мера предусматривает, что магазины площадью более 400 кв. м должны со следующего года предлагать не менее 55% товаров местного производства, таких как фрукты, овощи, молоко или мясо. В 2028 году эта доля постепенно возрастет до 73%.

Квоты являются частью законопроекта, направленного на предотвращение двойных стандартов в отношении пищевых продуктов — проблему, которую некоторые бывшие коммунистические восточные члены Европейского союза преследовали в течение многих лет, утверждая, что продукты питания низкого качества, нежелательные для потребителей в более богатых западных странах ЕС, продавались в более бедных восточных рынках.

«Давайте будем немного националистами, когда речь идет о продуктах питания, чешском сельском хозяйстве и нашей стране», — сказал парламенту министр сельского хозяйства Мирослав Томан относительно закона, который еще должен пройти верхнюю палату парламента.

Оппоненты заявили, что квоты принесут неожиданную прибыль крупным отечественным производителям, повысят цены, вызовут дефицит и нарушат правила внутреннего рынка ЕС, что может привести к санкциям. «Это предложение идет вразрез с принципами свободного рынка (ЕС)», — заявил в ходе дебатов депутат от оппозиционной партии Радек Холмчик.

Европейская комиссия заявила, что проанализирует закон после его полного принятия, но указала, что это не приветствуется. «Свободное перемещение сельскохозяйственной продукции по внутреннему рынку необходимо для обеспечения продовольственной безопасности на всей территории Союза, и местные ограничения любого типа контрпродуктивны», — заявил представитель ЕС.

Одним из крупнейших производителей продуктов питания в Чешской Республике является Agrofert, конгломерат, включающий в себя сельскохозяйственные, химические, пищевые и медиакомпании, который принадлежал премьер-министру Андрею Бабишу, пока он не передал его в трастовые фонды в 2017 году. ЕС определил, что он остается под косвенным контролем доверия. Бабиш не присутствовал на голосовании 20 января и заявил, что он против закона.

«Некоторые законодатели считают, что это благоприятный шаг по отношению к чешским фермерам, но, к сожалению, они ошибаются. Если бы изменение вступило в силу, это означало бы ощутимые санкции», — сказал он. Все депутаты его партии, кроме одного, одобрили законопроект. Послы восьми стран ЕС, в том числе Германии и Франции, предостерегли от принятия законопроекта в письме, направленном законодателям.

<https://foodretail.ru>