

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИТАМИНА D В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

О.В. Чугунова, Д.В. Дылдин, М.Н. Школьникова

Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

### Аннотация

Рассмотрены особенности применения витамина D в пищевых системах, выбор наиболее эффективных форм и способов применения витамина D. Показано, что биодоступность витамина D<sub>2</sub> варьируется в зависимости от продуктов, в то время как витамин D<sub>3</sub> биодоступен из многих продуктов.

**Ключевые слова:** витамина D, пищевые продукты, биодоступность.

Сегодня, согласно последним имеющимся медицинским отчетам, большинство населения по всему миру сталкивается с дефицитом витамина D. В большей части Российской Федерации, в северной широте выше 35 параллели, из-за более острого угла падения солнечных лучей и их рассеивания в атмосфере в период с ноября по март, кожа человека почти не вырабатывает витамин D. Соответственно, у жителей регионов, попадающих в указанные географические районы, наблюдается дефицит витамина D. Также свой вклад вносят сравнительно небольшое количество солнечных дней в большинстве регионов страны и средняя годовая температура, не позволяющая обеспечить облучение достаточной поверхности кожи для синтеза необходимого количества витамина D.

Даже в субтропических странах, таких как Индия и многие другие дефицит витамина D широко распространен, несмотря на обилие доступного солнечного света (основного источника витамина D) в течение всего года. Причина может быть связана с целым рядом факторов, включая социально-экономические, культурные и религиозные. Кроме того, помимо солнечного света, существует очень ограниченное количество источников витамина D для удовлетворения рекомендуемой нормы витамина D в рационе (РНП: 400-800 МЕ в день). Значительная часть витамина D теряется при обработке и хранении пищевых продуктов из-за воздействия технологических параметров, таких как температура, pH, соль, кислород и свет [1,2].

Витамин D существует в основном в двух формах: (i) Витамин D<sub>2</sub> (эргокальциферол), синтезируемый только растениями, а не организмом человека, и (ii) Витамин D<sub>3</sub> (холекальциферол), синтезируемый человеком тело, особенно через кожу, когда оно подвергается воздействию солнечного света.

Существует несколько факторов, которые способствуют дефициту витамина D. К ним относятся географическое положение (высота и широта), угол наклона солнца и продолжительность пребывания на солнце, загрязнение окружающей среды [2-4] и ограничение употребления продуктов, богатых витамином D.

Поэтому, чтобы удовлетворить ежедневные потребности человеческого организма в витамине D, ВОЗ признала обогащение витаминами наиболее эффективным и безопасным методом борьбы с его недостаточностью. Но при обогащении пищевых продуктов с использованием витамина D в качестве фортификатора возникает множество побочных эффектов, таких как равномерность распределения в пищевой системе, потери при обработке и хранении, взаимодействие с другими компонентами пищевой системы, приводящее к изменению вкуса, текстуры и внешнего вида, что влияет на приемлемость, вкусовые качества и товарность.

В работе [5] показано, что витамин D не разрушается во время кулинарной обработки. Жиры и желчные кислоты способствуют его всасыванию в кишечнике. Активные формы витамина D образуются в печени и особенно в почках. Нормальное усвоение и воздействие на организм этого витамина зависят от характера питания в целом. Недостаток в рационе незаменимых жирных кислот, кальция и фосфора, витаминов А, С и группы В негативно влияет на метаболизм витамина D.

Только несколько диких разновидностей грибов, некоторые разновидности водорослей из царства растений и такие продукты, как яйца, рыбий жир, лосось и другая жирная рыба из царства животных, являются основными источниками витамина D [6,7]. Чтобы соответствовать требованиям РНП в отношении витамина D, несколько стран в настоящее время разрешили обогащение витамином D пищевых продуктов, таких как молоко, маргарин, некоторые пищевые масла, злаки и т.д. [8].

Принципиальное значение имеет форма витамина, используемая для обогащения пищевого продукта. Доказано, что биологическая активность витамина D<sub>3</sub> для человека несколько выше, чем D<sub>2</sub>.

Обогащение витамином D пищевых продуктов, особенно тех, которые содержат водную часть, является непростой задачей для пищевого технолога. Последние достижения в области нанотехнологий предлагают различные методы микроинкапсуляции, такие как липосомы, твердые липидные частицы, наноструктурированные липидные носители, эмульсия, распылительная сушка и т.д. которые были использованы для разработки эффективных наноматериалов с желаемой функциональностью и имеют большой потенциал для обогащения таких фортификаторов, как витамин D.

В дополнение к выбору наиболее эффективных форм витамина D, значительное внимание уделяется способам применения, то есть выбору носителя, в котором витамин D вводится в продукт.

В отношении жировых продуктов твердой консистенции, то решение этой проблемы осложняется поиском пищевой системы, имеющей соответствующую текстуру. Одним из решений является использование олеогелей, которое не только открывает потенциал для введения жирорастворимых незаменимых микроэлементов для обогащения пищевого продукта, но и представляет собой новый способ замены насыщенных жиров в рационе, поскольку замена жира олеогелями позволяет улучшить жировой состав (уменьшая содержание насыщенных жиров и исключая трансжиры) [8-10].

В литературе описаны различные способы доставки витамина D: микрочастицы, микросферы, микрогели, наночастицы, твердые наночастицы на основе липидов, наноэмульсии, наномицеллы, Self-nano эмульгирующая доставка лекарств системы, нановолокна и слоистый двойной контейнер LDH NPs [3-6,10]. Наиболее изученной и эффективной формой доставки витамина D<sub>3</sub> является липосомальная. Ее эффективность обусловлена биодоступностью (доставка содержимого внутрь клетки) и скоростью высвобождения.

Липосомы – это фосфолипидные везикулы, состоящие из одного или нескольких концентрических липидных бислоев, окружающих дискретные водные пространства. Уникальная способность липосомальных систем захватывать как липофильные, так и гидрофильные соединения позволяет заключать в эти везикулы широкий спектр различных веществ. Гидрофобные молекулы встраиваются в двухслойную мембрану, а гидрофильные могут захватываться водным центром [4].

Таким образом, хотя многие продукты могут быть обогащены витамином D, биодоступность витамина D различается в зависимости от методов обогащения, структуры и состава пищевого продукта. Рандомизированные контролируемые исследования (РКИ) показывают, что биодоступность витамина D<sub>2</sub> варьируется в

зависимости от продуктов, в то время как витамин D<sub>3</sub> биодоступен из многих продуктов. Исследования *In vitro* показывают, что изменение липидного состава обогащенных продуктов увеличивает усвоение витамина D<sub>3</sub>.

### Список литературы

1. Чугунова, О. В. Тенденции и современное состояние структуры питания населения Свердловской области / О. В. Чугунова, В. М. Тиунов, А. В. Вяткин // АПК России. 2021. Т. 28. № 4. С. 538-544.
2. Коденцова, В.М. Обогащение пищевых продуктов витамином D: международный опыт и новые тенденции / В. М. Коденцова, В. А. Саркисян, В. М. Воробьева [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 9. С. 70-74. DOI 10.24411/0235-2486-2019-10146.
3. Matheson, A. Phytosterol-based edible oleogels: A novel way of replacing saturated fat in food/A. Matheson [et al.] // Nutrition Bulletin. 2018. Vol. 43, №2. P. 189194.
4. Hwang, H.S. Properties of Cookies Made with Natural Wax-Vegetable Oil Organogels/H.S. Hwang, M. Singh, S. Lee // Journal of Food Science. 2016. Vol. 81. №5. pp. 1045-1054. doi: 10.1111/17503841.13279.
5. Королевц, А.А. Обогащение продуктов питания наноструктурированным витамином D. / А.А. Королевц [и др.]. // Товаровед продовольственных товаров. 2021. №3. С. 166-173. Doi:10.33920/igt-01-2103-01.
6. Rejman J., Oberle V., Zuhorn I. S., Hoekstra D. Size-dependent internalization of particles via the pathways of clathrin-and caveolae-mediated endocytosis // Biochemical Journal. 2004. Т. 377. С. 159-169.
7. Didar Z. Inclusion of vitamin D<sub>3</sub> (free or liposome) into white chocolate and an investigation of its stability during storage // Journal of Food Processing and Preservation. 2021. Т. 45, № 3. pp. 1134-1139.
8. Барышникова М. А., Зангиева М., Барышников А. Взаимодействие липидных нанокапсул с клеткой // Российский биотерапевтический журнал. 2013. Т. 12, № 1. С.16-18.
9. Demina N. B., Skatkov S. A. Development strategies and biopharmaceutical aspects of drug delivery systems // Russian Journal of General Chemistry. 2013. Т. 83, № 12. pp. 2519-2523.
10. Giacomozzi, A.S. Muffins Elaborated with Optimized Monoglycerides Oleogels: From Solid Fat Replacer Obtention to Product Quality Evaluation/A.S. Giacomozzi, M.E. Carrln, C.A. Palla //Journal of Food Science. 2018. Vol. 83, №6. pp. 1505-1515.

## PROSPECTS FOR THE USE OF VITAMIN D IN FOOD SYSTEMS

O.V. Chugunova, D.V. Dyldin  
Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

### Annotation

The features of the use of vitamin D in food systems, the choice of the most effective forms and methods of vitamin D use are considered. It is shown that the bioavailability of vitamin D<sub>2</sub> varies depending on the products, while vitamin D<sub>3</sub> is bioavailable from many products.

**Keywords:** vitamin D, food products, bioavailability.

### References

1. Chugunova, O. V. Trends and the current state of the nutrition structure of the population of the Sverdlovsk region / O. V. Chugunova, V. M. Tiunov, A.V. Vyatkin // *Agroindustrial Complex of Russia*. 2021. Vol. 28. No. 4. pp. 538-544.
2. Kodentsova, V.M. Fortification of food products with vitamin D: international experience and new trends / V. M. Kodentsova, V. A. Sarkisyan, V. M. Vorobyova [et al.] // *Food industry*. 2019. No. 9. pp. 70-74. DOI 10.24411/0235-2486-2019-10146.
3. Matheson, A. Phytosterol-based edible oleogels: A novel way of replacing saturated fat in food/A. Matheson [et al.] // *Nutrition Bulletin*. 2018. Vol. 43, №2. P. 189194.
4. Hwang, H.S. Properties of Cookies Made with Natural Wax-Vegetable Oil Organogels/H.S. Hwang, M. Singh, S. Lee // *Journal of Food Science*. 2016. Vol. 81. No. 5. pp. 1045-1054. doi: 10.1111/17503841.13279.
5. Korolevets, A.A. Fortification of food products with nanostructured vitamin D. / A.A. Krolevets [et al.]. // *Commodity specialist of food products*. 2021. No.3. pp. 166-173. Doi:10.33920/igt-01-2103-01. Bibliogr.: pp. 172-173.
6. Rejman J., Oberle V., Zuhorn I. S., Hoekstra D. Size-dependent internalization of particles via the pathways of clathrin-and caveolae-mediated endocytosis // *Biochemical Journal*. 2004. T. 377. C. 159-169.
7. Didar Z. Inclusion of vitamin D-3 (free or liposome) into white chocolate and an investigation of its stability during storage // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. T. 45, No. 3. pp. 1134-1139.
8. Baryshnikova M. A., Zangieva M., Baryshnikov A. Interaction of lipid nanocapsules with a cell // *Russian Biotherapeutic Journal*. 2013. T. 12, No. 1. pp.16-18.
9. Demina N. B., Skatkov S. A. Development strategies and biopharmaceutical aspects of drug delivery systems // *Russian Journal of General Chemistry*. 2013. T. 83, № 12. pp. 2519-2523.
10. Giacomozzi, A.S. Muffins Elaborated with Optimized Monoglycerides Oleogels: From Solid Fat Replacer Obtention to Product Quality Evaluation/A.S. Giacomozzi, M.E. Carrln, C.A. Palla // *Journal of Food Science*. 2018. Vol. 83, №6. pp. 1505-1515. DOI: 10.1111/1750-3841.14174.