

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-10-22>
УДК 613.22.03:637.345



Фудомика пищевых рационов детей с гиполактазией с учетом принципов синергии

В.В. Быченкова✉, И.А. Карманов

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
✉valeriabichenkova@yandex.ru*

Аннотация. Введение Пищевая непереносимость является важной современной демографической проблемой, основной причиной которой является недостаток пищеварительных ферментов организма. Гиполактазия, или лактазная недостаточность, – заболевание, характерное для людей всех возрастных групп и требующее коррекции рациона питания в целях предотвращения алиментарно-зависимых заболеваний. Для решения данной проблемы предложено использование синергетического эффекта (синергизма) пищевых веществ – явления, при котором взаимодействие пищевых веществ приводит к усилению их специфических свойства, повышая эффективность усвоения в организме человека (биодоступность). **Объект и методы исследования.** Разработать 7-дневный рацион питания, удовлетворяющий принципам пищевой синергии, для ребенка, находящегося в условиях дневного пребывания в образовательном учреждении; дать характеристику обеспеченности рациона по основным пищевым веществам (белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества). Разработка рациона питания велась через соответствующее программное обеспечение, согласно требованиям действующих санитарных правил в области детского питания. В качестве материалов исследований использованы научные источники информации, опубликованные в системах Elibrary.ru, PubMed, Google Patents, а также нормативные документы: СанПиН 2.3/2.4.3590-20, сборники рецептов. Для количественной оценки соответствия рациона санитарным требованиям использован метод интегрального сора. **Результаты и обсуждение.** Проанализированы существующие научные данные относительно синергетического эффекта между пищевыми веществами (нутриентами) и сформулированы принципы пищевой синергии; приведен перечень синергетических сочетаний. Разработан недельный рацион питания, удовлетворяющий потребностям детского организма в энергии и пищевых веществах. Количественно оценено влияние синергетического эффекта на концентрацию в сыворотке крови человека пищевых веществ: каротиноидов, йода, железа. **Заключение.** Результаты работы свидетельствуют о том, что для предотвращения дефицита нутриентов в питании детей с гиполактазией рекомендуется использовать принципы пищевой синергии при разработке рационов. Разработанный рацион может быть введен к использованию в питании детей в общеобразовательных учреждениях, предприятиях санаторно-курортного лечения.

Ключевые слова: питание, пищевая синергия, рацион питания, биодоступность, лактазная недостаточность, лактоза, Вижен Софт, пиперин, омиксные технологии, интегральный скор

Для цитирования: Быченкова В.В., Карманов И.А. Фудомика пищевых рационов детей с гиполактазией с учетом принципов синергии. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (1):10-22. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-10-22>

Финансирование. Научно-исследовательская работа по публикации статьи выполнена за счет личных средств авторов

Foodomics based on synergy principles for children with lactose intolerance

V.V. Bychenkova✉, I.A. Karmanov

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University;
St. Petersburg, the Russian Federation,
✉valeriabichenkova@yandex.ru*

Abstract. Introduction. Food intolerance is a significant modern demographic problem, the main cause of which is a deficiency of digestive enzymes. Hypolactasia, or lactose deficiency, is a condition common to people of all ages and requires dietary adjustments to prevent nutrition-related diseases. To solve this problem, it is proposed to use the synergistic effect (synergism) of nutrients - a phenomenon in which the interaction of nutrients leads to an increase in their specific properties, increasing the efficiency of absorption in the human body (bioavailability). **The goal and methods of the research.** The goal of the research was to develop a 7-day diet that meets the principles of nutritional synergy for a child at an educational institution; to characterize the provision of the diet with essential nutrients (proteins, fats, carbohydrates, vitamins, minerals). The diet was developed using the appropriate software, according to the requirements of the current sanitary rules in the field of child nutrition. The research materials used were scientific sources of information published in Elibrary.ru, PubMed, Google Patents systems, as well as regulatory documents: SanPiN 2.3 / 2.4.3590-20, collections of recipes. The integral score method was used to quantitatively assess the compliance of the diet with sanitary requirements. **The results and discussion.** Existing scientific data on the synergistic effect between nutrients have been analyzed, and principles of nutritional synergy formulated; a list of synergistic combinations provided. A weekly diet has been developed that meets the child's energy and nutrient needs. The influence of the synergistic effect on serum concentrations of carotenoids, iodine, and iron has been quantitatively assessed. **Conclusion.** The results of the research indicate that to prevent nutrient deficiencies in the diets of children with hypolactasia, it is recommended to use the principles of nutritional synergy when developing diets. The developed diet can be introduced for use in children's nutrition in general education institutions and health resorts.

Keywords: nutrition, food synergy, diet, bioavailability, lactose deficiency, lactose, Vision Soft, piperine, omics technologies, integral score

For citation: Bychenkova V.V., Karmanov I.A. Foodomics based on synergy principles for children with lactose intolerance. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (1):10-22. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-10-22>

Funding. The research and publication of the article was funded by the authors

Введение. Множественность носителей генотипа гиполактазии среди восточных славян составляет более 40% [1], что, действительно, является важной медико-биологической и демографической проблемой. Данное расстройство может сопровождаться ярко выраженными симптомами, такими как боли в животе, метеоризм, диарея и иными. Тем временем, отказ от молочных продуктов способствует дефициту минеральных веществ, в особенности кальция. Недостаточное потребление кальция особенно выражено и опасно в детском возрасте [2, 3], так как сопровождается ухудшением строительства опорно-двигательного аппарата, развитием рахита и остеопороза [4]. Для устранения

сложности малого поступления в организм нутриентов применимо внедрение в рацион человека принципов теории пищевой синергии. Таким образом, используя данную теорию, можно добиться исключения недостатка нутриентов в рационе, предупреждение хронических заболеваний, поддержание гомеостаза организма.

Понятие пищевого синергизма было сформировано в начале XXI века, тем не менее принципиальные особенности данной концепции начали формирование в отдаленном прошлом [5]. Предполагается, что предшествующие современному человеку поколения формировали собственный рацион и демонстрировали специфическое пищевое поведение.

ние исходя из опыта употребления различных пищевых продуктов в многообразных сочетаниях, чтобы раскрыть их наибольшее положительное влияние на организм (укрепление опорно-двигательного аппарата, сохранение зрения). Таким образом зарождались первообразная медицина и лечебное питание [6].

Подробно представлено исследование синергии в продуктах растительного происхождения. К примеру, синергетический эффект плодов растений был выявлен между *Spirulina* sp. и плодами *Euterpe oleracea* (асаи), выражающийся в увеличении числа полифенольных соединений при совместном использовании в обогащении пищевых продуктов с высокой антиоксидантной способностью [7].

Вклад в развитие теории теории синергизма внес Дэвид Якобс младший (David R. Jacobs Jr.) [8]. В своем исследовании он анализирует структурные элементы цельных зерен злаковых культур, таких как отруби, зародыш и эндосперм, описывая их как комплекс фитохимических веществ, взаимодействующих между собой синергически. Исследователь обнаруживает, что употребление продукции с использованием нерафинированного (цельного) зерна может быть связано со снижением риска ишемической болезни сердца и диабета.

Примером явления синергии можно привести увеличение биодоступности железа из продуктов посредством добавления к при-

ёму пищи составляющих с содержанием аскорбиновой кислоты (витамина С). Аскорбиновая кислота препятствует окислению Fe^{2+} до Fe^{3+} , таким образом железо лучше всасывается в клетки кишечника [9, 10].

На основании полученных данных сформулированы основные принципы пищевой синергии:

а) совместное употребление определённых БАВ и нутриентов несёт сочетательный характер;

б) взаимодействие веществ приводит к улучшению усвояемости и биодоступности. В таблице 1 представлены основные синергетические сочетания. Таким образом, доказана польза концепции пищевой синергии для здоровья человека, и её принципы могут применяться в разработке пищевых рационов человека. Сформирована цель исследования – разработать сбалансированное семидневное меню для детей, посещающих образовательные учреждения в течение дня, с учетом принципов синергетического взаимодействия пищевых компонентов. Для достижения этой цели необходимо провести всесторонний анализ предложенного рациона, включающий оценку его соответствия установленным нормам потребления основных питательных веществ, таких как белки, жиры, углеводы, а также витамины и минералы. Это позволит провести объективную оценку питательной ценности предложенного меню и его влияния на здоровье детей.

Таблица 1. Ассортимент синергетических пар веществ
Table 1. Assortment of synergistic pairs of substances

Основное вещество	Вещество-синергист	Механизм действия	Пример сочетания продуктов	Источник
Железо	Аскорбиновая кислота (витамин С)	Аскорбиновая кислота препятствует окислению $Fe(2+)$ до $Fe(3+)$, таким образом железо лучше абсорбируется в клетки кишечника	Печень-лиственные овощи, свекла-лимонный сок, яйца-томаты	[9]
Менахинон (витамин K2)	Кальциферол (витамин D)	Витамин D способствует выработке витамин K-зависимых белков	Томаты-яйца, листовые овощи-сыр, лук-печень трески	[4]
Кальций	Магний	Магний регулирует минерализацию, способствует депонированию тяжелых металлов	орехи-семена, бобовые-говядина	[11]
Кальций	Бор	Сокращение потерь кальция с мочой; образующий фруктоборат кальция контролирует повреждение и воспаление тканей	белая рыба-гречиха, яйца-фасоль	[11]
Сульфорафан	Селен	Вещества улучшают общую антиоксидантную способность	брокколи-яйца, горчица-кукуруза	[12,13]
Куркумин	Пиперин	Улучшение биодоступности куркумина посредством улучшения кровообращения	куркума-черный перец	[14]

Окончание табл. 1/ end of table 1

Основное вещество	Вещество-синергист	Механизм действия	Пример сочетания продуктов	Источник
Триптофан	Глюкоза	Лучшее усвоение триптофана за счет повышения уровня глюкозы	мясо-мед, сыр-фрукты	[15]
Магний	Витамины группы В	Улучшение метаболических процессов, успокоительное действие	орехи-хлеб, овсянка-яблоки	[16]
Каротиноиды	Жиры	Растворение каротиноидов в жирах позволяет им лучше экстрагироваться из пищи	морковь-масло, томаты-свинина	[17]
МКБ	Пребиотики	Образование симбиотических комплексов, модулирующих лучшую работу ЖКТ	йогурт-банан, капуста квашеная-семена льна	[18]
Йод	Пребиотики	Улучшение выработки тиреотропных гормонов щитовидной железы	клюква-цикорий, печень трески-топинамбур	[19]
Витамин В12	Метионин	Витамин В12 активирует превращение гомоцистеина в метионин, выведение жиров печени и профилактика ее ожирения	яйца-мясо, шоколад-соевый творог	[20]
Холин	Метионин	Предотвращение нарушений обмена холестерина	орехи-зернобобовые, брокколи-птица	[20]
Жирорастворимые витамины	Жиры	Растворение веществ в жирах позволяет им лучше экстрагироваться из пищи	печень-сливочное масло, жирная рыба	[17]
Витамин Е	Аскорбиновая кислота (витамин С)/ убихинон Q10	Обезвреживание образуемых в ходе окислительных процессов радикалов α -токоферолов	орехи-лимон, курага-говядина	[21]
Железо	Ретинол (витамин А)	Прием витамина А может снизить риск анемии, повышая уровень гемоглобина и ферритина у людей с низким уровнем ретинола в сыворотке крови	печень-морковь, яблоко-абрикос	[22]
Железо	Кальция фосфат + витамин D	Повышение усвояемости пищевого железа, которое является фактором образования коллагена – структурного белка мышц и костей	крупы-орехи, хлеб-яйца, свекла-сыр без-лактозный	[11, 25]

Примечание. МКБ – молочнокислые бактерии

Объекты и методы исследования. Составление рациона производилось с помощью программного обеспечения «Вижент-Софт – Питание в школе 2020», а также сервиса «НИАП» ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» и «Нутриент Планнер». Нормативной базой при составлении рациона стали действующие санитарные правила¹, а именно сведения о рекомендуемой суточной потребности в пищевых веществах и распределении дневной калорийности между приемами пищи в условиях дневного пребывания ребенка в образовательном учреждении, представленные в форме таблиц 2 и 3 соответственно.

В соответствии с санитарными требованиями, в связи с отсутствием в разрабатываемом рационе молока и молочных продуктов

(в частности, творога), произведена замена по белку в виде использования сыра безлактозного, говядины 1 категории, рыбы, а также яиц.

Результаты исследования и их обсуждение. Для получения достаточной информации, возможности использования широкого спектра синергетических сочетаний и комплексной оценки разработка рациона велась на 7 дней. При составлении дневных рационов опирались на принцип полноценности питания, обеспечения пищевого разнообразия, включения большого количества овощей и блюд из них. При выборе конкретного блюда или кулинарного изделия были использованы сборники рецептур, а также авторские рецептуры, в том числе литературные источники по зарубежной кухне.

¹ СанПиН 2.3/2.4.3590-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения.

¹ SanPiN 2.3/2.4.3590-20 Sanitary and Epidemiological Requirements for Public Catering of the Population.

Таблица 2. Суточная потребность детей 12 лет и старше в пищевых веществах, энергии, витаминах и минеральных веществах²

Table 2. Daily requirement of 12-year old and older children in nutrients, energy, vitamins and minerals²

Показатель	Потребность в сутки
Энергетическая ценность, ккал	2720
Белки, г	90
Жиры, г	92
Углеводы, г	383
Витамины	
В1, мг	70
С, мг	1,4
А, мг	0,9
Е, мг	10
Минеральные вещества	
Са, мг	1200
Mg, мг	300
Р, мг	1200
Fe, мг	18
Se, мг	0,05
I, мг	0,1

Таблица 3. Рекомендуемое распределение калорийности между приемами пищи²

Table 3. Recommended distribution of caloric content between meals²

Прием пищи	Доля суточной потребности в энергии, %
Завтрак / Breakfast	20-30
Обед / Lunch	35-40
Полдник / Snack	10-15
Ужин / Dinner	20-30
Итого / Total	100

Масса вносимого сырья в рецептуре выбранных блюд и продукции определялась с учетом среднесуточного набора продукции для организации питания детей от 7 до 18 лет. Блюда из красного мяса были включены в рацион не более 2 раз. Употребление рыбных и мясных блюд, богатых белком, в основном организовано в первую половину дня (завтрак, обед) для улучшения обмена веществ. Ограничено употребление сладостей и кондитерских изделий. В рацион введены орехи, сухофрукты, а также блюда и изделия из свежих и приготовленных плодов. В составе рациона предусмотрены напитки на растительной основе – «альтернативное молоко», произведенное из овса или миндаля, как наименее аллергенного сырья для детского питания. Разработанный рацион соответствует требованиям нормативной документации в части организации питания.

Стоит отметить, что для увеличения биодоступности многих из перечисленных выше веществ возможно добавление в рецептуру основных блюд молотого белого перца и сухого порошка куркумы (не более 0,2 г на прием пищи) в качестве антисептических, тонизирующих и стимулирующих кровообращение добавок [23].

Факт наличия в последнем приеме пищи (ужин) таких синергетических пар, как триптофан/глюкоза (птица и сладкий напиток) и магний/витамин В (орехи и рисовая крупа/картофель, тыква и хлебцы) обеспечивает седативное и расслабляющее действие на нервную систему, что способствует оптимальному и здоровому сну ребёнка [9].

Для обеспечения лучшей проходимости пищевого комка и эффективной всасываемости нутриентов в рацион питания включен напиток, роль которого также заключа-

² МР 2.3.1.0253–21. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации

² MR 2.3.1.0253-21. Nutritional hygiene. Rational nutrition. Norms of physiological needs in energy and food substances for different population groups of the Russian Federation

ется в алиментарном обогащении минерально-витаминным комплексом (компоты, кисели, напитки фруктовые). Эти напитки также учитываются в суточном питьевом режиме. Состав недельного рациона приведен в приложении А (табл.4).

Оценка полученного рациона производилась методом интегрального сора в программе Nutrient Planner. Допустимое отклонение от нормы и принималось равным 5%, причем как для отдельного дневного рациона, так и для всего недельного рациона в целом. Нутриентный состав рациона 1-го дня представлен в таблице 5, а всего рациона – в таблице 6.

Исходя из данных таблиц можно сделать вывод, что отклонение интегрального сора в рамках одного дня не превышает 5%, а в отношении всего рациона – не более 2,5%.

Для количественной характеристики влияния синергетического эффекта между нутриентами было проведено эмпирическое исследование, опирающееся на актуальные научные сведения о биодоступности таких пищевых веществ, как йод, каротиноиды и железо.

В соответствии с расчетами, в организм с пищей поступает 0,06 мг каротиноидов (в пересчете на β -форму), после полного усвоения предполагаемая концентрация

йода составляет 0,07 мкг/л. При совместном употреблении с пиперином, получаемом с черным перцем в расчете 0,05 г на 100 г основного горячего блюда, эффект синергизма выражен в виде увеличения концентрации йода до 0,1 мкг/л [19].

При потреблении с пищей (без учета синергетического эффекта) 16,17 мкг йода, определенного расчетным методом, предполагается сывороточная концентрация в 0,74 мкг/мл. С учетом синергетического эффекта с пребиотиком (олигофруктоза, инулин) концентрация должна повыситься до 0,77 мкг/л [24]. Данные по каротиноидам и йоду приведены на рисунке 1.

По расчету, с рационом поступает 18,2 мг железа. С учетом принципов биодоступности этого элемента (в негемовой форме) концентрация после потребления в сывоте составит 18,8 мкмоль/л. Тем временем, в виде комплекса Fe-кальций фосфат-D3 биодоступность увеличится и составит 21,5 мкмоль/л [25]. Данные по кальцию представлены на рисунке 2.

Рисунки являются разработкой авторов и являются интерпретацией результатов клинических исследований *in vivo*, описанных в международных рецензируемых исследованиях относительно разработанного рациона.

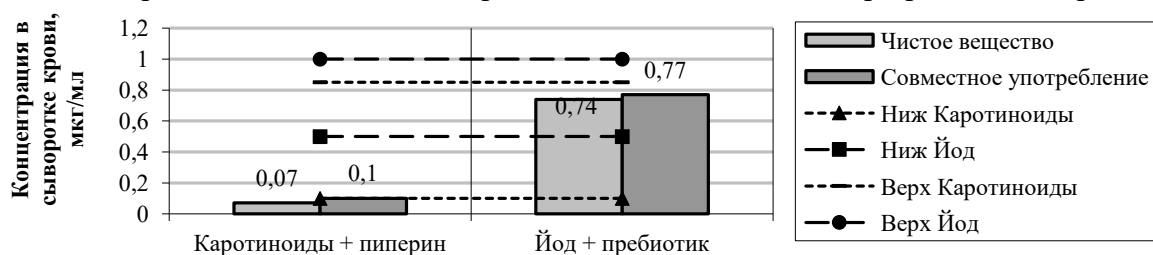


Рис. 1. Влияние синергетического эффекта на концентрацию йода и каротиноидов в сыворотке крови

Fig. 1. The effect of the synergistic effect on the concentration of iodine and carotenoids in blood serum

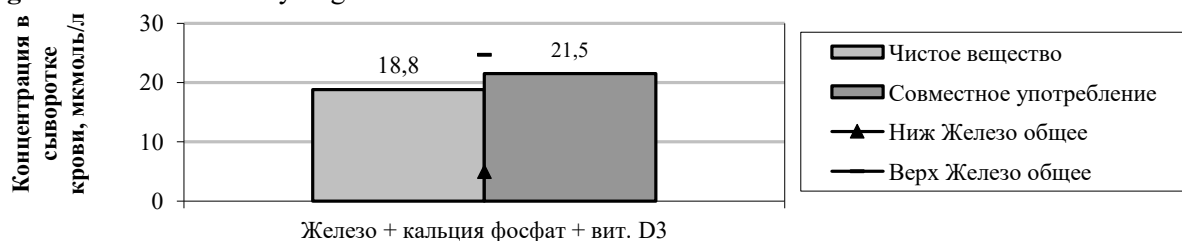


Рис. 2. Влияние синергетического эффекта на концентрацию общего железа в сыворотке крови

Fig. 2. The synergistic effect on iron concentration in blood serum

Таблица 4. Состав приёмов пищи 7-дневного рациона
Table 4. Composition of meals for a 7-day diet

Наименование дня рациона						
1	2	3	4	5	6	7
Приём пищи №1, завтрак						
Каша из смеси круп с черносливом	Сырники из соевого творога	Каша пшеничная на воде	Орех грецкий	Курага	Каша кукурузная на воде с куражумом	Блинчики на соевом молоке
Булочка пшеничная с повидлом	Грецкий орех	Груша	Яблоко, запечённое с мёдом	Каша манная на воде	Салат винегрет	Яблоко
Цикорий	Компот из сухофруктов	Булочка с изюмом	Морковные котлеты	Яйцо, сваренное всмятуго	Чай с лимоном	Чай с лимоном
		Чай с лимоном	Чай зеленый	Ягодный напиток с имбирем	Галета яблочная	
Приём пищи №2, обед						
Салат «Степной»	Суп-поре томатный	Салат-микс с цитрусовой заправкой	Салат «Витаминный»	Салат азиатский с морковью и огурцом	Щи с говяжьей	Салат из печеной свеклы
Щи зелёные	Чахобили из курицы	Суп томатный с куриными фрикадельками	Суп-поре из карто-феля с грибами	Суп-лапша с нежирной бараниной	Овощи припущенные	Морковный крем-суп
Рагу из овощей с фасолью	Капуста брокколи припущенная	Рисовая лапша	Хек запеченный	Перец, фаршированный курицей и овощами	Говядина отварная	Треска запечённая
Рис отварной	Булочка с маком	Курица в кисло-сладком соусе	Рис припущенный	Хлеб отрубной	Хлеб ржаной	Морковь-тушеная с зеленым горошком
Судак припущенный	Сок морковный	Хлеб овсяный	Сок яблочный	Чай с лимоном	Булочка с грушей и корицей	Печенье овсяное постное
Напиток брусничный	Напиток ягодный	Компот ягодный	Хлеб ржано-пшеничный	Напиток лимонный		Кисель яблочный
Булочка «К чаю»						Хлеб овсяный
Приём пищи №3, полдник						
Йогурт безлактозный с бананом	Сок яблочный	Бутерброд с отварным яйцом и соленой горбушей	Пирожок слоеный с безлактозным сыром	Хлеб пшеничный	Оладьи из овсяной муки с сыром	Пирог с капустой
Напиток лимонный	Булочка с темным шоколадом	Чай с лимоном	Пастила яблочная	Поре овощное	Цикорий на воде	Молоко овсяное
Яблоко				Сок апельсиновый		
				Печенье на растительном масле		
Приём пищи №4, ужин						
Котлеты рубленые из индейки	Пуддинг рисовый с яблоком	Рисовый салат с зеленью	Салат из огурцов	Пуддинг тыквенный	Салат из моркови с грецким орехом	Салат из помидоров и огурцов
Макаронные изделия отварные	Компот из сухофруктов	Баклажаны тушеные с фасолью	Котлета натуральная из мяса кур	Хлебцы ржаные	Плов с баклажаном	Котлеты рисовые
Булочка «К чаю»	Авокадо	Булочка с изюмом	Овощи тушеные в белом соусе	Чай травяной	Компот из сухофруктов	Пастила яблочная
Напиток брусничный	Хлебец рисовый	Компот из груши	Молоко миндальное			Чай с лимоном

Таблица 5. Нутриентный состав рациона 1-го дня
Table 5. Nutrient composition of the diet of day 1

Показатель	Приём пищи, состав				Кол-во за сутки	Суточная норма по СанПиН	Скор, %
	завтрак	обед	полдник	ужин			
Белки, г	11,5	36,2	20,6	19,9	88,2	90	98,0
Жиры, г	10,2	37,4	15,9	24,9	88,4	92	96,0
Углеводы, г	109,5	111,7	68,6	92,3	382,1	383	99,7
ЭЦ, ккал	577	929	529	674	2709	2720	99,6
В1, мг	0,5	0,6	0,1	0,2	1,4	1,4	100
С, мг	4,2	16,3	32,6	13,4	66,5	70	95,0
А, мг	0,1	0,6	0,2	0,0	0,9	0,9	100,0
Е, мг	1,8	7,0	0,7	0,9	10,4	10	104,0
Са, мг	383,4	363,9	360,0	106,5	1213,8	1200	101,0
Mg, мг	104,2	93	62,2	29,0	288,4	300	96,0
P, мг	248,8	435,6	278,9	184,3	1147,6	1200	95,6
Fe, мг	5,2	3,7	5,9	3,0	17,8	18	98,9

Примечание. ЭЦ – энергетическая ценность

Таблица 6. Оценка нутриентного состава 7-дневного рациона
Table 6. Evaluation of the nutrient composition of the 7-day diet

Показатель	Наименование дня рациона							Среднее за сутки	Норма	Скор, %
	1	2	3	4	5	6	7			
Белки, г	88,2	93,4	89	87,9	89,7	86,7	87,5	88,9±1,53	90	98,8
Жиры, г	88,4	87,3	93,9	94,8	92,1	96,3	96	92,6±2,93	92	100,7
Углеводы, г	382,1	376,6	370,4	367,1	371,5	382,6	365,7	373,7±5,8	383	97,5
ЭЦ, ккал	2708	2665	2727	2673	2717	2743	2676	2701±25,7	2720	99,3
В1, мг	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4	1,43±0,04	1,4	102,0
С, мг	66,5	72,3	73,1	67	73,1	73,3	70,7	70,8±2,39	70	101,2
А, мг	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	100,0
Е, мг	10,4	10,1	9,8	10,3	9,7	10,5	9,5	10,04±0,32	10	100,4
Са, мг	1213,8	1149	1140,6	1153,9	1179,1	1188,8	1178,8	1172±20,7	1200	97,7
Mg, мг	288,4	310,4	308,1	307,5	315	291,9	312,5	304,8±8,39	300	101,6
P, мг	1147,6	1167,5	1246	1222,2	1219	1193,3	1156,5	1193,2±30,8	1200	99,4
Fe, мг	17,8	18,9	17,9	18,8	17,4	18,6	18,3	18,2±0,47	18	101,1

Примечание. ЭЦ – энергетическая ценность

Из данных диаграмм можно сделать вывод, что усвояемость приведенных пищевых веществ происходит более эффективно под действием веществ-синергистов. Так, в сочетании «каротиноиды+пиперин» конечное содержание первых в сыворотке удовлетворяет нижнему референсному пределу (Ниж Каротиноиды), в отличие от самостоятельного употребления.

Заключение и выводы. Лактазная недостаточность является фактором риска для молодого организма. При пониженном потреблении молочных продуктов может наблюдаться сниженное поступление эссенциальных белков молока, кальция, магния, фосфора, сопровождающееся снижением иммунитета, нарушениями образования костной и соединительной ткани. Разрабо-

танный в работе рацион направлен на восполнение утрачиваемых полезных качеств лактозосодержащей диеты. Особое значение уделено таким синергетическим сочетаниям как «кальций+железо» (поддержка костной и мышечной ткани), «кальций+магний» и «кальций+бор» (фактор минерализации костей). Данные сочетания являются актуальными в сфере лекарственных препаратов кальция и могут быть эффективны так и в случае натуральной пищи. Приведённые синергисты имеют место в каждом дне рациона питания. В среднем, вклад синергии оценивается в увеличении биодоступности веществ в 1,04-1,42 раза, что в перспективе может быть доказано проведением клинических исследований усвояемости нутриентов после употребления описанной диеты.

Результат работы (рацион) удовлетворяет показателям нутриентного состава, установленным настоящими санитарно-гигиеническими требованиями в сфере питания детей и принципам пищевой синергии. Разработанный рацион в перспективе может использо-

ваться на предприятиях школьного, социального и санаторно-курортного питания. Результаты исследования дают новый взгляд на проблему пищевой непереносимости и представляют собой несомненный вклад в развитие детской нутрициологии.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lactase deficiency in Russia: multiethnic genetic study / Kovalenko E. [et al.] // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2023. Vol. 77, No. 8. P. 803-810. EDN: <https://elibrary.ru/bdyfuz>. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01294-8>.
2. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Ключевые проблемы в структуре потребления пищевой продукции и прорывные технологии оптимизации питания для здоровьесбережения населения России // *Вопросы питания.* 2024. Т. 93, № 1. С. 6-21. EDN: <https://elibrary.ru/xcdqzj>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21>.
3. Некрасова А.И., Быченкова В.В., Сафонова Э.Э. Основные методы диетотерапии при лактазной недостаточности у детей // *Здоровое питание и нутриционная поддержка: медицина, образование, инновационные технологии: сборник материалов XVIII Всероссийского форума (Санкт-Петербург, 10-11 нояб. 2023 г.).* СПб.: Союз педиатров России. 2023. С. 44-45. EDN: <https://elibrary.ru/xdvqqq>.
4. The Synergistic Interplay between Vitamins D and K for Bone and Cardiovascular Health: A Narrative Review / Van Ballegooijen A.J. [et al.] // *Hindawi International Journal of Endocrinology.* 2017. Vol. 2017. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/7454376>.
5. Акашева Д.У., Драпкина О.М. Средиземноморская диета: история, основные компоненты, доказательства пользы и возможность применения в российской реальности // *РФК.* 2020. Т. 16, № 2. С. 307-316. EDN: <https://elibrary.ru/vfpxrl>. DOI: <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-04-03>.
6. Куковякин С.А., Куковякина Е.С., Куковякина Н.Д. Использование средств растительного происхождения для лечения в первобытную Древнего Мира // *Вятский медицинский вестник.* 2019. № 4. С. 89-91. EDN: <https://elibrary.ru/qvpsla>. DOI: <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2019-10018>.
7. Nutritional and functional synergism of Spirulina and açai mixtures in gummy candies / Paternina L.P.R. [et al.] // *Discov. Food.* 2024. Vol. 4, No. 98. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00142-3>.
8. Jacobs D.R.Jr., Steffen L.M. Nutrients, foods, and dietary patterns as exposures in research: a framework for food synergy // *Am. J. Clin. Nutr.* 2003. Vol. 78, No. 3. P. 508-513. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.508S>.
9. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods / Piskin E [et al.] // *ACS Omega.* 2022. Vol. 24, No. 7. P. 20441-20456. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01833>.
10. Effect of ascorbic acid rich, micro-nutrient fortified supplement on the iron bioavailability of ferric pyrophosphate from a milk based beverage in Indian school children / Pauline M. [et al.] // *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 27, No. 4. P. 792-796. <https://doi.org/10.6133/apjcn.092017.07>.
11. Громова О.А., Торшин И.Ю., Лиманова О.А. Кальций и его синергисты в поддержке структуры соединительной и костной ткани // *Лечащий врач.* 2014. № 5. С. 69-74.
12. The Antioxidant Properties of Organosulfur Compounds (Sulforaphane) / de Figueiredo S.M. [et al.] // *Recent Patents on Endocrine, Metabolic & Immune Drug Discovery.* 2015. Vol. 9, No. 1. P. 24-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1872214809666150505164138>.

13. Экологическая безопасность сырья для получения функциональных пищевых продуктов и ее гормональная регуляция / Казахмедов Р.Э. [и др.] // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021. № 3. С. 176-187. EDN: <https://elibrary.ru/omuzsm>. DOI: <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.233>.
14. Адекватные и клинически эффективные уровни потребления куркумина / Коденцова В.М. [и др.] // *Вопросы питания*. 2022. Т. 91, № 5. С. 6-15. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-6-15>.
15. St-Onge M.P., Zuraikat F.M., Neilson M. Exploring the Role of Dairy Products In Sleep Quality: From Population Studies to Mechanistic Evaluations // *Adv Nutr*. 2023. Vol. 14, No. 2. С. 283-294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.01.004>.
16. Superiority of magnesium and vitamin B6 over magnesium alone on severe stress in healthy adults with low magnesemia: A randomized, single-blind clinical trial / Pouteau E. [et al.] // *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13, No. 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208454>.
17. Henaо-Ardila A., Quintanilla-Carvajal M.X., Moreno F.L. Emulsification and stabilisation technologies used for the inclusion of lipophilic functional ingredients in food systems // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No. 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32150>.
18. Исследование взаимоотношений индигенных и транзиторных микроорганизмов в смешанной культуре на среде с пребиотиком / Евдокимова С.А. [и др.] // *Вестник Казанского технологического университета*. 2016. № 15. С. 165-169. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>.
19. Витаминно-минеральное средство: порошок для приготовления раствора для внутреннего применения [Электронный ресурс]: патент № 2484828 Рос. Федерация, МПК А61К 31/7016, А61К 31/375, А61К 31/355, А61К 9/14, А61К 9/08, А23L 1/304, А23L 1/302, А61P 1/00; № 2012114329, заявл. 11.04.2012, опубл. 20.06.2013 / Филимонова А.В., Гаврилов А.С., Шпейт Э.Р.; заявитель Филимонова А.В., Гаврилов А.С., Шпейт Э.Р. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2484828C1/ru> (дата обращения 13.11.2024).
20. О возможности использования пищевого продукта на основе молозива для диетического профилактического питания работающих во вредных условиях труда (обзор литературы) / Кузьмин С.В. [и др.] // *Гигиена и санитария*. 2022. Т. 101, № 4. С. 412-417. EDN: <https://elibrary.ru/iddndh>. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-412-417>.
21. Витаминотерапия и витаминпрофилактика сердечно-сосудистых заболеваний / Максимов М.Л. [и др.] // *Sciences of Europe*. 2020. No. 58-2 (58). С. 34-36. EDN: <https://elibrary.ru/eqjjnm>.
22. da Cunha M.S.B., Campos Hankins N.A., Arruda S.F. Effect of vitamin A supplementation on iron status in humans: A systematic review and meta-analysis // *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2019. Vol. 59, No. 11. P. 1767-1781. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1427552>.
23. The effect of curcumin-piperine supplementation on lipid profile, glycemic index, inflammation, and blood pressure in patients with type 2 diabetes mellitus and hypertriglyceridemia / Hosseini H. [et al.] // *Phytother Res*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.8304>.
24. Use of piperine to increase the bioavailability of nutritional compounds [Electronic resource]: US Patent 005536506A, A61F 2/02, A61F6/06, A61K 9/70, A61 K9/48: №393738: Filled 24.02.1995: Published 16.07.1996 / Majeed M., Badmaev V., Ragendran R.; current assignee Sami Chemicals and Extracts Ltd. URL: <https://patents.google.com/patent/US5536506A/en> (дата обращения 13.11.2024).
25. Effect of calcium phosphate and vitamin D₃ supplementation on bone remodelling and metabolism of calcium, phosphorus, magnesium and iron / Trautvetter U. [et al.] // *Nutr J*. 2014. Vol. 13, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-6>.

REFERENCES

1. Lactase deficiency in Russia: a multiethnic genetic study / Kovalenko E. [et al.] // *Eur. J. Clin. Nutr*. 2023. Vol. 77, No. 8. P. 803-810. EDN: <https://elibrary.ru/bdyfuz>. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01294-8>.
2. Tutelyan V.A., Nikityuk, D.B. Key issues in the structure of food consumption and breakthrough technologies for nutrition optimization to preserve the health of the Russian population // *Nutrition Issues*. 2024. Vol. 93, No. 1. P. 6-21. EDN: <https://elibrary.ru/xcdqzj>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21>. [In Russ.]

3. Nekrasova A.I., Bychenkova, V.V., Safonova, E.E. Basic methods of diet therapy for lactose deficiency in children // *Healthy nutrition and nutritional support: medicine, education, innovative technologies: collection of materials from the XVIII All-Russian Forum (St. Petersburg, November 10-11, 2023)*. SPb.: Union of Pediatricians of Russia. 2023. P. 44-45. EDN: <https://elibrary.ru/xdvqqq>. [In Russ.]
4. The Synergistic Interplay between Vitamins D and K for Bone and Cardiovascular Health: A Narrative Review / Van Ballegooijen A.J. [et al.] // *Hindawi International Journal of Endocrinology*. 2017. Vol. 2017. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/7454376>.
5. Akasheva D.U., Drapkina, O.M. The mediterranean diet: history, main components, evidence of benefits and the possibility of application in Russian reality // *RFK*. 2020. Vol. 16, No. 2. P. 307-316. EDN: <https://elibrary.ru/vfpxrl>. DOI: <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-04-03>. [In Russ.]
6. Kukovyakin S.A., Kukovyakina, E.S., Kukovyakina, N.D. The use of herbal remedies for treatment in the prehistoric era of the Ancient World // *Vyatka Medical Bulletin*. 2019. No. 4. pp. 89-91. EDN: <https://elibrary.ru/qvpsla>. DOI: <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2019-10018>. [In Russ.]
7. Nutritional and functional synergism of Spirulina and açai mixtures in gummy candies / Paternina L.P.R. [et al.] // *Discov. Food*. 2024. Vol. 4, No. 98. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00142-3>.
8. Jacobs D.R.Jr., Steffen L.M. Nutrients, foods, and dietary patterns as exposures in research: a framework for food synergy // *Am. J. Clin. Nutr.* 2003. Vol. 78, No. 3. P. 508-513. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.508S>.
9. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods / Piskin E [et al.] // *ACS Omega*. 2022. Vol. 24, No. 7. P. 20441-20456. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01833>.
10. Effect of ascorbic acid-rich, micronutrient-fortified supplement on the iron bioavailability of ferric pyrophosphate from a milk-based beverage in Indian school children / Pauline M. [et al.] // *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 27, No. 4. P. 792-796. <https://doi.org/10.6133/apjcn.092017.07>.
11. Gromova O.A., Torshin, I.Yu., Limanova, O.A. Calcium and its synergists in supporting the structure of connective and bone tissue // *Doctor*. 2014. No. 5. P. 69-74. [In Russ.]
12. The Antioxidant Properties of Organosulfur Compounds (Sulforaphane) / de Figueiredo S.M. [et al.] // *Recent Patents on Endocrine, Metabolic & Immune Drug Discovery*. 2015. Vol. 9, No. 1. P. 24-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1872214809666150505164138>.
13. Environmental safety of raw materials for the production of functional food products and its hormonal regulation / Kazakhmedov R.E. [et al.] // *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2021. No. 3. P. 176-187. EDN: <https://elibrary.ru/omuzsm>. DOI: <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.233>. [In Russ.]
14. Adequate and Clinically Effective Levels of Curcumin Intake / Kodentsova V.M. [et al.] // *Vo-prosy pitaniya*. 2022. Vol. 91, No. 5. P. 6-15. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-6-15>. [In Russ.]
15. St-Onge M.P., Zuraikat F.M., Neilson M. Exploring the Role of Dairy Products In Sleep Quality: From Population Studies to Mechanistic Evaluations // *Adv Nutr.* 2023. Vol. 14, No. 2. pp. 283-294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.01.004>.
16. Superiority of magnesium and vitamin B6 over magnesium alone on severe stress in healthy adults with low magnesemia: A randomized, single-blind clinical trial / Pouteau E. [et al.] // *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13, No. 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208454>.
17. Henao-Ardila A., Quintanilla-Carvajal M.X., Moreno F.L. Emulsification and stabilization technologies used for the inclusion of lipophilic functional ingredients in food systems // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No. 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32150>.
18. Study of the relationships between indigenous and transient microorganisms in a mixed culture on a medium with a prebiotic / Evdokimova S.A. [et al.] // *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2016. No. 15. P. 165-169. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>. [In Russ.]
19. Vitamin and mineral product: powder for the preparation of a solution for internal use [Electronic resource]: patent No. 2484828 the Russ. Federation, IPC A61K 31/7016, A61K 31/375, A61K 31/355, A61K 9/14, A61K 9/08, A23L 1/304, A23L 1/302, A61P 1/00; No. 2012114329, declared 11.04.2012, published 20.06.2013 / Filimonova A.V., Gavrilov A.S., Shpeyt E.R.; applicant Filimonova A.V., Gavrilov A.S., Shpeyt E.R. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2484828C1/ru> (accessed on 13.11.2024). [In Russ.]

20. On the possibility of using a colostrum-based food product for dietary preventive nutrition of workers in harmful working conditions (literature review) / Kuzmin S.V. [et al.] // Hygiene and Sanitation. 2022. Vol. 101, No. 4. P. 412-417. EDN: <https://elibrary.ru/iddndh>. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-412-417>. [In Russ.]

21. Vitamin therapy and vitamin prevention of cardiovascular diseases / Maksimov M.L. [et al.] // Sciences of Europe. 2020. No. 58-2 (58). P. 34-36. EDN: <https://elibrary.ru/eqjjnm>.

22. da Cunha M.S.B., Campos Hankins N.A., Arruda S.F. Effect of vitamin A supplementation on iron status in humans: A systematic review and meta-analysis // Crit Rev Food Sci Nutr. 2019. Vol. 59, No. 11. P. 1767-1781. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1427552>.

23. Bagherniya M., Sahebkar A., Iraj B., Majeed M., Askari G. The effect of curcumin-piperine supplementation on lipid profile, glycemic index, inflammation, and blood pressure in patients with type 2 diabetes mellitus and hypertriglyceridemia / Hosseini H. [et al.] // Phytother Res. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.8304>.

24. Use of piperine to increase the bioavailability of nutritional compounds [Electronic resource]: US Patent 005536506A, A61F 2/02, A61F6/06, A61K 9/70, A61 K9/48.: No. 393738: Filled 02/24/1995: Published 07/16/1996 / Majeed M., Badmaev V., Ragendran R.; current assignee Sami Chemicals and Extracts Ltd. URL: <https://patents.google.com/patent/US5536506A/en> (accessed 11/13/2024).

25. Effect of calcium phosphate and vitamin D3 supplementation on bone remodeling and metabolism of calcium, phosphorus, magnesium and iron / Trautvetter U. [et al.] // Nutr J. 2014. Vol. 13, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-6>.

Информация об авторах / Information about the authors

Быченкова Валерия Владимировна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 194021, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Новороссийская улица, д. 48, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4807-1612>, e-mail: valeriabichenkova@yandex.ru

Карманов Иларион Андреевич, бакалавр, студент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 194021, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Новороссийская улица, д. 48, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9497-9039>, e-mail: karma-cook@yandex.ru

Valeria V. Vychenkova, PhD (Engineering), Associate Professor, Higher School of Biotechnology and Food Production, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 194021, the Russian Federation, St. Petersburg, 48 Novorossiyskaya Street, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4807-1612>, e-mail: valeriabichenkova@yandex.ru

Iarion A. Karmanov, Bachelor's degree student, Higher School of Biotechnology and Food Production, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 194021, the Russian Federation, St. Petersburg, 48 Novorossiyskaya Street, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9497-9039>, e-mail: karma-cook@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Быченкова Валерия Владимировна – создание концепции, научное руководство, обеспечение ресурсами.

Карманов Иларион Андреевич – работа с литературой, анализ и обобщение результатов.

Claimed contribution of the authors

Valeria V. Bychenkova – concept development, scientific supervision, and resource provision.

Parion A. Karmanov – literature review, analysis, and summary of the results.

Поступила в редакцию 17.12.2025

Поступила после рецензирования 02.02.2026

Принята к публикации 04.02.2026

Received 17.12.2025

Revised 02.02.2026

Accepted 04.02.2026