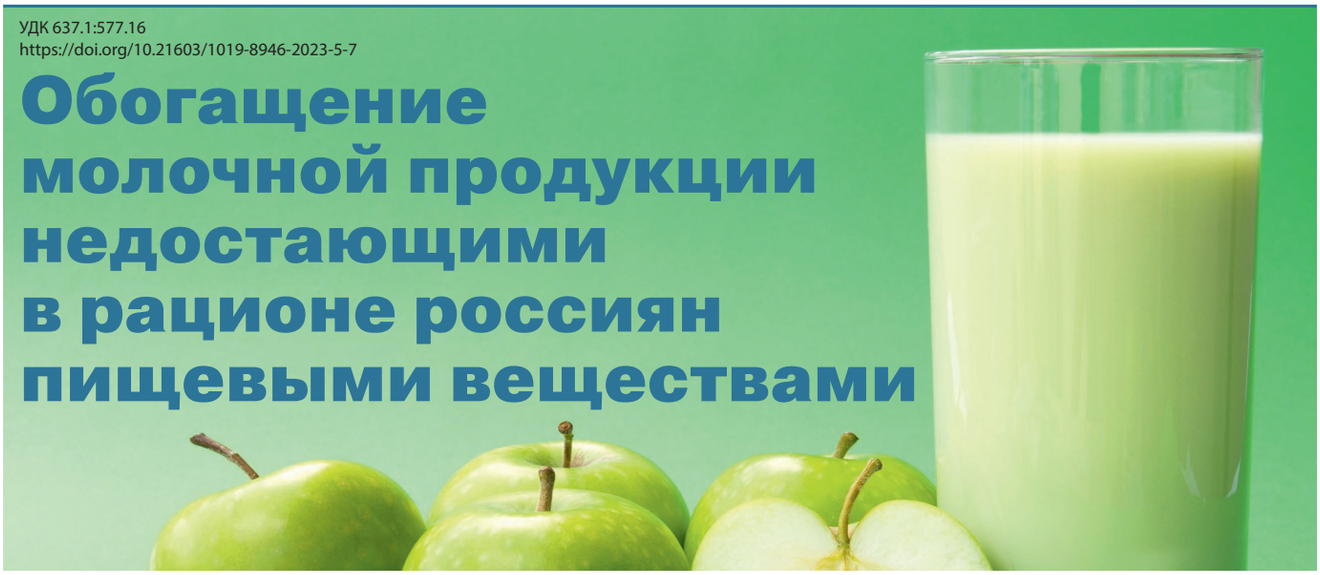
УДК 637.1:577.16
https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-7

Обогащение молочной продукции недостающими в рационе россиян пищевыми веществами



Вера Митрофановна Коденцова, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник
E-mail: kodentsova@ion.ru
Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии
Дмитрий Владимирович Рисник, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Проанализированы современные подходы к обогащению молочной продукции недостающими в рационе пищевыми веществами — комплексом микронутриентов и пищевыми волокнами. Исходя из наличия у населения множественной микронутриентной недостаточности и с учетом взаимосвязей микронутриентов на уровне организма, наиболее востребованным и эффективным является обогащение молочных продуктов комплексом витаминов и минеральных веществ в форме многокомпонентных премиксов. В качестве источника пищевых волокон в последние годы все шире используются β-глюканы различного происхождения и сухие яблочные выжимки. Зерновые β-глюканы обладают технологическими и биологическими свойствами. Доза β-глюканов для кисломолочных продуктов находится в диапазоне 0,1–0,5 %, сыров и продуктов, производимых по технологии сыра, — 0,2–1,4 %, мороженого и замороженных десертов — 0,5–2,0 %. Преимуществом яблочных выжимок является высокое содержание пищевых волокон и антиоксидантных соединений. Введение порошка сухих выжимок в рецептуру йогурта и кисломолочных продуктов в дозе до 3 % обеспечивает улучшение технологических параметров, повышение синерезиса и антиоксидантных свойств продукта.

Ключевые слова: *молочные продукты, обогащение, витаминно-минеральные премиксы, β-глюканы, яблочные выжимки.*

Kodentsova V. M.[1], Risnik D. V.[2] Enrichment of dairy products with missing nutrients in the diet of Russians
[1]Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology
[2]Moscow State University M. V. Lomonosov

The aim of the study is to analyze modern approaches to the enrichment of dairy products with missing nutrients in the diet — a complex of micronutrients and dietary fiber. Based on the presence of multiple micronutrient deficiencies in the population and taking into account the relationship of micronutrients in the organism, the most popular and effective is the enrichment of dairy products with a complex of vitamins and minerals in the form of multicomponent premixes. In recent years, β-glucans from various origins and apple pomace have been increasingly used as a source of dietary fiber. Cereal β-glucans have technological and biological properties. The dose of β-glucans for fermented milk products is in the range of 0,1–0,5 %, for cheeses and cheese-like products — 0,2–1,4 %, for ice cream and frozen desserts — 0,5–2,0 %. The advantage of apple pomace is the simultaneous high content of dietary fiber and antioxidant compounds. The introduction of dry pomace powder into the formulation of yogurt and fermented milk products at a dose of up to 3 % provides an improvement in technological parameters, an increase in syneresis and antioxidant properties of the product.

Key words: *dairy products, fortification, vitamin-mineral premix, β-glucans, apple pomace.*

Мониторинг питания различных групп населения России показывает, что избыточное потребление жиров и простых углеводов и, наоборот, недостаточное содержание в рационе пищевых волокон, витаминов (D, группы B, каротиноиды) и ряда минеральных веществ (кальций, магний, йод и др.) продолжает оставаться нерешенной проблемой [1]. Для устранения выявленных дефицитов в питании используют технологическое обогащение, в ходе которого вносят недостающие пищевые вещества в продукцию при ее изготовлении. Эффективность такого подхода зависит от правильного выбора продукции для обогащения, а также степени охвата населения, которое включает этот продукт в свой рацион, и частоты его употребления. Всем перечисленным критериям отвечает молочная продукция [2]. Основная задача обогащения пищевых продуктов массового потребления — устранение причин алиментарно-зависимых заболеваний.

Цель исследования — анализ современных подходов к обогащению молочной продукции недостающими в рационе пищевыми веществами — комплексом микронутриентов и пищевыми волокнами. Обзор литературы за последние годы осуществляли по базам данных РИНЦ, Pubmed, а также в системах Google Scholar и ResearchGate по ключевым словам: «молочные продукты», «обогащение», «витаминно-минеральный премикс», «β-глюканы», «яблочные выжимки», «dairy products», «fortification», «vitamin-mineral premix», «β-glucans», «apple pomace».

ОБОГАЩЕНИЕ МИКРОНУТРИЕНТАМИ

Физиологическое значение каждого из эссенциальных микронутриентов (витаминов и минеральных веществ) достаточно хорошо известно. Установлены критерии нормальной и оптимальной обеспеченности организма, а также имеются результаты оценки обеспеченности разных групп населения микронутриентами. Эти данные делают обоснованным выбор и дополнительное внесение эссенциальных микронутриентов в состав молочной продукции.

Эффективность обогащенного продукта определяется его способностью восполнить недостаточное потребление микронутриентов с рационом и в конечном итоге улучшить обеспеченность организма. В свою очередь эти параметры зависят от дозы вносимых микронутриентов, поскольку чем выше доза витамина, тем быстрее происходит улучшение витаминного статуса [3]. Доза вносимых микронутриентов в усредненной суточной порции должна составлять от 15 до 50 % от нормы физиологической потребности организма или рекомендуемого суточного потребления (РНП) конкретного витамина и (или) минерального вещества (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», МР 2.3.1.0253–21). В порции функционального пищевого продукта может содержаться от 15 до 100 % от РНП (ГОСТ Р 52349–2005, ГОСТ Р 54059–2010, ГОСТ Р 55577–2013), а в специализированных пищевых продуктах — от 15 до 300 % от РНП [4].

Поскольку население нашей страны имеет множественную микронутриентную недостаточность, т. е. одновременный недостаток сразу нескольких витаминов и минеральных веществ, а микронутриенты в организме взаимодействуют между собой, участвуя в превращении витаминов в активные формы, целесообразно проводить обогащение комплексом микронутриентов [5]. Для этих целей удобно использовать премиксы — готовые гомогенные смеси витаминов и (или) минеральных веществ. Согласно ГОСТ Р 58040–2017 витаминно-минеральные комплексы — премиксы, предназначенные для использования в пищевой промышленности, получили наименование ВМК премиксы. В документе сформулированы общие требования к использованию различных групп витаминно-минеральных комплексов (ВМК) — смесей витаминов и (или) минеральных веществ, изготовленных на основе вещества-носителя, а также сведены все нормативные документы, регламентирующие композиционный состав, формы витаминов и минеральных веществ, разрешенные для обогащения микронутриентами пищевых продуктов массового потребления, специализированных и функциональных пищевых продуктов.

В литературе имеются доказательства эффективности использования в питании обогащенного молока. Потребление в течение 6 мес китайскими учащимися средней школы в возрасте 12–14 лет (n=159) по 1 стакану молока, обогащенного восьмью микронутриентами (витамины B_5, B_2, A, D и E в дозе 14–42 % от РНП; цинк, фосфор и кальций в дозе 14–21 % от РНП) приводило к уменьшению в 2,7 раза частоты дефицита витамина B_2 и железа. Также потребление такого молока достоверно ($p<0,001$) улучшало когнитивные способности и уменьшало тревожность при тестировании по сравнению с показателями детей (n=137), получавших необогащенное молоко [6]. Дети, потребляющие обогащенное молоко, имели достоверно более высокие баллы по математике, китайскому и английскому языкам, этике и физкультуре.

ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА

С растущим спросом на здоровое питание и низкокалорийные продукты (чаще всего из-за снижения массовой доли жира) актуальным является использование ингредиентов, способных имитировать органолептические свойства аналогов с высоким содержанием жира, а также улучшать физико-химические свойства молочных продуктов и продуктов на их основе. Критериям функционального пищевого ингредиента отвечают β-глюканы и яблочные выжимки, применяемые в качестве источника пищевых волокон, так как они имеют натуральное происхождение и выделяются из пищевых источников. Доказан их благоприятный эффект на функции организма.

БЕТА-ГЛЮКАНЫ

β-Глюканы — полисахариды, состоящие из мономерных единиц β-D-глюкозы, ковалентно связанных гликозидными связями в различных положениях, которые естественным образом содержатся в клеточных стенках злаков, дрожжей, морских водорослей, бактерий и грибов. Физико-химические, функциональные и технологические свойства β-глюканов зависят от источника происхождения [7]. β-Глюканы зерновых (овес, ячмень, пшеница и рис) обычно имеют 1,3–1,4-гликозидные связи без 1,6-связей или разветвлений, тогда как β-глюканы из пекарских дрожжей, съедобных грибов и бактерий имеют линейные (1,3) цепочки с длинными цепями разветвления 1,6. Функциональные свойства β-глюканов определяются длиной остова (степень полимеризации), соотношением связей 1,3:1,4 или связей 1,3:1,6 (степень ветвления), интервалом ветвления, размером боковой цепи и молекулярной массой.

Применение β-глюканов в пищевой промышленности обусловлено не только их положительным воздействием на здоровье потребителей, но и функциональными и технологическими свойствами, которые могут существенно улучшать потребительские качества пищевых продуктов.

Использование в пищевой промышленности β-глюкана из овса стало возможным после того, как EFSA в 2010 г. подтвердило, что его ежедневное потребление в количестве 3 г может снизить риск коронарных заболеваний и оказать положительное влияние на сердечно-сосудистую систему при условии соблюдения диеты с низким содержанием насыщенных жиров [8]. С 2011 г. в качестве нового пищевого ингредиента был признан β-глюкан, выделенный из дрожжей [9].

Особое внимание уделяется исследованию реологических свойств β-глюканов из-за их способности образовывать гели и повышать вязкость продуктов в процессе технологической обработки. Это может быть полезно для пищевых систем с низким содержанием жира.

Функции β-глюканов овса и ячменя осуществляются на двух уровнях. Технологические функции на уровне продукта заключаются в формировании текстуры, имитации вкуса молочного жира, повышении вязкости напитков и улучшении реологических характеристик. Биологические функции на уровне организма проявляются в снижении холестерина, положительном влиянии на деятельность желудочно-кишечного тракта и др. β-Глюканы из дрожжей и съедобных грибов обладают технологическими свойствами и оказывают выраженное положительное влияние на иммунную систему [7].

β-Глюканы применяются при изготовлении йогуртов и йогуртовых напитков, рассольных сыров и мороженого [7]. Разработка рецептур молочных напитков с β-глюканами требует системного подхода к определению рациональной дозы добавки. С одной стороны, введение в состав продукта пищевых волокон не должно ухудшать его потребительские качества, с другой — должно обеспечивать пользу для потребителей. В таблице 1 отражены описанные в литературе дозы β-глюканов различного происхождения, используемые при создании молочных продуктов.

Таблица 1

Дозы β-глюканов различного происхождения в рецептурах молочных и молокосодержащих продуктов [7, 10]

Продукт	Содержание β-глюканов, %	
	Зерновые культуры	Дрожжи
Шоколадное молоко (со стабилизатором)	3	–
Кефир, йогурт, кисломолочные продукты	0,6	–
Йогурт	0,3–2	0,3
Йогурт обезжиренный	–	0,2–1,5
Сыр рассольный	0,7 и 1,4	0,4
Творог	0,5	–
Сыр «Моцарелла» с низким содержанием жира	0,2	–
Мороженое (массовая доля жира 2,5 %)	0,5–1	1
Мороженое молочно-растительное нежирное	0,75–1	–
Мороженое нежирное	0,6	–

Преимущества овсяного β-глюкана заключаются в способности образовывать вторичную структуру пены в мороженом, предотвращать отделение свободной влаги при производстве кисломолочных продуктов и сыров и действовать как имитатор молочного жира в продуктах с низким содержанием жира. Овсяный β-глюкан в дозе 0,5 % придавал нежирному молочному мороженому (2 %) насыщенный сливочный вкус и повышал устойчивость к таянию, что приближает по вкусовым качествам этот вид замороженного десерта к аналогу 10 % жирности [10].

Превышение рекомендуемых диапазонов содержания β-глюканов может разрушить структуру продукта, придать ему нежелательный привкус или нехарактерную консистенцию и т. д. Это указывает на необходимость подбора концентраций β-глюканов в составе определенных видов молочных продуктов [7].

Включение в состав продукта компонента, обладающего функциональными свойствами, приводит к желанию производителей позиционировать такой продукт как полезный или обогащенный. Ежедневное потребление стакана кефира (200 мл) с содержанием 0,6 % β-глюкана зерновых обеспечит дополнительное поступление этого растворимого пищевого волокна в количестве 1,2 г, или примерно 60 % от адекватного уровня потребления [11]. При максимальном уровне внесения β-глюканов из овса в йогурт их потребление может достигнуть 2 г. С другой стороны, адекватный уровень потребления непосредственно β-глюканов составляет 200 мг, верхний допустимый уровень потребления в составе специализированной пищевой продукции — 1000 мг.

В соответствии с отечественной законодательной базой [11] β-глюканы не разделяются по происхождению. Однако, по литературным данным, действующая доза злаковых β-глюканов, обеспечивающая эффективность при метаболических нарушениях (уровень глюкозы, холестерина) и желудочно-кишечных функций, а также пробиотический эффект, находится в диапазоне от 1,5 до 8 г (чаще всего 4,5 г) [12]. Для незлаковых β-глюканов эффективная доза существенно меньше и составляет 20–750 мг [13]. В йогурты вносят от 0,3 до 1 % β-глюканов из съедобных грибов [7]. При таком уровне введения в рецептуру 100 г йогурта обеспечит поступление от 300 до 1000 мг β-глюканов. В результате при систематическом потреблении можно ожидать иммуномодулирующий эффект.

Таким образом, при обычном уровне внесения зерновых β-глюканов в рецептуры молочной продукции в большей степени реализуются их технологические функциональные свойства, а в случае такого же уровня внесения β-глюканов из дрожжей и грибов наряду с технологическим действием можно ожидать и позитивного влияния на иммунную систему человека. Проявление действия β-глюканов овса возможно только при максимальном уровне обогащения.

ЯБЛОЧНЫЕ ВЫЖИМКИ

Яблочные выжимки являются побочным продуктом при производстве сока. Они характеризуются высоким содержанием пищевых волокон и антиоксидантных соединений. Физико-химический состав сухих яблочных выжимок зависит от сорта яблок и способа высушивания. Обычно содержание пищевых волокон составляет 40–63 %, в том числе пектина — 23 %. Общее содержание полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту находится в диапазоне 289–840 мг, дубильных веществ в пересчете на танины — около 63 мг, флавоноидов в пересчете на кверцетин — примерно 246 мг [14]. Среди флавоноидов в яблочной кожуре в значительных количествах обнаруживаются катехин и эпикатехин, процианидины, хлоридзин и кверцетингликозид, а также гидроксибензойные и гидроксикоричные кислоты [15]. Это послужило основанием для введения термина «антиоксидантные пищевые волокна», поскольку они содержат значительное количество природных антиоксидантов, связанных с углеводной матрицей посредством ионных, ковалентных или водородных связей.

Присущие компоненту антиоксидантные и антирадикальные свойства оценивают по способности ингибировать окисление липидов, сопоставимой с 200 мг витамина Е, а также способности поглощать свободные радикалы в реакции с хромоген-радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH), эквивалентной 50 мг витамина Е [16]. Преимущества антиоксидантных пищевых волокон заключаются в том, что биоактивные соединения высвобожда-

Таблица 2

Влияние яблочной выжимки на технологические параметры и пищевую ценность молочной продукции [7, 17]

Продукт	Доза яблочной выжимки, %	Технологические параметры	Пищевая ценность
Йогурт и йогуртовые напитки	3	Увеличиваются вязкость, твердость, стабильность, цвет продукта ухудшается	Увеличивается антиоксидантная способность
Йогурт ацидофильный	2,5–10 (экстракт)	Улучшаются физические и сенсорные свойства	–
Йогурт	3,3	–	Увеличиваются содержание фенолов, антиоксидантная способность

ются из матрицы и всасываются в желудочно-кишечном тракте.

Яблочные выжимки используют в пищевой промышленности преимущественно в качестве альтернативного источника пищевых волокон и технологического ингредиента (табл. 2).

При производстве кисломолочных продуктов и йогуртов яблочные выжимки использовали в диапазоне от 3 до 10 % [18]. Оптимальное органолептическое восприятие продуктов достигнуто при добавлении 5 %.

Добавление муки из яблочных выжимок в количестве 1, 3 и 5 % сразу после введения лактобактерий, термофильных стрептококков и бифидобактерий показало, что в ходе ферментации количество пробиотических штаммов оставалось в пределах требуемого диапазона. В то же время синерезис обогащенных йогуртов был ускорен в 1,8 раза в сравнении с контрольным образцом. В экстрагированной из йогуртов сыворотке пропорционально количеству внесенных выжимок увеличивались содержание фенольных соединений и антирадикальная способность [17]. Благодаря влагоудерживающей способности и эмульгирующим свойствам добавленных яблочных выжимок в ходе хранения йогурта в течение 28 дней уменьшалось отделение сыворотки [14].

Что касается применения яблочных выжимок в качестве источника обогащающего ингредиента, то польза должна оцениваться, исходя из рекомендуемого или адекватного суточного потребления пищевых волокон и фенольных соединений. Однако очевидно, что во многих случаях при маркировке может быть указано, что продукт является источником пищевых волокон.

Возможности использования в молочной продукции в качестве технологической добавки или функциональных ингредиентов яблочной выжимки и β-глюканов еще далеко не исчерпаны. Судя по данным литературы, в настоящее время наблюдается возрождение идеи введения яблочных выжимок в пищевые продукты. При этом важно подчеркнуть, что использование яблочной выжимки может стать экологически и экономически выгодным решением для утилизации яблочных отходов, образующихся при промышленной переработке яблок. МП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Тутельян, В. А.*** *Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи/В. А. Тутельян [и др.]// Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 24–34. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10039*

2. ***Коденцова, В. М.*** *Обогащенные молочные продукты как перспективный носитель дефицитных микронутриентов в рационе россиян/В. М. Коденцова, Д. В. Рисник// Молочная промышленность. 2021. № 8. С. 58–61 DOI: 10.31515/1019-8946-2021-08-10-13*

3. ***Коденцова, В. М.*** *Обогащенные пищевые продукты для предотвращения множественной микронутриентной недостаточности у детей преддошкольного возраста/В. М. Коденцова, Д. В. Рисник// Трудный пациент. 2021. № 19 (1). С. 36–43. doi: 10.224412/2074-1005-2021-1-36-43*

4. ***Коденцова, В. М.*** *Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами/В. М. Коденцова [и др.]// Вопросы питания. 2010. № 79 (1). С. 23–33.*

5. ***Коденцова, В. М.*** *Микронутриентные метаболические сети и множественный дефицит микронутриентов: обоснование преимуществ витаминно-минеральных комплексов/В. М. Коденцова, Д. В. Рисник// Микроэлементы в медицине. 2020. № 21 (4). С. 3–20. DOI: 10.19112/2413-6174-2020-21-4-3-20*

6. ***Wang, X.*** *Micronutrient-fortified milk and academic performance among Chinese middle school students: a cluster-randomized controlled trial/X. Wang [et al.]// Nutrients. 2017. V. 9 (3). P. 226. doi: 10.3390/nu9030226*

7. ***Mykhalevych, A.*** *β-Glucan as a Techno-Functional Ingredient in Dairy and Milk-Based Products — Review/A. Mykhalevych [et al.]// Molecules. 2022. V. 27 (19). P. 6313. doi: 10.3390/molecules27196313*

8. ***EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies*** *(NDA) Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA J. 2010. V. 8. P. 1885. doi: 10.2903/j. efsa. 2010.1885.*

9. ***EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies*** *(NDA) Scientific Opinion on the safety of «yeast beta-glucans» as a Novel Food ingredient. EFSA J. 2011. V. 9. P. 2137. doi: 10.2903/j.efsa.2011.2137*

10. ***Buniowska-Olejnik, M.*** *Study of Water Freezing in Low-Fat Milky Ice Cream with Oat β-Glucan and Its Influence on Quality Indicators/M. Buniowska-Olejnik [et al.]// Molecules. 2023. V. 28 (7). P. 2924. doi: 10.3390/molecules28072924*

11. ***Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам****, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (Глава II. Раздел 1. Требования безопасности и пищевой ценности пищевой продукции), утверждены Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299.*

12. ***Коденцова, В. М.*** *Функциональные ингредиенты для специализированных пищевых продуктов: вопросы, требующие решения/В. М. Коденцова [и др.]// Медицинский алфавит. 2023. № (8). С. 8–13. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-8-8-13.*

13. ***Коденцова, В. М.*** *Разнообразие β-глюканов: свойства, адекватные и клинически эффективные дозы/В. М. Коденцова, Д. В. Рисник// Медицинский алфавит. 2022. № 16. С. 121–126. DOI: 10.336678/2078-5631-2022-16-121-126*

14. ***Popescu, L.*** *Impact of Apple Pomace Powder on the Bioactivity, and the Sensory and Textural Characteristics of Yogurt/L. Popescu [et al.]// Foods. 2022. V. 11 (22). P. 3565. doi: 10.3390/foods11223565*

15. ***Ribeiro, J. A.*** *Application of prebiotics in apple products and potential health benefits/J. A. Ribeiro [et al.]// J Food Sci Technol. 2022. V. 59 (4). P. 1249–1262. doi: 10.1007/s13197-021-05062-z*

16. ***Angulo-López, J. E.*** *Antioxidant Dietary Fiber Sourced from Agroindustrial Byproducts and Its Applications/J. E. Angulo-López [et al.]// Foods. 2023. V. 12. P. 159. doi: 10.3390/foods12010159*

17. ***Jovanović, M.*** *Bioactivity and sensory properties of probiotic yogurt fortified with apple pomace flour/M. Jovanović, [et al.]// Foods. 2020. V. 9 (6). P. 763. doi: 10.3390/foods9060763*

18. ***Iriondo-DeHond, M.*** *Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods/M. Iriondo-DeHond, E. Miguel, M. D. Del Castillo// Nutrients. 2018. V. 10 (10). P. 1358. doi: 10.3390/nu10101358*