



ПУТИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ БЕЛКОВ ГРУППЫ КОЛЛАГЕНА И ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Ю. Соколов

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
Москва, Россия

В статье представлены новые данные о структуре и свойствах биополимеров, формирующих основу побочного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности, а также сектора первичной обработки коллагенсодержащего сырья. С целью решения проблем отраслевого импортозамещения, анализа структуры и свойств сложных белков автором проведен краткий анализ конъюнктурной информации, представлены результаты изучения отдельных свойств белковых систем и даны рекомендации по развитию данной темы. Теоретические разработки могут использоваться для создания технологий пищевых добавок, заменителей липидных фракций, покрытий продуктов, продуктов с нетрадиционной структурой и свойствами, специализированного питания, включая добавки из группы спортивного питания. На наш взгляд, наиболее востребованными товарными позициями в ближайшее время будут среды, ингредиенты, продукты с высокой биологической активностью, биосовместимые или редактируемые гели, комбинированные гели, косметические средства, препараты для стимуляции роста и развития растений, животных, нано- и биоструктуры, полимеры с памятью формы для роботизированных конструкций и т. д. К сожалению, какого-либо систематизированного принципа создания актуальной базы знаний по отечественным и зарубежным продуктам данного сегмента не предложено, однако автор может рекомендовать теоретико-методологические подходы к организации производства белковых систем, контролю их качества, созданию баз данных, сайтов научной направленности.

Ключевые слова: проблема белка, особенности структуры и свойств биополимеров, белковые добавки и напитки, полимеры с памятью формы.

WAYS OF IMPORT-SUBSTITUTING PROTEINS OF COLLAGEN GROUP AND POSSIBILITIES OF EXPRESS-METHODS OF RESEARCH

Aleksandr Yu. Sokolov

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

The article provides new data concerning the structure and features of biopolymers that form the basis of by-product collagen-containing raw materials of meat processing industry and the sector of primary treatment of collagen-containing raw materials. In order to resolve the problem of import-substitution, analysis of the structure and features of complicated proteins the author analyzed briefly the economic situation, showed results of investigating certain properties of protein systems and put forward recommendations on the subject development. Theoretical findings can be used for the development of food additive technologies, lipid fraction substitutions, food toppings, food with non-conventional structure and properties, specialized nutrition, including additives of the sport group. According to the author, product groups in demand will include matters, ingredients, food with high biological activity, bio-compatible or modified gels, combined gels, cosmetic preparations, remedy for stimulating growth and development in plants, animals, nano- and bio-structures, polymers with shape memory meant for robotized constructions, etc. Unfortunately, there is no systemized principle for developing the necessary knowledge base for home or overseas products in this segment, however, the author can recommend theoretical and methodological approaches to protein system production, control over their quality, database and academic site development.

Keywords: protein problem, specific features of the structure and properties of biopolymers, protein additives and drinks, polymer with shape memory.

С целью решения общей проблемы белка, создания отечественных инновационных технологий необходимы прогрессивные решения для оптимального использования белковых ресурсов в индустрии питания [5; 6]. В нашей стране проблема белкового питания решается давно, при этом были серьезные успехи, однако в период с 2014 по 2023 г. назрела острая необходимость отраслевого импортозамещения, в частности, для внедрения как технологий, так и отечественных белковых добавок специализированного назначения, в том числе препаратов для спортивного питания взамен импортных (из Великобритании, Китая, Франции, Швеции), которыми наводнен рынок России.

Анализ вторичных маркетинговых данных (Yandex, Yandex.Word Stat, Google, Google Analytics и др.) свидетельствует, что на рынке преобладает продукция следующего назначения:

- косметическая, средства гигиены;
- белковые добавки из группы стабилизирующих мясные и другие продукты питания;
- специализированные продукты питания, реализуемые через магазины здорового питания, спортивные торговые точки, аптечные сети и т. д.;
- ветеринарные препараты;
- медицинские материалы: губки, матрицы, нити, биорезорбируемые компоненты;
- продукты для аналитической, препаративной химии, а именно сорбенты определенного вида, вспомогательные средства для хроматографии и т. п.

Развивая предложенную классификацию, можно представить и формы новых субстанций на основе белков из группы волокнообразующих:

- активированные среды;
- биоактивные вещества (белки, пептиды, волокна и др.);
- белки (как пищевые добавки, ингредиенты, парафармацевтические препараты);

- биосовместимые/редактируемые гидрогели;
- гидролизаты (химические, ферментные, комбинированные обработки);
- гидролизаты белка, оптимизирующие качество растительного сырья в условиях холодильного хранения [3];
- комбинированные золи и гели (на основе белков, клетчатки, гидроколлоидов);
- наноструктуры, наноконструкции, наноконплексы, фибриллы;
- полимеры с памятью формы для создания покровов роботизированных комплексов;
- скаффолды – каркасы для стимулирования роста клеток и тканей;
- стабилизирующие системы – протеины, клетчатка, гидроколлоиды, их смеси;
- покрытия для продуктов питания;
- смеси белковые композитные сухие.

Анализ разрабатываемых в России и мире субстанций функциональной направленности [1] предопределил выбор собственных объектов исследований, а именно коллагенсодержащего сырья, белковых препаратов, полученных лабораторным способом, и специализированных продуктов (сухих композитов) для спортивного и фитнес-питания, представленных в сетевых магазинах.

Коллагенсодержащее сырье было представлено продуктами переработки свинины – кожным покровом свиней и отходами (кусками), получаемыми путем контурирования шкур на мясокомбинатах или заготовительных пунктах. Предварительно сырье мездрили на машине типа ММ или иностранных моделей, разрезали на куски 50 мм², обрабатывали в гидролизующей среде, позволяющей химически трансформировать структуру сложных биополимеров, удалить эпидермис, корни щетины и т. д.

Далее необходим синтез новых белковых препаратов с целью их перевода в товарный продукт для получения ингредиентов, функционального и/или спортивного питания. Такой синтез направлен

прежде всего на обеспечение функциональности продуктов, а именно обогащение белком животного происхождения.

Процессы получения товарного белкового продукта включают сушку, в том числе сублимационную вакуумную, до достижения остаточной влаги на уровне 1,5–2,0%, измельчение методом растирания до состояния волокон или порошков, контроль качества, непосредственное введение в пищевую систему, например, мясной фарш, или упаковывание в крафт- или по-

лимерные пакеты, банки и др., удобные для хранения, транспортирования, выкладки и т. п.

В качестве базы для сравнения собственных разработок использованы коммерческие образцы коллагенсодержащих продуктов. На рис. 1 представлены фото различных препаратов и продукции с включением гидролизатов коллагена. Принципиальные различия связаны с формой препаратов, дозировкой целевого ингредиента, его типом (I, II, III и т. д.).



Рис. 1. Ассортимент пищевых добавок и продуктов, обогащенных гидролизатами коллагена: а – коллагены в виде порошка и напитка; б – напиток коллагеновый с глюкозамин сульфатом и витамином С; в – батончики спортивные; г – аптечные препараты коллагенов, дифференцированные по типам

В западных странах развивается концепция коллагеновой диеты. При разработке препаратов коллагены дифференцируют по типам с целью обоснования их функционального действия на конкретные органы и ткани (кожный покров, хрящи, связки, сухожилия, сосуды, эндомизий и т. п.). В нашей стране такие зарубежные препараты получили определенное распространение. При этом стали появляться и продукты, созданные отечественными специалистами [2; 7].

Обращает на себя внимание высокая стоимость препаратов коллагена, составляющая 1–3 тыс. рублей за баночку массой в диапазоне 50–200 г.

По данным Министерства здравоохранения Российской Федерации, сегодня непростая ситуация сложилась с обеспечением потребителей продуктами функционального назначения при их потенциальной востребованности. Уже отмечено, что

основной сегмент продуктов специализированного питания производят зарубежные компании или их филиалы на территории Российской Федерации. В России представлены такие функциональные продукты, как кисломолочные продукты, хлебобулочные изделия, напитки, готовые завтраки, кондитерские товары, что отражено в государственной политике в области производства функциональных и специализированных пищевых продуктов. Вместе с тем меньше продуктов, разработанных на мясной основе, на базе белков и т. п.

Для достижения целей технологического суверенитета Российской Федерации в отечественных исследованиях сложилось практическое направление получения различных гидролизатов биополимеров, растворов пептидов, аминокислот, в частности в виде стимуляторов роста и развития для биологических объектов [6]. Многие науч-

но-производственные компании освоили производство добавок, напитков функционального назначения, например, линейки добавок и напитков с гидролизатами коллагенов с различными дополнительными функциональными ингредиентами растительного и животного происхождения. Добавками являются глюкозамины, витамины, в частности витамин С, экстракты босвеллии или ладана, препараты инулина в качестве пребиотика [2] и ряд других. Однако далеко не все компоненты производят в нашей стране.

Какие процессы положены в основу переработки сырьевых ресурсов животного белка для выработки указанных выше субстанций? Прежде всего это гидролиз, модификация гидролизатов, их стабилизация, эмульгирование. Однако для выбора рациональных способов переработки необходимо исследование малоизученных свойств объектов, включая структурные, теплофизические, некоторые химические и т. п.

В результате изучения теплофизических свойств белков можно решить проблему увеличения термостабильности коллагенсодержащих материалов, например, путем процессов кросслинкинганнирования, дублирования, применяемых в разных отраслях промышленности. Возникает и другая задача – необходимости диспергирования сырья с целью получения однородных, относительно стабильных при хранении дисперсий, в том числе пищевого назначения.

В частности, анализ термодеструкций показал вариации структур протеиноидов в кожевенном сырье и происходящие в них изменения в процессах выработки кож, включая и этап дублирования. Однако в дублировании основная задача – увеличить термостойкость кожевенного сырья, повысить температуру сваривания. Обычно повышение физико-химических свойств кожи достигается более эффективными веществами-дубителями, поиском новых химических агентов для этих целей. Сходные по физикохимии процес-

сы наблюдаются при копчении мясных продуктов, поддубливании колбасных оболочек и т. п. К сожалению, объем статьи не позволяет затронуть все интересующие научные вопросы стабилизации структуры и свойств продуктов из группы коллагенсодержащих.

В решении проблем исследований белков, поиска путей их оптимального использования значимую роль играет *методологическое обеспечение*, прежде всего методы анализа белковых фракций. Методы исследований достаточно обширны, однако на практике выбирают, как правило, экспрессные, позволяющие сэкономить время.

По нашему мнению, на современном этапе *развитие физико-химических методов* идет по пути автоматизации, цифровизации и придания способам анализа пищевых систем характера экспрессных с целью летучего, ускоренного контроля качества разрабатываемых систем, экономии силы и времени.

В зарубежных исследованиях акцент делается на анализе типов белковых структур внеклеточного матрикса [4]. Например, предлагаются рациональные способы их использования исходя из специфики типов белков группы коллагена наиболее распространенных типов.

Сегодня неполностью установлено, как меняются тонкая структура и коллоидные свойства соединительнотканых белков в технологических процессах, применяемых в производстве материалов пищевого и непищевого назначения. Очевидно, что здесь необходимы современные исследовательские методы.

Получили развитие физические методы, в том числе термодинамики. Исследование денатурации белков осуществляют, как правило, методами поляриметрии и калориметрии. Исследования на примере коллагена I типа выполнены в ИТЭБ РАН, город Пущино [4]. Эти методы находятся на стыке областей знаний (теплофизики, оптики и т. д.). В результате были получены теплофизические характеристики, поз-

волившие выявить особенности тепловой денатурации белковых структур и, следовательно, пути ее предотвращения с целью сохранения природных функциональных свойств, повышения структурной стабильности и т. д.

В основу разработки и апробации нового экспериментального метода положены референтные методики, свойства стандартных веществ и т. д. В связи с этим апробирован поляриметрический метод

испытаний растворов белков – стандартного желатина, а также использован современный прибор поляриметр.

На рис. 2 представлена схема методов анализа белков, включая и пищевые системы. Не вдаваясь в подробности методологии, следует отметить перспективность автоматизированных экспресс-методов, особенно значимых для производственных лабораторий, летучего контроля.



Рис. 2. Методы анализа белков

Анализ препаратов позволяет определить особенности действующего начала, тип коллагена, спектры его действия (кожный покров, суставы, связки, другие ткани аппарата движения, продукты переработки белков разных групп).

Весьма важно изучение специфики химических взаимодействий, о которых говорится в основном в контексте обоснования новых способов обработки сырья. В частности, для контроля за содержанием растворенного белка был апробирован по-

ляриметрический метод с использованием поляриметра KRÜSS серии P 3000, предназначенного для измерения угла оптического вращения оптически активных веществ. Известно, что некоторые белки проявляют оптическую активность, поэтому представляет интерес испытание растворов белка (желатин марки Dr. Vakers 220 блюм) при стандартном разведении (10 г порошка желатина на 0,5 л воды) и в серии последовательных разбавлений с коэффициентами 2, 3, 4 (таблица).

Результаты измерений методом поляриметрии (KRÜSS P 3000)
для растворов желатина

Коэффициент разведения пробы	Угол оптического вращения, градус			Концентрация С, рассчитанная с учетом коэффициентов разведения, %
	1-я серия	2-я серия	Среднее	
1	-2,790	-2,650	-2,720	2
2	-1,525	-1,510	-1,520	1
3	-1,090	-0,910	-1,000	0,5
4	-0,910	-0,630	-0,770	0,25

На графике (рис. 3) представлены результаты исследований методом поляриметрии растворов желатина в разных кон-

центрациях. Данные практически точно описываются полиномиальными трендами ($R^2 = 1$).

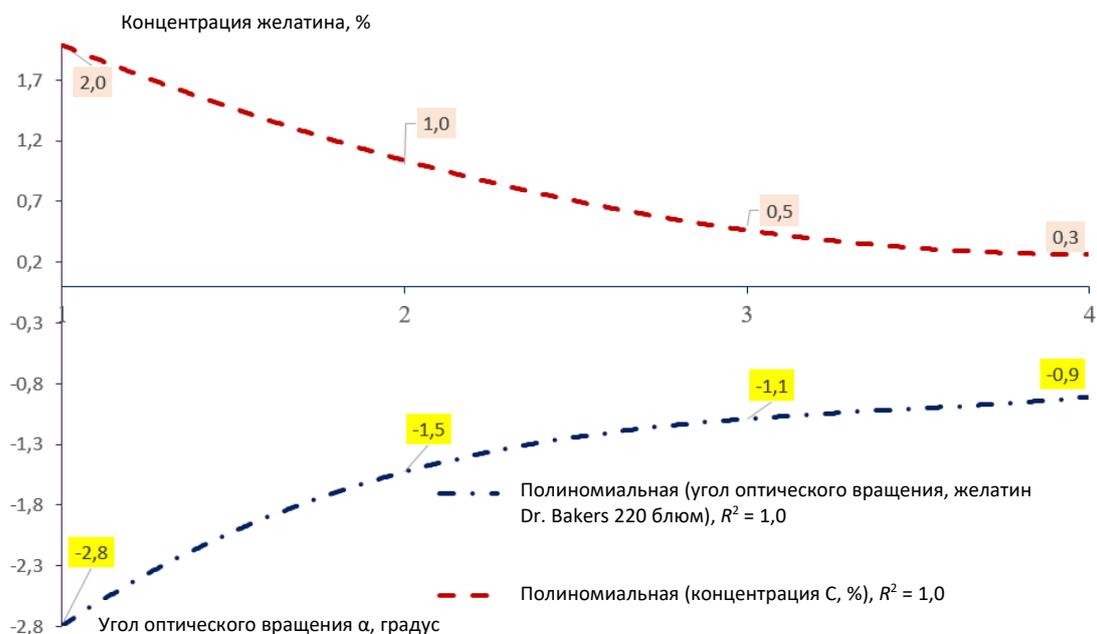


Рис. 3. Зависимость угла оптического вращения от концентрации раствора желатина пищевого назначения

Исходя из анализа результатов апробации современного метода, появятся возможности измерять показатели качества диспергируемых белковых систем (мясные, структурообразующие, нано-, пищевые добавки, специализированные и т. п.) по принципу экспресс-контроля не только в лабораториях, но и непосредственно на производстве, в цехах, мобильных лабора-

ториях, которым доступны современные технические средства, включенные в программы производственного контроля.

В заключение можно дать следующие рекомендации:

1. Целесообразно сформировать отраслевую программу грантовой поддержки разработок белковых систем, которую можно создать на уровне профильных ми-

нистерств и агентств, и распространить ее по заинтересованным вузам, НИИ, предприятиям.

2. Изучить прежде всего отечественный передовой опыт создания технологий белковых систем, стабилизирующих компонентов для применения в пищевой промышленности, индустрии питания, секторе спортивного питания.

3. Провести отбор наиболее значимых и эффективных технологий с целью созда-

ния единого технологического подхода, что целесообразно для целей дальнейшего развития технологических инноваций и их продвижения.

4. Взять за методологическую основу предложенные принципы разработки физико-химических способов испытаний для включения в программы производственного контроля предприятий и лабораторных центров.

Список литературы

1. *Бобренева И. В.* Функциональные продукты питания и их разработка : монография. – СПб. : Лань, 2019.
2. Коллаген гидролизированный с витамином (200 г). – URL: <https://vkusvill.ru/search/?type=products&q=коллаген>
3. *Мурашев С. В.* Теоретическое и экспериментальное исследование регулирующего действия гидролизата коллагена на формирование и холодильное хранение растительного сырья : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2006.
4. *Николаева Т. И.* Исследования фибриллогенеза коллагена типа 1 in vitro : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Пушкино, 2004.
5. *Соколов А. Ю.* Отечественные разработки белковых систем типа «коллаген» для решения задач отраслевого импортозамещения // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – № 1. – С. 200–211.
6. *Соколов А. Ю.* Развитие бренда «Коллаген»: разработки и внедрение // Церевитиновские чтения – 2023 : материалы IX Международной научно-практической конференции. – М., 2023. – С. 239–242.
7. *Тутельян В. А., Никитюк Д. Б., Погожева А. В.* Спортивное питание: от теории к практике. – М. : ТД «ДЕЛИ», 2020.
8. *Bosman F. T., Stamenkovic I.* Functional Structure and Composition of the Extracellular Matrix // Pathology. – 2003. – Vol. 200. – N 4. – P. 423–428.
9. *Marggrander K.* Collagenous Proteins as Excipients for the Gelatin Sent of the Technological and Sensory Properties of Meat Products and Ready Meals // Fluschwirtschaft. – 1996. – Vol. 76. – N 7. – P. 725–726.

References

1. Bobreneva I. V. Funktsionalnye produkty pitaniya i ikh razrabotka: monografiya [Functional Foods and Their Development: monograph]. Saint Petersburg, Lan, 2019. (In Russ.).
2. Kollagen gidrolizovanny s vitaminom (200 g) [Collagen Hydrolyzed with Vitamin (200g)]. (In Russ.). Available at: <https://vkusvill.ru/search/?type=products&q=kollagen>
3. Murashev S. V. Teoreticheskoe i eksperimentalnoe issledovanie reguliruyushchego deystviya gidrolizata kollagena na formirovanie i kholodilnoe khranenie rastitelnogo syrya. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk [Theoretical and Experimental Investigation of Regulating Effect of Collagen Hydrolyzate on Shaping and Cold Storage of Vegetable Raw Materials]. Saint Petersburg, 2006. (In Russ.).

4. Nikolaeva T. I. Issledovaniya fibrillogeneza kollagena tipa 1 in vitro. Avtoref. dis. kand. biol. nauk [Researching Collagen Fibrillogenesis Type 1 Invitro. PhD biol. sci. abstract of the diss.]. Pushchino, 2004. (In Russ.).
5. Sokolov A. Yu. Otechestvennye razrabotki belkovykh sistem tipa «kollagen» dlya resheniya zadach otraslevogo importozameshcheniya [Home Development of Protein Systems of 'Collagen' Type to Resolve Problems of Industry Import-Substitution]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyrya* [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], 2023, No. 1, pp. 200–211. (In Russ.).
6. Sokolov A. Yu. Razvitie brenda «Kollagen»: razrabotki i vnedrenie [Developing 'Collagen' Brand: Development and Introduction]. *Tserevitinovskie chteniya – 2023: materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Cerevitin Readings – 2023: materials of the 9th International Conference]. Moscow, 2023, pp. 239–242. (In Russ.).
7. Tutelyan V. A., Nikityuk D. B., Pogozeva A. V. Sportivnoe pitanie: ot teorii k praktike [Sport Nutrition: from Theory to Practice]. Moscow, TD «DELI», 2020. (In Russ.).
8. Bosman F. T., Stamenkovic I. Functional Structure and Composition of the Extracellular Matrix. *Pathology*, 2003, Vol. 200, No. 4, pp. 423–428.
9. Marggrander K. Collagenous Proteins as Excipients for the Gelatin Sent of the Technological and Sensory Properties of Meat Products and Ready Meals. *Fluschwirtschaft*, 1996, Vol. 76, No. 7, pp. 725–726.

Сведения об авторе

Александр Юрьевич Соколов

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры пищевых технологий
и биоинженерии РЭУ им. Г. В. Плеханова.
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет имени Г. В. Плеханова»,
109992, Москва, Стремянный пер., д. 36.
E-mail: Sokolov.AY@rea.ru
ORCID: 0000-0002-5433-6429

Information about the author

Aleksandr Yu. Sokolov

PhD, Assistant Professor, Assistant Professor
of the Department for Food Technologies
and Bioengineering of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian University
of Economics, 36 Stremyanny Lane,
Moscow, 109992, Russian Federation.
E-mail: Sokolov.AY@rea.ru
ORCID: 0000-0002-5433-6429