

УДК 637.1

DOI: 10.31208/2618-7353-2019-6-9-15

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОРЫВ
АГРАРНО-ПИЩЕВЫХ ИННОВАЦИЙ МОЛОЧНОГО ДЕЛА
НА ПРИМЕРЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕЛЬХОЗСЫРЬЯ**

Гидролизаты белков

**TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH
THE AGRI-FOOD INNOVATION DAIRY CASE
FOR EXAMPLE, A UNIVERSAL AGRICULTURAL RAW MATERIALS**

Hydrolysates of proteins

Храмцов А.Г., доктор технических наук, профессор, академик РАН

Khramtsov A.G., doctor of technical sciences, professor, academician of RAS

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

North-Caucasus federal university, Stavropol

Продолжение статьи, напечатанной в № 1(5) за 2019 г.

Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, договор МОН 03.G25.31.0241.

В статье на системном уровне, ретроспективно освещены инновационные технологии направленного и управляемого синтеза производных белкового кластера молочной сыворотки с получением товарных пептидов и аминокислотного пула – натурального и регулируемого составов. Рассмотрен белковый комплекс молочной сыворотки в плане полиморфности и специфичности. Показаны результаты научно-практических исследований ВНИИМС по гидролизу термически осажденных белков молочной сыворотки. Изложены результаты исследований Круглик В.И. по формированию гидролизатов белков молочного сырья для продуктов детского питания. Обоснована постановка исследований КемТИПП (н/в КемГУ) по получению пептидов и аминокислотного пула с регулированием содержания фенилаланина. Представлена парадигма системного исследования научной школы «Живые Системы» СКФУ по химическому и ферментативному гидролизу белков молочной сыворотки и ее ультрафильтратов.

The article at the system level, retrospectively highlights the innovative technologies of directed and controlled synthesis of derivatives of whey protein cluster to produce commercial peptides and amino acid pool-natural and regulated compositions. The protein complex of whey in terms of polymorphism and specificity is considered. The results of scientific and practical research of VNIIMS on hydrolysis of thermally precipitated whey proteins are shown. The results of research Kruglik V.I. on the formation of protein hydrolysates of dairy raw materials for baby food. The formulation of studies Kemtipp (n/a KemGU) to obtain peptides and amino acid pool with regulation

of phenylalanine. The paradigm of system research of the scientific school «Living Systems» of NCFU on chemical and enzymatic hydrolysis of whey proteins and its ultrafiltrates is presented.

Ключевые слова: гидролизаты белков, технологический прорыв, ферментативный гидролиз, гидрофильность, гидролиз белкового кластера, фракталы, лактоферрин, остеопонтин, лактоглобулин, лактоальбумин, сывороточный альбумин, иммуноглобулины.

Key words: hydrolysates of proteins, technological breakthrough, enzymatic hydrolysis, hydrophilicity, the hydrolysis of the protein cluster, fractals, lactoferrin, osteopontin, lactoglobulin, lactoalbumin, serum albumin, immunoglobulins.

В соответствии с заявленными ранее и опубликованными логистическими положениями инновационных приоритетов Технологического Прорыва в молочной отрасли пищевой индустрии АПК [1] рассмотрим кластеры белкового комплекса молочной сыворотки в плане получения их производных на примере гидролизатов – пептидов и аминокислот с регулируемым составом.

При этом необходимо констатировать, что гидролизаты казеина известны давно и масштабированы в виде медицинских препаратов. А естественный гидролиз мицелл казеина и, в некоторой степени, сывороточных белков в формате протеолиза имеет место быть при производстве всех видов натуральных сыров и частично творога [10] – продуктов функционального назначения. Тема в целом настолько проблематична и обширна, что ее изложение требует специфического подхода – краткой информации с обобщениями и ссылкой на литературные источники (информационный файл для заинтересованных).

Белковый комплекс молочной сыворотки, например, за счет наличия κ -казеина и так называемой «сырной пыли» специфичен [2]. Он требует нетрадиционного подхода и возможно специальной терминологии (не путать с молоком). Белки молочной сыворотки полиморфны, что хорошо видно на хроматограмме (рисунок 1), их состав уникален (таблица 1), а реоморфность бесподобна (рисунок 2). Они имеют четкий наноразмер – на уровне 10 нм, что формирует, наряду с лактозой, истинно растворимую систему молока (молочную сыворотку и ультрафильтраты).

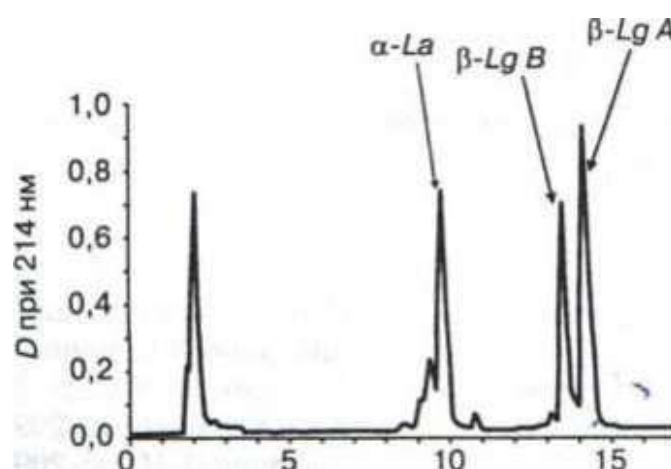


Рисунок 1 – Хроматограмма сывороточных белков молочной сыворотки

Лактоглобулин (β -LG) – основной белок молочной сыворотки, неоднороден по составу. Он представлен несколькими генетическими вариантами: А, В, С, Д, Е, F, G, отличающимися по аминокислотному составу. Их содержание составляет 50-60% от общего наличия сывороточных белков.

Таблица 1 – Характеристика сывороточных белков молочной сыворотки

| Наименование фракции | Содержание, % | Молекулярная масса |
|----------------------------|---------------|--------------------|
| β -лактоглобулин | 0,32 | 18400 |
| α -лактоальбумин | 0,12 | 14000 |
| Протеозо-пептонная фракция | 0,12 | от 10000 до 200000 |
| Иммуноглобулины | 0,09 | 160000 |
| Сывороточный альбумин | 0,03 | 70000 |
| Лактоферрин | 0,02 | 93000 |
| L-карнитин | 0,03 | |
| Остеопонтин | следы | |
| Всего | 0,73 | – |

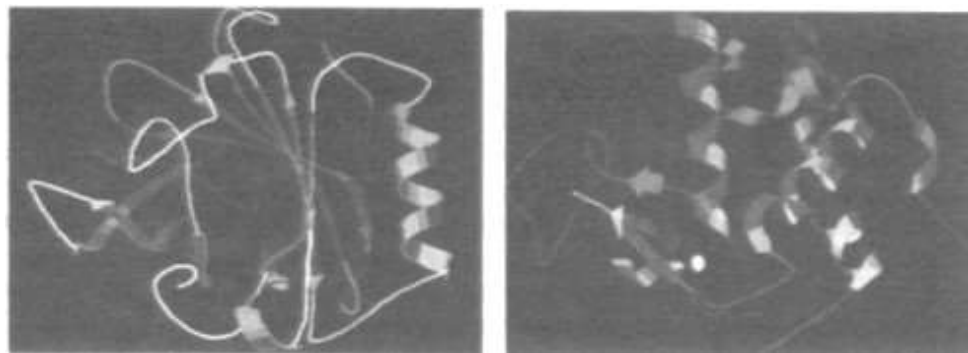
Лактоальбумин (α -La) – второй по значимости сывороточный белок, представлен генетическими вариантами А и В.

Иммуноглобулины (IgG) – неоднородная группа белков-гликопротеидов мономеров и полимеров IgG1, IgG2, IgA, IgM.

Сывороточный альбумин (Sa) представлен полипептидной цепочкой, свёрнутой в четыре связанных дисульфидными нитями глобулярных сегмента неравных белков.

Лактоферрин – железосодержащий белок, как и трансферрин, крови.

Остеопонтин (OPN) – мультифункциональный белок, обнаружен недавно, играет важную роль в обеспечении иммунного статуса новорождённых.



β -лактоглобулина α -лактоальбумина

Рисунок 2 – Молекулярные структуры некоторых белков молочной сыворотки

Все фракции сывороточных белков имеют малые размеры, высокую гидрофильность, чем и объясняется их большая устойчивость в растворе. В отличие от казеина сывороточные белки не образуют мицелл, не коагулируют под действием ферментов, не осаждаются при подкислении молока. Для реализации этого процесса необходимо тепловое воздействие (денатурация). Сывороточные белки имеют сравнительно небольшую молекулярную массу – от 14000 до 69000 дальтон. Белковый комплекс молочной сыворотки в плане выделения достаточно полно изучен и реализован на практике. Традиции – тепловая денатурация; новации – мембранные технологии; супертехнологии – микропартикуляция (нанотрубки).

Гидролиз белкового кластера (фракталы) [7] молочной сыворотки и ее отдельных фракций (сывороточных белков молока) имеет особое значение в медико-биологическом аспекте – для детского, диетического и лечебного питания. Сывороточные белки молочной сыворотки характеризуются высокими показателями биологической ценности (аминокислотный скор, индекс незаменимых аминокислот) и функционально-технологическими свойствами, обуславливающими их востребованность при производстве многокомпонентных продуктов на основе пищевых дисперсных систем. Следует обратить внимание на особую роль природных (содержащихся в молочном сырье, в т.ч. подсырной и

творожной сыворотках) и целенаправленно синтезируемых пептидов (пока единицы) и аминокислот (от десятков до сотен). Например, экзоморфины – болеутоляющие препараты. Они регулируют общий гормональный фон млекопитающих, особенно детенышей (нет плача). А бета-казоморфины являются прекрасными иммуномодуляторами. «Молочные пептиды» повышают фагоцитарную активность некоторых бактерий ЖКТ, обеспечивая устойчивость организма к инфекционным болезням. Например, синтезированный недавно ИХБФМ СО РАН аналог низкомолекулярного пептида женского молока *лактоптин* обладает противоопухолевой, антиметастатической активностью и абсолютно безопасен. Эту же роль, в плане кровеносных сосудов, ран и ожогов, выполняет ангиогенин (Милканг). Аминокислотный пул натуральный и регулируемый, например, по фенилаланину, является уникальным препаратом для диетотерапии и лечебного питания.

В общем виде процесс гидролиза макромолекул белков молочной сыворотки, с точки зрения Бионики, может быть представлен как этапный переход от четвертичной структуры к пептидам и аминокислотам, показан схематично ниже (рисунок 3).

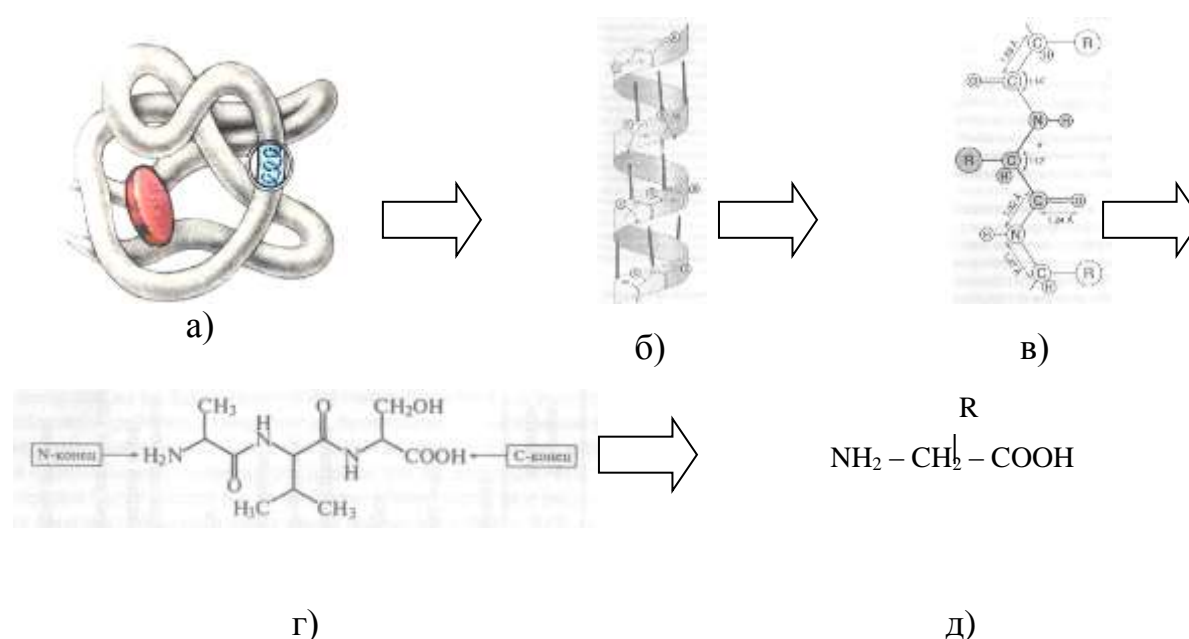


Рисунок 3 – Логистическая схема превращения структур макромолекул белков молочной сыворотки в их производные: а – третичная; б – вторичная; в – первичная; г – пептиды; д – свободные аминокислоты

Технология гидролизатов термически осаждаемых сывороточных белков в научно-практическом плане системно проработана во ВНИИМС академиком РАН Свириденко Ю.Я. с сотрудниками [6]. Результаты исследований реализованы в линейке продуктов с гидролизованными сывороточными белками: концентрат ферментативно модифицированных сывороточных белков (КФМБС), лактопептон сухой для бактериологических целей, гидролизат сывороточных белков молока (ГСБМ) для питательных сред тканевых культур, гидролизат сывороточных белков молока лечебно-профилактического назначения «Амилакт».

Докторант Круглик В.И. [3] провёл системные исследования по установлению закономерностей гидролиза комплекса белков молока и, в частности, сывороточных под действием протеолитических препаратов «Панкреатин», «Флавоэнзим», двухферментных систем, а также процессов фракционирования и очистки гидролизатов молочных белков от балластных веществ методами мембранной фильтрации и адсорбционной хроматографии. Оптимизированные параметры процессов использованы при разработке технологии линейки ферментативных гидролизатов молочных белков (ФГМБ):

- ФГМБ-1 – для продуктов энтерального питания (полуэлементных смесей);
- ФГМБ-2 – для гипоаллергенных продуктов лечебно-профилактической направленности;
- ФГМБ-3 – для гипоаллергенных продуктов лечебного назначения;
- ФГМБ-4 – для питания больных фенилкетонурией.

С использованием концентратов ФГМБ разработаны технологии специализированных продуктов с оригинальными брендами «НУТРИЛАК», «НУТРИЭН» и «НУТРИГЕН».

В системном виде проблема гидролиза белкового комплекса молочного сырья была изучена в творческом коллективе проф. Просекова А.Ю. (КемТИПП, н/в КемГУ) докторантом Бабич О.О. [11].

В качестве сырья для получения ферментативных гидролизатов пищевого и медицинского назначения рекомендуется использовать концентраты сывороточных белков молока с различной массовой долей сухих веществ, получаемых методом ультрафильтрации. Использование метода ультрафильтрации для фракционирования молочного сырья позволяет выделить и сконцентрировать белковый комплекс молочной сыворотки в нативном состоянии.

На первом этапе направленного и управляемого гидролиза белков молочной сыворотки в качестве товарного продукта получают **пептидные фракции**. Проведенные Бабич О.О. целенаправленные исследования по актуальной проблематике позволили установить основные закономерности процесса гидролиза белков молока с получением биологически активных пептидов для продуктов специализированного питания. На этой же научной парадигме проведены системные исследования по получению гидролизатов сывороточных белков с регулируемым аминокислотным пулом [3]. Масштабирование результатов исследований Бабич О.О. позволяет надеяться на реальное импортозамещение отечественными препаратами [8, 9, 11].

В нашем творческом коллективе ведущей научной школы федерального уровня «Живые Системы» при СКФУ в рамках реализации концепции получения пребиотических концентратов на основе молочной сыворотки с регулируемым углеводным, аминокислотным и минеральным составом Лодыгиным А.Д. [5] был осуществлен комплекс исследований химического (щелочного) и направленного ферментативного гидролиза сывороточных белков. Изучение закономерностей **химического гидролиза** сывороточных белков в процессе изомеризации лактозы в лактулозу в молочном белково-углеводном сырье при значениях рН реакционной среды 10,5-11,0 представляет значительный интерес с точки зрения дополнительного обогащения бифидогенных концентратов низкомолекулярными формами аминного азота, доступными для ассимиляции бифидобактериями в качестве основного источника азотного питания. Для проведения **ферментативного гидролиза**, применительно к технологии бифидогенных концентратов и концентратов сывороточных белков, рекомендовано использование препаратов панкреатина. Данные препараты допущены к применению в пищевой промышленности, относительно дешевы и доступны, обеспечивают высокий выход аминного азота [3, 4].

В целом краткая информация по актуальной проблеме молочной отрасли пищевой индустрии АПК – направленный и управляемый гидролиз белкового кластера молочной сыворотки – позволяет не только обозначить её значимость, но и показать возможность Технологического Прорыва для продолжения исследований и масштабирования.

Библиографический список

1. Горлов, И.Ф. Инновационные аграрно-пищевые технологии, как основа развития АПК России / И.Ф. Горлов // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 1 (1) . – С. 7-12.
2. Ельчанинов, В.В. Некоторые технологические аспекты получения сывороточных белков коровьего молока. Основные стратегии группового разделения сывороточных белков и казеинов / В.В. Ельчанинов, А.Д. Коваль, А.Н. Белов // Молочная промышленность. – 2015. – № 2. – С. 40-41.

3. Круглик, В.И. Теория и практика реализации технологий специализированных продуктов на основе ферментативных гидролизатов молочных белков / В.И. Круглик. – Кемерово-Москва: Российские университеты, 2007. – 220 с.
4. Ксеназ, М.В. Применение протеиназ для усвояемости пищевых белков / М.В. Ксеназ // Известия вузов. Пищевая технология. – 2002. – № 1. – С. 52-55.
5. Лодыгин, А.Д. Разработка инновационных технологий пребиотических концентратов на основе вторичного молочного сырья: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / А.Д. Лодыгин. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2011. – 339 с.
6. Свириденко, Ю.Я. Гидролиз лактозы: опыт и возможности использования в России / Ю.Я. Свириденко, В.Ю. Смuryгин // Молочная промышленность. – 1996. – № 8. – С. 19-20.
7. Смыков, И.Т. Моделирование процессов структурирования и управление структурообразованием в гетерогенных биополимерных системах: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Смыков Игорь Тимофеевич. – Углич: ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии, 2014. – 370 с.
8. Babich, O.O. Recombinant L-phenylalanine ammonia lyase from *Rhodospiridium toruloides* as a potential anticancer agent / O.O. Babich, V.S. Pokrovsky, N.Yu. Anisimova, N.N. Sokolov, A.Yu. Prosekov // *Biotechnology and Applied Biochemistry*. – 2013. – V. 60. – № 3. – P. 316-322.
9. Babich, O.O. Effect of lyophilization conditions of recombinant L-phenylalanine-ammonia-lyase on enzyme properties / O.O. Babich, L.S. Dyshlyuk, A.Y. Prosekov // *Middle-East Journal of Scientific Research*. – 2013. – № 15 (10). – P. 1455-1459.
10. Khramtsov, A.G. An epistemological background on paradigm formation of lipidomics of dairy industry / A.G. Khramtsov // *Foods and RAW materials*. – 2016. – Volume 4, no. 1. – Pp. 79-89.
11. Prosekov, A.Yu. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents / A.Yu. Prosekov, O.V. Mudrikova, O.O. Babich // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2012. – V. 67. – № 5. – С. 474-477.

Reference

1. Gorlov, I.F. Innovacionnye agrarno-pishchevye tekhnologii, kak osnova razvitiya APK Rossii / I.F. Gorlov // *Agrarno-pishchevye innovacii*. – 2018. – № 1 (1). – S. 7-12.
2. El'chaninov, V.V. Nekotorye tekhnologicheskie aspekty polucheniya syvorotochnyh belkov korov'ego moloka. Osnovnye strategii gruppovogo razdeleniya syvorotochnyh belkov i kazeinov / V.V. El'chaninov, A.D. Koval', A.N. Belov // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2015. – № 2. – S. 40-41.
3. Kruglik, V.I. Teoriya i praktika realizacii tekhnologij specializirovannyh produktov na osnove fermentativnyh gidrolizatov molochnyh belkov / V.I. Kruglik. – Кемерово-Москва: Rossijskie universitety, 2007. – 220 s.
4. Ksenaz, M.V. Primenenie proteinaz dlya usvoyaemosti pishchevyh belkov / M.V. Ksenaz // *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. – 2002. – № 1. – S. 52-55.
5. Lodygin, A.D. Razrabotka innovacionnyh tekhnologij prebioticheskikh koncentratov na osnove vtorichnogo molochnogo syr'ya: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.18.04 / A.D. Lodygin. – Stavropol': SevKavGTU, 2011. – 339 s.
6. Sviridenko, Yu.Ya. Gidroliz laktozy: opyt i vozmozhnosti ispol'zovaniya v Rossii / Yu.Ya. Sviridenko, V.Yu. Smurygin // *Molochnaya promyshlennost'*. – 1996. – № 8. – S. 19-20.
7. Smykov, I.T. Modelirovanie processov strukturirovaniya i upravlenie strukturoobrazovaniem v geterogennyh biopolimernyh sistemah: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.18.04 / Smykov Igor' Timofeevich. – Uglich: GNU VNIIMS Rossel'hozakademii, 2014. – 370 s.
8. Babich, O.O. Recombinant L-phenylalanine ammonia lyase from *Rhodospiridium toruloides* as a potential anticancer agent / O.O. Babich, V.S. Pokrovsky, N.Yu. Anisimova, N.N. Sokolov, A.Yu. Prosekov // *Biotechnology and Applied Biochemistry*. – 2013. – V. 60. – № 3. – P. 316-322.

9. Babich, O.O. Effect of lyophilization conditions of recombinant L-phenylalanine-ammonia-lyase on enzyme properties / O.O. Babich, L.S. Dyshlyuk, A.Y. Prosekov // Middle-East Journal of Scientific Research. – 2013. – № 15 (10). – P. 1455-1459.
10. Khramtsov, A.G. An epistemological background on paradigm formation of lipidomics of dairy industry / A.G. Khramtsov // Foods and RAW materials. – 2016. – Volume 4, no. 1. – Pp. 79-89.
11. Prosekov, A.Yu. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents / A.Yu. Prosekov, O.V. Mudrikova, O.O. Babich // Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – V. 67. – № 5. – C. 474-477.

E-mail: akhramtcov@ncfu.ru