

**А.Ю. Просеков, М.Г. Курбанова****АНАЛИЗ СОСТАВА И СВОЙСТВ БЕЛКОВ МОЛОКА С ЦЕЛЬЮ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

На сегодняшний день перед пищевой промышленностью стоит глобальная задача нехватки белковых продуктов в питании населения. Это влечет за собой такие последствия, как дефицит аминокислот в живом организме. Белки молока являются представителями животных белков, и наиболее доступны для использования в различных отраслях пищевой промышленности. В статье приведены состав, свойства и функции молочных белков.

Ключевые слова: фракция, казеин, сывороточные белки, нативные свойства, молекулярная масса, оболочка жировых шариков.

Статистические данные ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства свидетельствуют о том, что проблема обеспечения населения нашей планеты продуктами питания внушает серьезные опасения. По этим данным, более половины населения Земли не обеспечено достаточным количеством продуктов питания, примерно 500 млн. людей голодают, а около 2 млрд. питаются недостаточно или неправильно.

Пища должна быть разнообразной и содержать белки, жиры, углеводы и витамины. Источники энергии — жиры и углеводы в определенных пределах взаимозаменяемы, причем их можно заменить и белками, но белки нельзя заменить ничем. Проблема питания людей, в конечном счете, заключается в дефиците белка. Там, где сегодня люди голодают, не хватает прежде всего белка. Установлено, что ежегодный дефицит белка в мире, по самым скромным подсчетам, оценивается в 15 млн. тонн.

В мировой печати, посвященной молочной промышленности, систематически публикуются статьи, отражающие биологическую и пищевую ценность концентратов, гидролизатов и других продуктов переработки молочных белков, как ценнейших источников незаменимых аминокислот, из которых можно производить необычайно широкий ассортимент пищевых продуктов.

В молоке содержится в среднем около 3,2 % белков. Белки, входящие в состав молока, разнообразны по строению, физико-химическим свойствам и биологическим функциям. Наряду с белками, в молоке содержатся азотистые соединения небелкового характера: свободные аминокислоты, пептиды, мочевины, аммиак и мочевая кислота и др. Их количество составляет около 5% всего содержания азота в молоке. Используя современные способы разделения и выделения белков, исследователи установили, что в состав молока входят три группы белков.

К первой основной группе относится казеин, содержащий 4 фракции ( $\alpha_{S1}$ -,  $\alpha_{S2}$ -,  $\beta$ - и  $\chi$ -казеин) и их фрагменты. Вторая группа представлена сывороточными белками —  $\beta$ -лактоглобулином,  $\alpha$ -лактальбумином, иммуноглобулинами и альбумином сыворотки крови. Кроме того, в нее входят

лактоферрин и некоторые другие, так называемые минорные, белки. К третьей группе относят белки оболочек жировых шариков, составляющие всего около 1% всех белков молока.

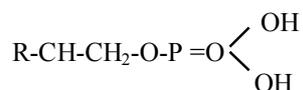
Биологические функции белков молока многообразны. Казеин является основным белком молока, его содержание составляет от 2,3 до 2,9 %. Элементарный состав казеина (в %) следующий: углерод — 53,1; водород — 7,1; кислород — 22,6; азот — 15,67; сера — 0,8; фосфор — 0,8. Казеин содержит несколько фракций, отличающихся аминокислотным составом, отношением к ионам кальция и сычужному ферменту. В молоке казеин находится в виде специфических частиц, или мицелл, представляющих собой сложные комплексы фракций казеина с коллоидным фосфатом кальция. Фракции казеина имеют молекулярную массу 19000 - 25000 Да [1].

По пространственному расположению полипептидных цепей белки молока относятся к глобулярным белкам. Изучение их вторичной и третичной структур показало, что казеин в отличие от обычных глобулярных белков почти не содержит  $\alpha$ -спиралей;  $\alpha$ -лактальбумин и  $\beta$ -лактоглобулин содержат большее количество спирализованных участков. Казеин, вероятно, занимает промежуточное положение между компактной структурой глобулы и структурой беспорядочного клубка, которая обычно наблюдается при денатурации глобулярных белков. Такая структура обеспечивает хорошую расщепляемость казеина протеолитическими ферментами при переваривании в нативном (природном) состоянии без предварительной денатурации [2].

Казеин является пищевым белком, выполняющим в организме новорожденного структурную функцию. Кроме того, казеин транспортирует в составе своих частиц кальций, фосфор и магний. Транспортные функции также выполняют лактоферрин и  $\beta$ -лактоглобулин, иммуноглобулины обладают защитными свойствами,  $\alpha$ -лактальбумин — регуляторными и т.д.

Кроме того, в молоке содержатся производные, или фрагменты, главных фракций казеина, которые образуются в результате расщепления последних, под действием протеолитических ферментов моло-

ка. Все фракции казеина являются фосфопротеидами, т.е. содержат остатки фосфорной кислоты (органический фосфор), присоединенные к аминокислоте серину моноэфирной связью (O—P):



Содержание остатков фосфорной кислоты (серинфосфата) в полипептидных цепях белка определяет его чувствительность к ионам кальция.  $\alpha_{S2}$ -казеин содержит одиннадцать остатков серинфосфата, а  $\alpha_{S1}$ -казеин – восемь,  $\beta$ -казеин – пять и  $\chi$ -казеин – один. Следовательно,  $\alpha_{S1}$ - и  $\beta$ -казеины наиболее чувствительны к ионам кальция. В их присутствии они агрегируют путем образования кальциевых мостиков и выпадают в осадок.

Полярные группы, находящиеся на поверхности и внутри казеиновых мицелл ( $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$  и др.), связывают значительное количество воды – около 3,7 г на 1 г белка. Способность казеина связывать воду характеризует его гидрофильные свойства. Гидрофильные свойства казеина зависят от структуры, величины заряда белковой молекулы, pH среды, концентрации солей и других факторов. Они имеют большое практическое значение. От гидрофильных свойств казеина зависит устойчивость казеиновых мицелл в молоке, (связанная вода образует вокруг казеиновых мицелл защитную гидратную оболочку).

В процессе высокотемпературной обработки молока происходит взаимодействие денатурированного  $\beta$ -лактоглобулина с казеиновыми мицеллами. Сывороточные белки молока обладают большей гидрофильностью по сравнению с казеином, в результате чего повышаются его влагоудерживающая способность и термоустойчивость. В свою очередь, гидрофильные свойства казеина влияют на способность кислотного и кислотно-сычужного сгустка удерживать и выделять влагу. Изменение гидрофильных свойств казеина необходимо учитывать при выборе режима пастеризации в процессе производства продуктов из молока.

Гидрофильные свойства казеина и продуктов его распада определяют водосвязывающую и влагоудерживающую способность сырной массы при созревании сыров, консистенцию готового продукта. Следовательно, гидрофильные свойства казеина не только определяют устойчивость белковых частиц в молоке при его обработке, но и влияют на ход некоторых технологических процессов.

Образование с кислотами растворимых соединений определяют аминокислоты казеина, что используют при кислотном методе определения в молоке массовой доли жира. Карбоксильные группы казеина вступают в реакции с ионами металлов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , образуя казеинаты.

После осаждения казеина из молока кислотой при pH 4,6-4,7 в сыворотке остается около 0,6% белков, которые называют сывороточными. Они состоят из  $\beta$ -лактоглобулина,  $\alpha$ -лактальбумина, иммуноглобулинов, альбумина сыворотки крови,

лактоферрина и других минорных белков. Они выполняют важные биологические функции и имеют большое промышленное значение вследствие высокого содержания незаменимых, в т.ч. серосодержащих аминокислот. Из сыворотки их выделяют в нативном состоянии с помощью ультрафильтрации и применяют для обогащения различных пищевых продуктов [2, 3].

Альбумин сыворотки крови содержится в молоке в незначительных количествах и не имеет практического значения. Лактоферрин, несмотря на малое содержание, выполняет важные биологические функции и необходим для организма новорожденного. Кроме перечисленных белков сыворотка содержит компоненты протеозопептонной фракции, представляющие собой фрагменты  $\beta$ -казеина, и белки, обладающие ферментативными и гормональными свойствами [4].

К другим белкам молока относим белки, входящие в состав оболочек жировых шариков.  $\beta$ -Лактоглобулин составляет 50–54% белков сыворотки (или 7–12% всех белков молока). Он имеет изоэлектрическую точку при pH 5,1, в сыром молоке находится в виде димера, состоящего из двух полипептидных цепей с молекулярной массой по 18000 Да каждая. При нагревании молока до температуры 30°C  $\beta$ -лактоглобулин распадается на мономеры.

Тепловая денатурация  $\beta$ -лактоглобулина приводит к коагуляции агрегированного белка (он коагулирует почти полностью при 85–100°C). При пастеризации молока денатурированный  $\beta$ -лактоглобулин вместе с  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  выпадает в осадок в составе молочного камня и образует комплексы с  $\chi$ -казеином казеиновых мицелл (осаждаясь вместе с ними при коагуляции казеина). Биологическая роль  $\beta$ -лактоглобулина окончательно не выяснена. Предполагают, что он участвует в транспорте ряда веществ, например витамина А [87, 119].

$\alpha$ -лактальбумин занимает второе место после  $\beta$ -лактоглобулина в сывороточных белках. Его содержание составляет 20-25% сывороточных белков, или 2-5% общего количества белков.  $\alpha$ -лактальбумин имеет молекулярную массу около 14000 Да, его молекула представляет собой одну полипептидную цепь, состоящую из 123 аминокислотных остатков и содержащую четыре дисульфидные связи.  $\alpha$ -Лактальбумин устойчив к нагреванию, он является самой термостабильной частью сывороточных белков ( $\beta$ -лактоглобулин и особенно иммуноглобулины отличаются от  $\alpha$ -лактальбумина своей термолабильностью). Большая устойчивость  $\alpha$ -лактальбумина к нагреванию обуславливается обратимостью денатурации белка – после охлаждения наблюдается восстановление его нативной структуры за счет самопроизвольного повторного свертывания цепей. Этот процесс называют ренатурацией.

Открытием последних лет является расшифровка биологической роли  $\alpha$ -лактальбумина. Выяснено, что он является специфическим белком, не-

обходимым для синтеза лактозы из галактозы и глюкозы [5].

В таблице 1. приведен аминокислотный состав указанных белков.

Таблица 1

Содержание аминокислот в белках молока, мг/г

Аминокислота	Казеин	$\alpha$ -лактальбумин	$\beta$ -лактоглобулин
Аргинин	4,1	1,2	2,9
Аспарагиновая кислота	7,1	18,7	11,4
Цистин	0,34	6,4	2,3
Глютаминовая кислота	22,4	12,9	19,5
Гистидин	3,1	2,9	1,6
Лейцин	9,2	11,5	15,6
Изолейцин	6,1	6,8	8,4
Лизин	8,2	11,5	11,4
Метионин	2,8	1,0	3,2
Фенилаланин	5,0	4,5	3,5
Пролин	11,3	1,5	4,1
Серин	6,3	4,8	5,0
Треонин	4,9	5,5	5,8
Триптофан	1,2	7,0	1,9
Тирозин	6,3	5,4	3,8
Валин	7,2	4,7	5,8

Очевидно, что общее содержание незаменимых аминокислот, как в альбумине, так и в глобулине, значительно выше, чем в казеине. Интегральный коэффициент биологической ценности белков, рассчитанный по методике ФАО/ВОЗ, оценивается в 1,3 по сравнению с казеином, что указывает на необходимость обязательного включения их в рацион [6].

Иммуноглобулины молока также являются сывороточными белками молока. В обычном молоке иммуноглобулинов содержится мало, в молозиве они составляют основную массу (до 90%) сывороточных белков. Иммуноглобулины объединяют группу высокомолекулярных белков, обладающих свойствами антител. Антитела – вещества, образующиеся в организме животного при введении в него различных чужеродных белков и нейтрализующие их вредное действие. Следовательно, вы-

деление антител связано с иммунными реакциями организма. Иммуноглобулины молока обладают резко выраженными свойствами агглютининов – веществ, вызывающих склеивание и выпадение в осадок микробов и других клеточных элементов.

Лактоферрин представляет собой гликопротеид молекулярной массой около 76000 Да, содержит железо. Белок выполняет транспортную функцию – связывает и переносит в организм новорожденного железо. Кроме того, обладает защитными свойствами, задерживая развитие кишечной микрофлоры, нуждающейся в железе. В молоке содержится в малых количествах (менее 0,3 мг/мл), в молозиве его в 10-15 раз больше.

К белкам оболочек жировых шариков относятся белки, являющиеся структурными элементами оболочек жировых шариков и способствующие их стабильности во время технологической обработки. Они могут быть прочно встроенными во внутренний липидный слой оболочки, пронизывать ее или располагаться на внешней поверхности оболочки. Это, как правило, гликопротеиды, содержащие 15–50 % углеводов и характеризующиеся различной растворимостью в воде. Некоторые из них обладают свойствами ферментов. Важный белковый компонент оболочки – нерастворимый в воде (гидрофобный) гликопротеид с молекулярной массой свыше 60000 Да. Он прочно встроен во внутренний слой оболочки и сохраняется на поверхности жировых шариков во время тепловой и механической обработки молока (сливок).

Таким образом, на основании анализа состава и свойств белков молока можно выделить следующие направления их использования:

- использование в производстве продуктов общего и специального назначения;
- использование в производстве детского и функционального питания;
- использование в производстве лечебного и профилактического питания;
- использования в биотехнологии при производстве других продуктов питания специального состава;
- использование в медицине и фармакологии при изготовлении пищевых оболочек и капсул для лекарственных веществ, биологически активных и пищевых добавок.

#### Список литературы

1. Химия пищи: Белки: Структура, функции, роль в питании / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко, Н.А. Жеребцов. В 2-х кн. Кн.1- М.: Колос, 2000.- 384 с.
2. Тепел, А. Химия и физика молока / А. Тепел.- М.: Пищевая промышленность, 1979.- 323 с.
3. Смирнова, И.А. Теоретическое обоснование и исследование закономерностей формирования сыров с термокислотной коагуляцией белков молока: дис... д-ра техн. наук: 05.18.04: защищена 10.06.03 / Смирнова Ирина Анатольевна.- Кемерово, 2003.- 322 с.
4. Гаврилов, Г.Б. Реологические свойства сывороточных белковых концентратов/ Г.Б. Гаврилов // Молочная промышленность.- 2006.- №4- С. 82.
5. Остроумов, Л.А. Состав и свойства ультрафильтрационных концентратов сывороточных белков / Л.А. Остроумов, Г.Б. Гаврилов // Хранение и переработка сельхозсырья.- 2006.- №5.- С. 48-49.
6. Просеков, А.Ю. Современные аспекты производства продуктов питания: монография / А.Ю. Просеков.- Кемерово: КемТИПП, 2005.- 381 с.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт  
пищевой промышленности»,  
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

ФГОУ ВПО Кемеровский государственный  
сельскохозяйственный институт  
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

## **SUMMARY**

**A.U. Prosekov, M.G.Kurbanova**

For present-day day before food industry costs the global problem of the lack of the protein products in feeding the population. This entails such consequences, as deficit of amino acid in the alive organism. The milk squirrels are a representative animal squirrel, and the most available to use in different branch of food industry. In article are brought composition, characteristic and functions milk squirrel.

The Key words: factions, casein, squirrels of the whey, initial characteristic, molecular mass, shell fatty ball