

С.А. Равнюшкин, М.Г. Курбанова

## АНАЛИЗ СОСТАВА И СВОЙСТВ МОЛОЧНО-БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА В СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕГО В ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ КАПСУЛ

Изучение состава и свойств молочно-белкового концентрата в связи с возможностью использования их в технологии пищевых капсул. Исследованы качественные характеристики молочных белков, представлены физико-химические показатели МБК, представлен качественный и количественный фракционный состав МБК. Выбран способ обработки молочно-белкового концентрата в связи с использованием его в технологии пищевых капсул.

Молочные белки, фракционный состав, обработка, пищевые капсулы.

До настоящего времени в фармацевтической промышленности и медицине в качестве материала для приготовления капсул широко применяется желатин. Однако желатиновые капсулы обладают рядом недостатков (потеря эластических свойств при хранении, нестабильность во влажной атмосфере, вероятность заражения вирусными заболеваниями).

В связи с этим в качестве альтернативы в последнее время предлагаются различные материалы, не обладающие указанными недостатками. Молочные белки, будучи природным биологическим соединением, представляют значительный интерес в качестве материала для замены желатина при производстве пищевых капсул медицинского, фармацевтического назначения. Молочные белки имеют сложное химическое строение, и можно выделить две группы: казеин и сывороточные белки. В их состав входят элементарные звенья аминокислот, дипептидов и полипептидов, определенным образом связанных друг с другом.

Белки молока характеризуются высокой биологической ценностью, они содержат в избыточных количествах лизин и триптофан с одновременным недостатком серосодержащих аминокислот. Белки сыворотки содержат незаменимые аминокислоты в значительных количествах, чем казеин, включая лизин, треонин, триптофан, метионин и цистеин.

Установлено, что качественные характеристики молочных белков в связи с использованием в технологии пищевых капсул в значительной степени определяются фракционным составом и содержанием белка. Нами проведены соответствующие исследования об оценке возможности использования этих белков в качестве материала для капсул. В исследованиях применяли смесь казеина и сывороточных белков – молочно-белковый концентрат (МБК). Соотношение белков соответствовало натуральному молоку.

В таблице 1 представлены физико-химические показатели МБК.

Таблица 1

Характеристика МБК

Показатель	Значение
Массовая доля влаги, %	10,5-10,9
Массовая доля белка, %	78,6-82,9
в т.ч. сывороточные белки, %	18,7-19,6

Результаты эксперимента по определению физико-химических показателей МБК показали, что состав МБК соответствует натуральному молочному белку. Установлено, что в МБК среднее содержание основных молочных белков находится в пределах соотношения казеина/сывороточных белков. В исследуемом препарате МБК содержание влаги 10,5-10,9 %. Доля общего белка находится в пределах от 78,6 % до 82,9%, включая массовую долю сывороточных белков 18,7-19,6. На оставшуюся долю 6,2-10,9 % приходятся углеводы, минеральные и нерастворимые вещества. Такое количество примесей не влияет на обработку МБК, не требуется его дополнительной очистки.

Для определения качественного и количественного состава фракций МБК, нами проведено разделение белка на фракции на электрофорезе. В результате фракционирования МБК с использованием вертикального электрофореза выделены основные фракции МБК, проведена оценка их качественного и количественного состава, который будет использоваться для исследований.

На рис. 1 представлен качественный и количественный фракционный состав МБК.

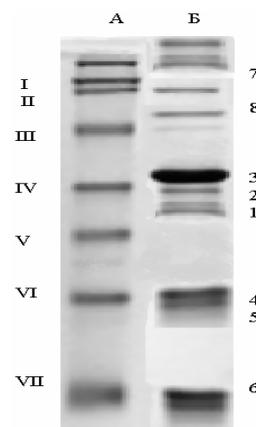


Рис. 1. Фракционный состав МБК на электрофорезе в полиакриламидном геле: А – маркеры заданных молекулярных масс, кДа; I - более 200, II - 95; III - 65; IV - 40; V - 30; VI - 20; VII - 15; Б – образец МБК: 1 –  $\alpha_{s1}$ -казеин, 2 –  $\alpha_{s2}$ -казеин, 3 –  $\beta$ -казеин, 4 –  $\chi$ -казеин, 5 –  $\beta$ -лактоглобулин, 6 –  $\alpha$ -лактальбумин, 7 – иммуноглобулины, 8 – неидентифицированные

Качественный и количественный фракционный состав МБК, согласно обработки результатов, представленных на рис. 1 (Б), показан в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика фракций казеина используемого МБК

Наименование фракции	Содержание, %	% от общего белка	Молекулярная масса, кДа
$\alpha_{s1}$ -казеин	39,6-40,1	24,4-24,7	23,4-25,5
$\alpha_{s2}$ -казеин	3,8-4,3	2,3-2,6	24,9-25,8
$\beta$ -казеин	27,6-28,1	17,0-17,3	23,7-25,2
$\chi$ -казеин	9,3-9,7	5,7-6,0	18,7-20,8

Подробный анализ полученных данных показал, что в МБК около 39-40 % приходится на долю  $\alpha_{s1}$ -фракции казеинов, около 30-31 % -  $\alpha_{s2}$ - и  $\beta$ -фракции, притом последних в 6,9 раз больше, чем  $\alpha_{s2}$ -казеинов. Молекулярная масса фракций казеина изменяется от 20,8 до 25,8 кДа. Наибольшую массу имеют  $\alpha_{s2}$ -казеины, однако их содержание не превышает 2,3-2,6 % от общего белка, наименьшую –  $\chi$ -казеины при содержании 5,7-6,0 % от белка. На долю  $\alpha_{s1}$ -казеина и  $\beta$ -казеина приходится значительное количество около 41,4-42,0 % общего белка при массе 23,4-25,5 кДа.

Качественный и количественный фракционный состав сывороточных белков МБК согласно рис.1 (Б), представлен в таблице 3.

Доля сывороточных белков по общему содержанию не превышает 20,0 %.  $\beta$ -лактоглобулин представлен наибольшей долей на уровне 9,0-9,2 % от всех сывороточных белков при молекулярной массе

Таблица 3

Характеристика фракций сывороточных белков используемого МБК

Наименование фракции	Содержание, %	% от общего белка	Молекулярная масса, кДа
$\beta$ -лактоглобулин	8,7-9,2	1,6-1,8	17,6-18,8
$\alpha$ -лактальбумин	3,6-4,1	0,7-0,8	14,2-15,1
Иммуноглобулины	3,1-3,6	0,6-0,7	398,7-409,4
Неидентифицированные	2,7-3,2	0,5-0,6	90,5- 95,9

до 19,0 кДа.  $\alpha$ -лактальбумин – одна из самых маленьких фракций по количеству от общего белка – 0,6-0,7% (молекулярной массе 14,2-15,1 кДа).

Иммуноглобулины – самая тяжелая фракция сывороточных белков около 398,7-409,4 кДа – по содержанию колеблется от 0,6% до 0,7 % от общего количества в МБК. На долю неидентифицированной фракции приходится 0,5-0,6% количества МБК при молекулярной массе 90,5- 95,9 кДа.

Выявленные данные доказывают возможность использования МБК в производстве капсул, но, вероятно необходима его дополнительная обработка для

приближения количественного фракционного состава к желатиновой массе для капсул.

Белки в молочных объектах содержатся в виде биополимеров сложного строения. Наиболее распространенными из биополимеров являются белки массой 30-60 кДа. По пространственной структуре пептидных цепей белки молочных объектов относятся к глобулярным белкам. Пептидные цепи глобулярных белков сильно изогнуты, свернуты и часто имеют форму жестких шариков – глобул. Такое пространственное строение придает этим белкам низкую степень асимметрии, в результате чего они хорошо растворимы в воде, но обладают сравнительно невысокой вязкостью и прочностью структуры геля [9].

В свою очередь полипептидная цепь молекулы желатина имеет форму спирали, которая закреплена расположенными вдоль цепи внутримолекулярными водородными связями, относится к фибриллярным белкам. В отличие от глобулярных в фибриллярных белках пептидные цепи расположены параллельно оси волокна, в связи с этим обладают высокой степенью асимметрии, вследствие чего они плохо растворимы или совсем нерастворимы в воде. Их растворы обладают высокой степенью вязкости и прочности образовавшегося геля.

Анализ структуры молекулы желатина показал, что он представляет собой линейный высокоасимметричный полипептидный полимер белковой природы с различной молекулярной массой в пределах 40-100 кДа.

Отличительной чертой желатина, как полимера, является его природное происхождение, а именно то, что он получается в результате денатурации коллагена, макромолекулы которого имеют структуру спирали. В силу этого и нативное состояние макромолекулы желатина имеет подобную спирализованную структуру, что позволяет изготавливать довольно прочные пленки для изготовления капсул.

Полагали, что частичное разрушение глобулярной структуры МБК, укладка в виде линейных полипептидов и «сшивка» в фибриллы. Схема перевода структуры МБК в упорядоченную систему представлена на рис. 2.

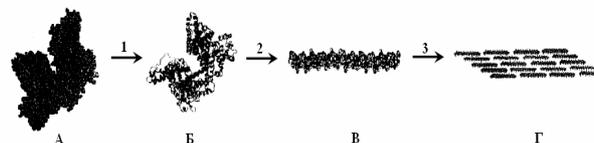


Рис. 2. Схема перевода структуры МБК в упорядоченную систему: А – глобулярная структура МБК; Б – гидролизованная молекула МБК; В – развернутая структура МБК; Г – «сшитая» структура МБК; 1 – точеный гидролиз, 2 – структурирование молекулы; 3 – «сшивка» молекулы.

Определение и выбор рациональных параметров обработки биологических систем, содержащих молочные белки, с целью получения гидролизатов является главной технологической задачей, реализация которой позволяет создать эффективную ресурсосберегающую технологию выработки капсул на основе белков молока.

Существует два типа гидролиза белка: химический (кислотный, щелочной) и ферментативный [34]. В работе гидролиз проводили кислотным способом, преимущество которого – достаточная глубина расщепления белка и исключение бактериального (в том числе продуктами метаболизма) загрязнения гидролизата. Получение гидролизатов МБК с заданным составом сводится, главным образом, к ведению необходимой глубины гидролиза, который зависит от ряда факторов: температуры, pH среды, вида и количества реагента и продолжительности процесса.

Для ведения кислотного гидролиза использовали соляную и серную кислоты. В процессе гидролиза белков происходит разрыв пептидных связей и молекула белка распадается сначала на высокомолекулярные полипептиды, затем на более простые пептиды и, наконец, на аминокислоты.

Получение белкового гидролизата включает кислотный гидролиз исследуемого белка с помощью 5 Н кислоты и определение его качественного и количественного молекулярно-массового распределения фракций. Гидролиз образца проводили в герметичных ампулах под вакуумом ( $-0,8$  МПа) при  $110 \pm 10$  °С в течение от 2 до 8 часов. Подготовка МБК к кислотному гидролизу заключается в разведении водой в заданном методикой соотношении. Результаты экспериментов по влиянию продолжительности процесса и вида кислоты на степень гидролиза МБК показаны на рис. 3.

Анализ данных, представленных на рис. 3, показал, что, используя соляную и серную кислоты, можно обеспечить достаточное расщепление полипептидной цепи молекулы МБК. Установлено, что использование соляной кислоты более рационально, поскольку при равных параметрах и условиях степень гидролиза значительно выше и достигает наибольшего значения при меньшем времени.

Выявлено, что в рассматриваемом случае степень гидролиза возрастала от 6,4-6,8 до 17,4-18,7 % в течение эксперимента.

Как показал анализ представленных экспериментальных данных, накопление пептидов происходило пропорционально продолжительности кислотного гидролиза. Можно заключить, что после второго часа кислотного гидролиза достаточно гидролизуются ос-

новные фракции МБК (результаты исследований представлены на рис. 4).

Дальнейшие исследования направлены на определение минимально возможного времени, при котором происходит максимальное гидролитическое расщепление МБК.

Результаты оценки количественного содержания основных фракций казеина МБК кислотного гидролизата представлены в таблице 4.

Результаты количественного содержания основных фракций сывороточных белков МБК кислотного гидролизата представлены в таблице 5.

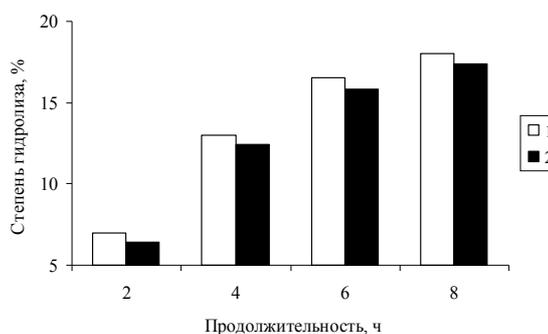


Рис. 3. Степень гидролиза МБК в зависимости от продолжительности и вида кислоты: 1 – соляная кислота; 2 – серная кислота

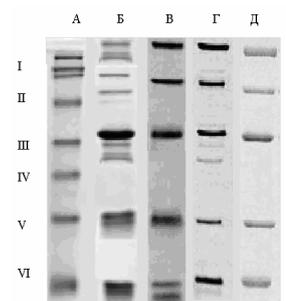


Рис. 4. Состав фракционного состава МБК на электрофорезе в полиакриламидном геле: А – маркеры заданных молекулярных масс, кДа, I - 40; II - 30; III - 20; IV - 15; Б, В, Г, Д – образец МБК в зависимости от продолжительности гидролиза 2, 4, 6, 8 ч соответственно: 1 –  $\alpha_{s1}$ -казеин; 2 –  $\alpha_{s2}$ -казеин; 3 –  $\beta$ -казеин; 4 –  $\gamma$ -казеин; 5 –  $\beta$ -лактоглобулин; 6 –  $\alpha$ -лактальбумин; 7 – иммуноглобулины.

Таблица 4

Относительное содержание фракций казеина МБК в зависимости от продолжительности кислотного гидролиза

Характеристика фракции	Относительное содержание фракций белков казеина в зависимости от продолжительности кислотного гидролиза, ч				
	0	2	4	6	8
$\alpha_{s1}$ -фракция	39,4-40,8	36,5-36,9	34,0-34,6	30,5-31,9	26,6-27,8
$\alpha_{s2}$ -фракция	3,8-4,2	3,4-3,6	3,0-3,3	2,0-2,4	1,6-1,9
$\beta$ -фракция	26,9-28,3	25,5-25,8	23,7-24,1	19,3-20,6	17,1-18,5
$\gamma$ -фракция	9,1-9,6	8,2-8,4	7,1-7,6	6,5-7,1	5,8-6,3
ИТОГО	80,0-82,1	73,6-74,7	67,8-69,6	58,3-62,0	51,1-54,5

Относительное содержание фракций сывороточных белков МБК в зависимости от продолжительности кислотного гидролиза

Характеристика фракции	Относительное содержание фракций сывороточных белков в зависимости от продолжительности кислотного гидролиза, ч				
	0	2	4	6	8
β-лактоглобулин	8,7-9,8	8,4-8,6	7,9-8,2	7,3-7,6	6,7-6,9
α-лактальбумин	3,4-3,8	3,1-3,4	2,9-3,1	2,5-2,8	2,2-2,3
иммуноглобулины	3,3-3,4	2,9-3,1	2,7-2,9	2,4-2,6	2,1-2,3
Неидентифицированные	2,5-3,0	2,3-2,5	2,0-2,3	2,2-2,3	2,0-2,1
ИТОГО	17,9-20	16,7-17,6	15,5-16,5	14,4-15,3	13,0-13,6

Экспериментальные данные рис. 4 и таблиц 4-5 показывают, что значительные биохимические изменения фракционного состава МБК произошли уже после 2 ч гидролиза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что соляная кислота обладает наибольшей гидролитической активностью в отношении  $\alpha_{s1}$ -фракция, содержание которой уменьшилось на 8,2-10,4 %. В отношении с фракциями сывороточных белков: β-лактоглобулины, иммуноглобулины претерпели значительные изменения.

В рассматриваемом периоде от 0 до 2 ч степень гидролиза фракций казеина возросла до 6,8 %. Относительное содержание фракций казеина снизилось на 6,4-7,4 %. К 8 ч гидролиза произошли более глубокие

изменения фракционного состава МБК, степень гидролиза возросла от 6,8 до 18,7 % и относительное содержание фракций сывороточных белков снизилось на 20,2-22,5 %. Показано, что для гидролиза сывороточных белков необходимо больше времени. Возможно, это связано с их свойствами - высокой молекулярной массой, гидрофильными свойствами.

В результате проведения исследований раскрыты основные закономерности формирования кислотных гидролизатов белка, определены рациональные технологические параметры процесса, показана целесообразность использованная соляной кислоты для получения гидролизатов МБК в технологии пищевых капсул.

#### Список литературы

1. Выговский Ю.Н. Желатин-глицериновые «красные» регистрирующие системы с метиленовым голубым / Ю.Н. Выговский, П.А. Драбатурин, А.Г. Коноп, С.П. Коноп, А.Н. Малов // Компьютерная оптика. - 1998. - Вып. 18. - 138 с.
2. Выговский Ю.Н. Управление формированием фазового рельефа в слоях дихромированного желатина / Ю.Н. Выговский, А.Н. Малов, В.С. Фещенко // Компьютерная оптика. - 1997. - Вып. 17. - с. 75.
3. Измайлова В.Н. Структурообразование в белковых системах / В.Н. Измайлова, П.А. Ребиндер. - М.: Наука, 1974. - 268 с.
4. Козлов С.Г. Структурирование молочных белковых продуктов / С.Г. Козлов // Молочная промышленность. - 2002. - № 4. - С. 56-57.
5. Кондратьев В.И. Технология лекарственных форм. Т.1-2 / В.И. Кондратьев. - М.: Медхимия, 1991.

Кемеровская медицинская академия,  
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22а,

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

#### SUMMARY

**S.A. Ranjushkin, M.G. Kurbanova**

#### **Analysis of structure and properties of a dairy-albuminous concentrate in connection with its use in technology of food capsules**

Studying of structure and properties of a dairy-albuminous concentrate (DAC) in connection with possibility their use in technology of food capsules. Qualitative characteristics of dairy fibers are investigated, physical and chemical indicators DAC are presented, qualitative and quantitative fractional structure DAC is presented. The way of processing of a DAC in connection with its use in technology of food capsules is chosen.

Dairy fibers, fractional structure, processing, food capsules.