

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

И.С. Хамагаева, д-р техн. наук, проф.

Г.И. Хараев, д-р техн. наук

О.А. Жеребятьева, аспирант

А.В. Щёктова, канд. техн. наук

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ

E-mail: tmpp@eestu.ru, trewnm.123@mail.ru

УДК 637.12.639.044.07

ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА БЕЛКОВОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА, ФЕРМЕНТИРОВАННОГО *LACTOBACILLUS HELVETICUS* 35-1

*Проведены исследования биологической ценности молочного-белкового концентрата (МБК) на основе козьего молока, ферментированного лактобактериями вида *Lactobacillus helveticus* 35-1. Установлено, что белки ферментированного МБК обладают полноценным аминокислотным составом и содержат все незаменимые аминокислоты в значительных количествах. Выявлено, что ферментация белкового сгустка культурами *Lactobacillus helveticus* 35-1 повышает биологическую ценность готового продукта.*

Ключевые слова: козье молоко, молочный-белковый концентрат, аминокислоты, биологическая ценность, лактобактерии.

I.S. Khamagaeva, Dr. Sc. Engineering, Prof.

G.I. Kharaev, Dr. Sc. Engineering

O.A. Zherebyatyeva, P.G

A.V. Shchyokotova, Cand. Sc. Engineering

STUDIES OF THE AMINO ACID COMPOSITION OF THE PROTEIN PRODUCT BASED ON GOAT'S MILK FERMENTED WITH *LACTOBACILLUS HELVETICUS* 35-1

*There have been done studies of biological value of milk protein concentrate (MPC) based on goat's milk fermented by lactic acid bacteria of the species *Lactobacillus helveticus* 35-1. It is established that proteins of fermented MPC have a complete amino acid composition and contain all essential amino acids in significant quantities. It is revealed that the fermentation of protein coagulum by cultures of *Lactobacillus helveticus* 35-1 increases the biological value of the final product.*

Key words: goat milk, milk protein concentrate, amino acids, biological value, *Lactobacillus*.

Введение

Современный уровень питания человека является неудовлетворительным как в количественном, так и в качественном отношении. Качественный аспект питания связан с дефицитом в рационе: полноценного белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон. В соответствии с изменениями структуры питания населения страны и существующим дефицитом белка особое внимание уделяется созданию новых биологически ценных белковых продуктов, в том числе на основе козьего молока [3, 6].

Козье молоко относится к группе казеиновых, так же как и коровье, однако в козьем молоке практически не содержится альфа-1s-казеина, который является основным источником аллергических реакций на коровье молоко, поэтому оно показано людям, страдающим аллергией на коровье молоко. Высокое содержание бета-казеина приближает

козье молоко к женскому грудному молоку. Аминокислотный состав белков козьего молока близок к аминокислотному составу белков женского молока, но мицеллы казеина крупнее, чем мицеллы казеина женского и коровьего молока, и составляют 133 нм и выше. Большая часть белков козьего молока из-за повышенного содержания в них альбуминов расщепляется на мелкие пептидные фракции, образуя менее плотный сгусток, который легче переваривается протеолитическими ферментами, поэтому козье молоко легче усваивается организмом, не вызывая расстройств пищеварительной системы [3, 6].

Результаты маркетинговых исследований показывают, что российский рынок молочной продукции на основе козьего молока имеет свободную товарную нишу для новых продуктов отечественного производства. В связи с этим проведение научных исследований по разработке и созданию инновационных белковых продуктов на основе козьего молока, обогащенных микроэлементами и пробиотиками, является актуальным и эффективным способом кардинального улучшения здоровья населения нашей страны [8].

Нами разработана технология молочно-белкового концентрата на основе козьего молока. МБК получен методом термокальцевой коагуляции, с последующей ферментацией белков лактобактериями. Термокальцевый способ производства позволяет комплексно использовать белки козьего молока (особенно сывороточные белки), а также получить обогащенный кальцием белковый продукт с низкой кислотностью и высоким количеством жизнеспособных клеток *Lactobacillus helveticus* 35-1. Выбор *Lactobacillus helveticus* 35-1 в качестве культур для ферментации белкового концентрата обусловлен высокой протеолитической активностью микроорганизмов. Лактобактерии вида *Lactobacillus helveticus* 35-1 продуцируют ферменты, способные разрушать белки молока до биологически активных пептидов и аминокислот, которые обладают высоким лечебно-профилактическим эффектом [7].

Биологическая ценность пищевого продукта наряду с безвредностью и функциональными характеристиками является важным показателем его качества. Под биологической ценностью пищевого продукта понимается качество его белковых компонентов, связанное с переваримостью белка и со степенью сбалансированности его аминокислотного состава. От аминокислотного состава и структурных особенностей белка зависят эффективность его утилизации для поддержания азотистого равновесия у взрослого человека и степень задержания азота пищи в растущем организме.

Целью настоящей работы являлось исследование аминокислотного состава белкового продукта на основе козьего молока, ферментированного *Lactobacillus helveticus* 35-1.

Материалы и методы

Объектом исследования служил белковый концентрат на основе козьего молока, ферментированный лактобактериями. В качестве сырья для производства белкового концентрата использовалось козье молоко не ниже первого сорта. Белковый концентрат получали термокальцевой коагуляцией козьего молока с последующей ферментацией лактобактериями и высушиванием. Коагуляцию проводили путем внесения 20%-ного раствора CaCl_2 при температуре 95°C . В качестве заквасочной культуры использовали *Lactobacillus helveticus* 35-1, полученные из Научно-исследовательского института генетики и селекции промышленных микроорганизмов (г. Москва).

Аминокислотный анализ проводился методом жидкостной ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе «ААА-400» в ФГБУ «Межобластная ветеринарная лаборатория» (г. Иркутск).

Сравнение проводили согласно эталонному или идеальному белку по шкале ФАО/ВОЗ.

Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием пакетов прикладных компьютерных программ SPSS 13.5 для Windows. Результаты исследований представлены в виде средних величин и стандартной ошибки средней ($M \pm m$). Достоверными считали различия при $p < 0,05$ (использован t-критерий Стьюдента).

Результаты и обсуждение

Аминокислоты и химические элементы играют ключевую роль для всех физиологических процессов, протекающих в организме человека. Постоянство их состава является одним из важнейших и обязательных условий для нормального функционирования и развития организма. Отклонение в составе аминокислот и элементов в организме приводит к ухудшению здоровья. Биологическая ценность белковых продуктов – это прежде всего содержащиеся в нем белки с хорошо сбалансированным составом аминокислот [2, 4]. Данные по аминокислотному составу исследуемых образцов белковых концентратов представлены в таблице 1, из которой видно, что белковые концентраты на основе козьего молока обладают полноценным аминокислотным составом и содержат все незаменимые аминокислоты. Были определены такие аминокислоты, как лизин, лейцин, изолейцин, валин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин. Отсутствие хотя бы одной из этих кислот или их минимальное содержание приводит к нарушению белкового обмена в организме. В белках МБК до ферментации и после ферментации содержание незаменимых аминокислот превышало рекомендуемое ФАО/ВОЗ для человека. Это свидетельствует о том, что полученные из козьего молока белковые концентраты сбалансированы по аминокислотному составу и усвояемость их белков равна 100%. Однако следует отметить, что после ферментации количественное содержание незаменимых аминокислот в белковом концентрате повысилось на 5-15%. Положительное влияние ферментации на биологическую ценность связано прежде всего с протеолитической активностью *Lactobacillus helveticus* 35-1.

При сравнении аминокислотного состава исследуемых образцов видно, что белки МБК, ферментированного *Lactobacillus helveticus* 35-1, значительно превосходят эталонный белок по таким незаменимым аминокислотам, как лейцин, фенилаланин+тирозин, изолейцин, валин и триптофан (на 18-30%). Лецин, валин, изолейцин – незаменимые разветвленные аминокислоты, рассматриваются как естественные анаболики, способствующие наращиванию мышечной массы. Лейцин способствует нормализации сахара в крови, стимулирует синтез гормона роста. При достаточном поступлении в организм этих аминокислот снижается аппетит. Фенилаланин – незаменимая аминокислота, превращающаяся в организме в тирозин и регулирующая функцию щитовидной железы. Она участвует в синтезе коллагена и соединительной ткани, стимулирует деятельность кровеносной системы, способствует образованию инсулина, предотвращает развитие артритов. При недостаточном поступлении в организм тирозина отмечаются снижение кровяного давления, отсутствие аппетита, головные боли, усталость, сонливость, депрессия. Триптофан вместе с витамином В₆, ниацином и магнием участвует в образовании серотонина – нейромедиатора, ответственного за настроение человека. Триптофан также контролирует защитно-приспособительные функции организма [5].

Таблица 1

Содержание незаменимых аминокислот в белковых концентратах на основе козьего молока

Аминокислоты	Массовое доля аминокислот, %		
	контроль	опыт	
		эталон по ФАО/ВОЗ	белковый концентрат на основе козьего молока до ферментации
Лизин	7,0	7,01±0,14	7,26±0,18
Треонин	4,0	4,02±0,11	4,56±0,14
Валин	5,0	5,27±0,15	6,05±0,13
Изолейцин	4,0	4,15±0,12	4,76±0,19
Лейцин	7,0	8,03±0,19	8,96±0,22
Метионин+цистин	3,5	3,95±0,03	3,97±0,04
Фенилаланин+тирозин	6,0	7,25±0,22	7,81±0,24
Триптофан	1,0	2,06±0,17	2,87±0,16
Итого незаменимых аминокислот	37,5	41,74±0,14	46,24±0,26

Для человека одинаково важны оба типа аминокислот: и незаменимые, и заменимые.

Заменимые аминокислоты могут синтезироваться в организме. Однако за счет эндогенногосинтеза обеспечиваются только минимальные потребности организма. Удовлетворение потребности организма в заменимых аминокислотах должно в основном осуществляться за счет их поступления в пищу в составе белков. К заменимым аминокислотам относятся аланин, аспарагиновая кислота, глицин, глутаминовая кислота, пролин, серин, тирозин, цистин. Они выполняют в организме весьма важные функции, причем некоторые из них играют не меньшую физиологическую роль, чем незаменимые аминокислоты. К таким можно отнести глутаминовую кислоту, цистин и тирозин. Содержание заменимых аминокислот в исследуемых образцах представлено в таблице 2.

Таблица 2

Содержание заменимых аминокислот в белковых концентратах на основе козьего молока

Аминокислоты	Массовое доля аминокислот, %	
	белковый концентрат на основе козьего молока до ферментации	белковый концентрат на основе козьего молока, ферментированный <i>Lactobacillus helveticus</i> 3 ₅₋₁
Гистидин	2,95±0,15	3,01±0,10
Аргинин	5,89±0,14	5,97±0,20
Аспарагиновая кислота	6,68±0,12	6,95±0,18
Серин	6,63±0,14	6,92±0,19
Глутаминовая кислота	15,78±0,80	15,97±0,83
Пролин	11,69±0,81	11,96±0,82
Аланин	4,34±0,11	4,45±0,14
Итого заменимых аминокислот	53,96±0,32	55,23±0,35

Согласно полученным данным (см. табл. 2) по содержанию заменимых аминокислот в исследуемых образцах белкового концентрата существенных различий не наблюдалось.

Биологическая ценность белков зависит не только от содержания в них незаменимых аминокислот, но и от их соотношения: чем больше разница этих соотношений по сравнению с эталонным белком, тем меньше биологическая ценность. При оценке биологической ценности очень важными показателями являются аминокислотный скор, коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), коэффициент сбалансированности аминокислотного состава (КСАС), количество незаменимых аминокислот, а также отношение содержания незаменимых аминокислот и общего азота белка в 100 г белка (НАК/ОАБ) [1, 2].

Скор аминокислотный – показатель биологической ценности белка, представляющий собой процентное отношение доли определенной незаменимой аминокислоты в общем содержании таких аминокислот в исследуемом белке к стандартному (рекомендуемому) значению этой доли. КРАС численно характеризует разбалансированность незаменимых аминокислот к физиологически необходимой норме. КСАС численно характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме. Чем выше значение КСАС (в идеале КСАС=1), тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты и тем рациональнее они могут быть использованы организмом. У белков с высокой биологической ценностью отношение НАК/ОАБ должно быть не менее 2,5, а количество незаменимых аминокислот в 100 г белка – не менее 40 [1, 2].

Данные по исследованию биологической ценности белковых концентратов на основе козьего молока представлены в таблице 3.

Биологическая ценность белкового концентрата на основе козьего молока, ферментированного *Lactobacillus helveticus* 35-1

Показатели биологической ценности	Незаменимые аминокислоты, г на 100 г белка							
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин+цистин	Треонин	Фенилаланин+тирозин	Триптофан
Белковый концентрат на основе козьего молока, ферментированный <i>Lactobacillus helveticus</i> 35-1	6,05	4,76	8,96	7,26	3,97	4,56	7,81	2,87
Эталон по ФАО/ВОЗ	5,0	4,0	7,0	7,0	3,5	4,0	6,0	1,0
Аминокислотный скор	121	119	128	104	113	114	130	287
Количество незаменимых аминокислот	46,24							
КРАС	0,16							
КСАС	0,84							
НАК/ОАБ	2,9							

Анализ аминокислотного сора (табл. 3) показал, что в белковом концентрате на основе козьего молока, ферментированного *Lactobacillus helveticus* 35-1, не имеется лимитирующих аминокислот. Лимитирующей называется та аминокислота, скор которой ниже 100%, наличие хотя бы одной такой аминокислоты свидетельствует о том, что белок неполноценный. В нашем исследовании, согласно данному определению, таких аминокислот не выявлено. Следовательно, исследуемый образец являлся полноценным. Скор незаменимых аминокислот ферментированного белкового концентрата варьировал от 113 (для метионина+цистина) до 129% (для фенилаланина + тирозина). Следует отметить высокий скор серосодержащих аминокислот (113%) в разрабатываемом белковом концентрате в отличие от традиционных белковых продуктов на основе коровьего молока, лимитированных по данным аминокислотам. Высокий скор незаменимых аминокислот объясняется применением метода термокальцевой коагуляции при производстве белкового концентрата. Метод термокальцевой коагуляции позволяет более полно использовать белковые вещества молока, а особенно сывороточные белки, как наиболее биологически ценную часть белков козьего молока по содержанию незаменимых аминокислот.

Полученные данные по показателям биологической ценности исследуемого продукта (КРАС, КСАС, НАК/ОАБ и количество незаменимых аминокислот) указывают на то, что белковый концентрат, ферментированный *Lactobacillus helveticus* 35-1, является продуктом с высокой биологической ценностью и сбалансированным составом незаменимых аминокислот.

Вывод

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что белковый концентрат на основе козьего молока хорошо сбалансирован по аминокислотному составу и относится к продуктам с высокой биологической ценностью. Отмечено, что ферментация белкового концентрата лактобактериями вида *Lactobacillus helveticus* 35-1 повышает его биологическую ценность.

Библиография

1. *Лисин П.А., Канушина Ю.А.* Аминокислотный состав творожного продукта // Молочная промышленность. – 2011. – № 11. – С. 64–65.
2. *Диханбаева Ф.Т.* Роль молока в питании человека и функциональные ингредиенты // Аналитический обзор. – Алматы: Типография АО НЦНТИ, 2009. – С. 51.
3. *Цэнд-Аюуш Ч., Гагига В.И.* Показатели безопасности козьего и овечьего молока // Молочная промышленность. – 2011. – № 10. – С. 41–42.
4. *Скурихин И.М.* Химический состав пищевых продуктов. – М., 1979.
5. *Юдина С.Б.* Технология продуктов функционального питания. – М.: ДеЛи Принт, 2008. – 280 с.
6. *Мосолова Н.И., Короткова А.А., Храмова В.Н.* Обогащение козьего молока и продуктов детского питания на его основе органическим йодом и селеном // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 3. – С. 55–57.
7. Invited review *Lactobacillus helveticus* // Journal of Dairy Science. – Vol. 93, N 10. – 2010. – P. 4449–4453.
8. www.kozanostra.ru/zdorovie

Bibliography

1. *Lisin P.A., Kanushina Yu.A.* Amino acid composition of cheese product // the Dairy industry. – 2011. – N11. – P. 64–65.
2. *Dikhanbaeva F.T.* Role of milk in human nutrition and functional ingredients // Analytical review. – Almaty: Printing JSC NCSTI, 2009. – P. 51.
3. *Zend-Ayush Hagiga C.I.* Safety Performance of sheep and goat milk // Dairy industry. – 2011. – N 10. – P. 41–42.
4. *Skurikhin I.M.* Chemical composition of foods. – M., 1979.
5. *Yudina S.B.* Technology functional food. – M.: Delhi Print, 2008. – 280 p.
6. *Mosolova N.I., Korotkova A.A., Khramova V.N.* Enrichment goat's milk and baby food products on the basis of organic iodine and selenium // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2012. – N 3. – P. 55–57.
7. Invited review *Lactobacillus helveticus* // Journal of Dairy Science. – 2010. – Vol. 93, N 10. – P. 4449–4453
8. www.kozanostra.ru/zdorovie