

УДК 637.1

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА IN VIVO БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ  
СЫВОРОТОЧНОГО БЕЛКА КОРОВЬЕГО МОЛОКА  
И ЕГО ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗАТА**

**Ю.С. Сидорова, Н.А. Петров**  
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«ФИЦ питания и биотехнологии», Москва, Россия*

**Аннотация.** Ферментолизаты пищевых белков в качестве ингредиентов специализированной пищевой продукции, в том числе для энтерального питания, должны обладать высокой биологи-

ческой и пищевой ценностью. Целью данного исследования было проведение эксперимента *in vivo* по сравнительной биологической ценности сывороточного белка коровьего молока и его ферментативного гидролизата. Коэффициент эффективности белка для животных контрольной группы К1 составил  $4,2 \pm 0,3$  и для животных опытной группы Г2  $4,0 \pm 0,1$  (различия не достоверны). Полученный результат свидетельствует о высокой эффективности ферментативного гидролизата КСБ, полученного с использованием ферментативного препарата Протозим Н.

**Ключевые слова:** ферментативный гидролиз, белок, коэффициент эффективности белка, аминокислотный скор, биологическая ценность.

**Введение.** В настоящее время в литературе рассматриваются такие благоприятные для поддержания здоровья свойства ферментативных гидролизатов сывороточных белков, как антиоксидантные, антигипертензивные, антитромботические, противовоспалительные, и иммуномодулирующее [1]. Помимо биологических свойств ферментативные гидролизаты обладают и рядом технологических преимуществ: хорошей набухаемостью, растворимостью, способностью к гелеобразованию, удерживанию воды и связыванию жира, что делает их превосходными стабилизаторами пищевых продуктов [2, 3]. Ферментолизаты пищевых белков в качестве ингредиентов специализированной пищевой продукции, в том числе для энтерального питания, должны обладать высокой биологической и пищевой ценностью.

Целью данного исследования было проведение эксперимента *in vivo* на крысах-самцах линии Вистар для оценки сравнительной пищевой и биологической ценности сывороточного белка коровьего молока и его ферментативного гидролизата.

**Материалы и методы.** В работе использовали концентрат сывороточного белка коровьего молока (КСБ) (ООО «Тагрис», Москва) с содержанием белка  $72,3 \pm 0,2\%$  и ферментативный гидролизат КСБ, полученный с использованием фермента Протозим Н. Степень гидролиза  $7,2 \pm 0,4\%$ , содержание белка  $69,7 \pm 0,4\%$ .

Эксперимент проводили на 20 растущих крысах-самцах линии Вистар с исходной массой тела  $50 \pm 5$  г, полученных из питомника «Столбовая». Исследования на животных выполнены в соответствии с требованиями, изложенными в Национальном стандарте РФ ГОСТ Р 53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики». Животных разделили на 2 группы: контрольную группу К1 ( $n=10$  крыс) и опытную группу Г2 ( $n=10$  крыс) с массой тела  $70 \pm 4$  г. После распределения по группам животных содержали по 2 особи в клетках из поликарбоната при 12/12 часовом режиме освещённости и температуре  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ .

Животные получали базовый изокалорийный ( $397 \pm 4$  ккал/100 г сухого корма) и изоазотистый (10 % белка по калорийности) полуисинтетический рацион. Животные контрольной группы К1 получали рацион, в котором в качестве источника белка использовали КСБ. Животные опытной группы Г2 получали такой же полуисинтетический рацион, в котором казеин был полностью заменен на ферментолизат КСБ, полученный гидролизом Протозимом Н. Воду и корм животные получали *ad libitum*. Оценивали скорость роста лабораторных животных и определяли коэффициент эффективности белка (КЭБ) индивидуально для каждой крысы.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 20 (IBM, США).

**Результаты.** Содержание белка, определенное методом Кельдаля, в рационах составило  $10,0 \pm 0,3\%$ . На протяжении всего эксперимента крысы всех групп нормально росли. Общее состояние всех животных по внешнему виду, качеству шерстного покрова и поведению при ежедневном осмотре было удовлетворительным. Животные группы Г2, получавшие ферментолизат, потребляли меньше корма ( $11,8 \pm 0,9$  г корма сутки) по сравнению с контрольными животными ( $13,3 \pm 0,8$  г корма сутки), при этом разница не была достоверной. По окончании эксперимента у животных, получавших в качестве единственного источника белка ферментативный гидролизат КСБ, показано достоверное отставание в приросте массы тела по сравнению с животными группы контроля. При этом результаты определения средних значений прироста массы тела у лабораторных животных в граммах/грамм потребленного ими белкового азота и соответствующие значения КЭБ составили для животных контрольной группы К1 КЭБ= $4,2 \pm 0,3$  и для животных опытной группы Г2 КЭБ= $4,0 \pm 0,1$  (различия не достоверны). Известно, что молочные белки отличаются высокой биологической ценностью и содержат весь спектр незаменимых аминокислот [4]. Аминокислотный состав гидролизуемого белка, каталитическая активность и субстратная специфичность специально подобранного ферментативного препарата определяют содержание и соотношение в составе получаемых смесей высокомолекулярных, средних, короткоцепочечных пептидов и свободных амино-

кислот, характеризуемых различной степенью гидрофильности и гидрофобности. Полученный в нашем исследовании ферментолизат КСБ относится к гидролизатам с низкой степенью гидролиза [5]. В процессе ферментативной обработки имело место образование пептидных фракций и пептидов с молекулярной массой менее 5,6 кДа, что не приводило к существенному изменению содержания незаменимых аминокислот в его составе. Помимо прочего, модификация сывороточного белка путем ограниченного гидролиза также применяется для улучшения межфазных свойств, повышения растворимости в воде и высвобождения биологически активных пептидов [6]. Основной проблемой при производстве гидролизатов белков является высвобождение гидрофобных и горьких пептидов. В нашем исследовании существенно изменились органолептические показатели исследуемого ферментолизата: появилась характерная горечь [7], которая вероятно и способствовала снижению аппетита у животных, не снижая эффективности белка.

**Заключение.** Совокупность полученных в данном биологическом эксперименте результатов свидетельствует, что в течение 14 суток от начала кормления растущие крысы значительно в меньшем количестве (на 12 %) потребляли белок в составе экспериментального рациона по сравнению с потреблением пептидных фракций в составе КСБ-рациона, что привело к достоверному отставанию в приросте массы тела. При этом среднее значение КЭБ для ферментативного гидролизата КСБ, рассчитанное для 14 суток кормления крыс экспериментальным рационом, соответствовало показателю КЭБ, определяемому для нативного белка коровьего молока.

Полученный результат свидетельствует о высокой эффективности ферментативного гидролизата КСБ, полученного с использованием ферментного препарата Протозим Н, по разработанной нами схеме. Таким образом, очевидна перспективность дальнейшего масштабирования технологии получения ферментативного гидролиза КСБ с использованием отечественного ферментного препарата Протозим Н для использования в составе специализированных пищевых продуктов, в том числе предназначенных для энтерального питания.

#### *Список использованных источников*

1. Hernández-Ledesma, B. Dairy protein hydrolysates: Peptides for health benefits. / B. Hernández-Ledesma, M.J. García-Nebot, S. Fernández-Tomé, L. Amigo, I. Recio // Int. Dairy J. – 2014. – iss. 38. – P. 82–100.
2. Deotale, S. Foaming Characteristics of Beverages and Its Relevance to Food Processing. / S. Deotale, S. Dutta, J.A. Moses, V.M. Balasubramaniam, C. Anandharamakrishnan // Food Eng. Rev. – 2020. – iss. 12. – P. 229–250.
3. Foegeding, E.A. Advances in modifying and understanding whey protein functionality / E.A. Foegeding, J.P. Davis, D. Doucet, M.K. McGuffey // Trends Food Sci. Technol. – 2002. – iss. 13. – P. 151–159.
4. Haas, J. Effects of spray drying and freeze drying on the protein profile of whey protein concentrate / J. Haas, B.J. Kim, Z. Atamer, C. Wu, D.C. Dallas // J Food Sci. – 2024. – iss. 11. – P. 7477-7493.
5. Свириденко, Ю.Я. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 2. Функциональные свойства белковых гидролизатов, зависящие от специфичности протеолитических процессов / Ю.Я. Свириденко, Д.С. Мягконосов, Д.В. Абрамов, Е.Г. Овчинникова // Пищевая промышленность. – 2017. – вып. 6. – С. 50-53.
6. Madureira, A.R. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / A.R. Madureira, T. Tavares, A.M. Gomes, M.E. Pintado, F.X. Malcata // J Dairy Sci. – 2010. – iss. 2. – P. 437-455.
7. Зорин, С.Н. Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания / С.Н. Зорин // Вопр. питания. – 2019. – вып. 3. – С. 23–31.