



Влияние гидролизатов казеина, полученных под воздействием желудочного и поджелудочного сока, на липидемические показатели крови

Джалалова О. К.

Андижанский государственный медицинский институт, г. Андижан, Ю. Отабеков 1

Для цитирования: Джалалова О. К. Влияние гидролизатов казеина, полученных под воздействием желудочного и поджелудочного сока, на липидемические показатели крови. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2022;207(11): 177–182. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-207-11-177-182

✉ **Для переписки:** Джалалова Озода Касымжановна, д.м.н., Кафедра патологической физиологии

Джалалова

Озода

Касымжановна

djalalova.ozoda@

gmail.com

Резюме

При изучении влияния кормления эмульсии из желатина, подвергнутого инкубации с желудочным соком, и подсолнечного масла, на показатели триглицеридов и холестерина крови по сравнению со средними показателями до кормления были выше, а после кормления были незначительно выше в сопоставлении с эмульсией желатина и подсолнечного масла. При этом показатели триглицеридов и холестерина недостоверно выше на протяжении всего 6 часового периода наблюдения по сравнению с показателями до кормления. Также выявлено, что средние показатели прироста триглицеридов и холестерина под влиянием кормления эмульсией из желатина и подсолнечного масла, подвергнутого инкубации с желудочным соком не существенно выше, а с поджелудочным соком не значительно ниже таковых после кормления эмульсией из желатина и подсолнечного масла. Это указывает на то, что гидролизаты желатина, полученные под влиянием, как желудочного, так и поджелудочного сока, существенно не влияют на переваривание и всасывание жиров в тонком кишечнике.

Ключевые слова: триглицерид, холестерин, желатин, подсолнечное масло, желудочный и поджелудочный сок

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

EDN: OBRGLQ



<https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-207-11-177-182>

The effect of casein hydrolysates, incurred due to the high risk of cardiac and pancreatic juice, on blood lipid parameters

O. K. Djalalova

Andijan State Medical Institute, 1, Y. Otabekov, Andijan

For citation: Djalalova O. K. The effect of casein hydrolysates, incurred due to the high risk of cardiac and pancreatic juice, on blood lipid parameters. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2022;207(11): 177–182. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-207-11-177-182

✉ *Corresponding author:*

Ozoda K. Djalalova, MD, Department of Pathological Physiology

Ozoda K. Djalalova

djalalova.ozoda@

gmail.com

Summary

When studying the effect of feeding, emulsions of gelatin subjected to incubation with gastric juice and sunflower oil on triglycerides and blood cholesterol were higher compared to the average values before feeding, and after feeding were slightly higher compared to the emulsion of gelatin and sunflower oil. At the same time, triglyceride and cholesterol values were not significantly higher throughout the entire 6-hour observation period compared to pre-feeding values. It was also found that the average increase in triglycerides and cholesterol under the influence of feeding with an emulsion of gelatin and sunflower oil incubated with gastric juice is not significantly higher, and with pancreatic juice is not significantly lower than those after feeding with an emulsion of gelatin and sunflower oil. This indicates that gelatin hydrolysates obtained under the influence of both gastric and pancreatic juice do not significantly affect the digestion and absorption of fats in the small intestine.

Keywords: triglyceride, cholesterol, gelatin, sunflower oil, gastric and pancreatic juice

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Введение

Пищевые белки издавна известны своими питательными и функциональными свойствами. Питательные свойства белков связаны с их аминокислотным составом в сочетании с физиологическим использованием специфических аминокислот при переваривании и всасывании [7, 12].

С другой стороны, функциональные свойства белков связаны с их вкладом в физико-химические и сенсорные свойства пищевых продуктов. В последние годы значительное количество исследований также было сосредоточено на выделении биологически активных пептидов, которые содержатся в пищевых белках, с целью использования таких пептидов в качестве функциональных пищевых ингредиентов, направленных на поддержание здоровья [7, 20].

Биологически активные пептиды были определены как «пищевые компоненты, которые помимо своей пищевой ценности оказывают физиологическое воздействие на организм» [4].

Интересно, что в составе исходных белков пептиды неактивны и поэтому должны высвобождаться, чтобы оказывать действие. Эти биоактивные пептиды обычно имеют длину 2–20 аминокислотных остатков, хотя сообщается, что некоторые из них содержат более 20 аминокислотных остатков. Биологически активные пептиды могут всасываться через кишечник, где они

впоследствии попадают в кровеносную систему без изменений, чтобы оказывать различные физиологические эффекты, или они могут вызывать локальные эффекты в пищеварительном тракте [6].

Было показано, что пищевые биоактивные пептиды обладают широким спектром физиологических функций, включая антигипертензивные, антиоксидантные, опиоидные агонистические, иммуномодулирующие, антимикробные, пребиотические, минерало-связывающие, антитромботические и гипохолестеринемические эффекты [2]. Мясо, рыба и молоко являются ценными источниками белка для многих групп населения во всем мире, кроме того, эти белки обладают огромным потенциалом в качестве новых источников биологически активных пептидов. [12, 16, 18].

Гидролиз белка приводит к изменениям в глобулярной структуре отколотых фрагментов, обнажает гидрофобные аминокислотные участки, такие как Phe, Tyr, Trp и Leu, которые обычно скрыты внутри структуры нативного белка [1].

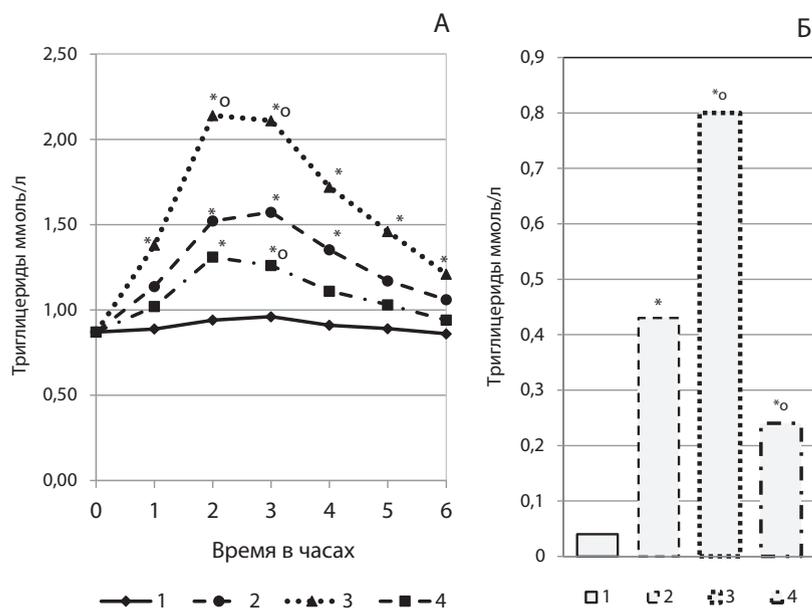
Гидрофобность играет жизненно важную роль во многих функциональных и биоактивных свойствах пищевых пептидов. Например, присутствие ароматических аминокислотных остатков на C-конце и гидрофобных аминокислотных остатков на N-конце усиливает активность пептидов

Рисунок 1.

Изменение показателей содержания триглицеридов в крови А- в течение 6 часов, Б- средний прирост по отношению к показателям до кормления.

Исследования кормлением:

1-раствор казеина; 2-эмульсия, содержащая казеин и подсолнечное масло; 3-эмульсия, содержащая казеин, подвергнутый 2 часовой инкубации с желудочным соком, и подсолнечное масло; 4-эмульсия, содержащая казеин, подвергнутый 2 часовой инкубации с поджелудочным соком и подсолнечное масло.



в ингибировании активности ангиотензин-1 пре-вращающего фермента (АПФ) [3, 14].

Модификация белков путем контроля степени гидролиза может привести к их структурной перестройке, увеличению растворимости, уменьшению размера молекулы, гидрофобному воздействию аминокислоты, и увеличению гидрофобности поверхности для повышения эмульгирующей стабилизирующей способности пептидов [13, 19].

Пептиды обладают способностью к самосборке, представляющей спонтанный процесс, посредством которого молекулярные единицы организуются в упорядоченные структуры через межмолекулярные и внутримолекулярные

взаимодействия. Спонтанный процесс регулируется уравниванием сил притяжения и отталкивания, существующих внутри молекул [15].

Молекулы, которые подвергаются самосборке, как правило, амфифильные и, следовательно, содержат как гидрофобные, так и гидрофильные фрагменты. Пептиды могут быть амфифильными и, таким образом, под этим влиянием подвергаться самосборке такими факторами как концентрация, температура, pH и ионная сила окружающей их среды [4, 5].

Цель исследования: изучить изменение липидических показателей крови у собак при воздействии гидролизатов казеина, полученных под влиянием желудочного и поджелудочного соков.

Материал и методы

Нами проведены хронические эксперименты (60) на собаках (3). По 5 экспериментов на каждой собаке в 4 сериях. Исследовались в крови показатели триглицеридов и холестерина до и в течение 6 часов после кормления животных исследуемыми белками или белково-жировыми эмульсиями. Проводили исследования кормлением: 1–200 мл 30% раствора казеина; 2–200 мл эмульсии, содержащей 30% казеина и 5% подсолнечного масла; 3–200 мл эмульсии, содержащей 30% казеина, подвергнутого 2 часовой инкубации при pH 2 желудочным соком и 5% подсолнечного масла; 4–200 мл эмульсии, содержащей 30% казеина, подвергнутого

2 часовой инкубации при pH 8 поджелудочным соком, и 5% подсолнечного масла. Производился учет показателей в течение 6 часов наблюдения после кормления, а также учитывались показатели общего прироста по отношению к исходным показателям до кормления.

Статистическая обработка была проведена методом вариационной статистики с вычислением средних и относительных величин и их средних ошибок, определением коэффициента достоверности разности Стьюдента-Фишера (t). Статистически достоверными считали различия при $p < 0,05$ и менее.

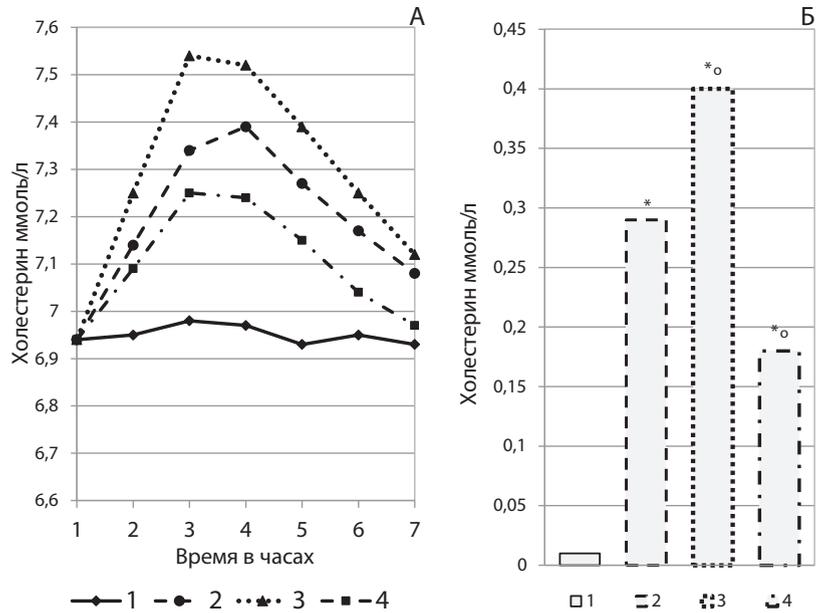
Результаты

Полученные данные показали, что после кормления животных раствором казеина в крови не отмечалось существенных изменений показателей триглицеридов на протяжении 6 часов наблюдения (рис. 1А). После кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла отмечалось увеличение всех средних показателей

триглицеридов по сравнению с таковыми до кормления. Однако достоверное увеличение этих показателей наблюдалось ко 2 ($1,52 \pm 0,14$ ммоль/л), 3 ($1,57 \pm 0,16$ ммоль/л) и 4 часу ($1,35 \pm 0,12$ ммоль/л) по сравнению со средними показателями до кормления ($0,87 \pm 0,07$ ммоль/л) ($P < 0,01$). В тоже время показатели триглицеридов, полученные после

Рисунок 2. Изменение показателей содержания холестерина в крови А- в течение 6 часов, Б-средний прирост по отношению к показателям до кормления.

Исследования кормлением: 1-раствор казеина; 2-эмульсия, содержащая казеин и подсолнечное масло; 3-эмульсия, содержащая казеин, подвергнутый 2 часовой инкубации с желудочным соком, и подсолнечное масло; 4-эмульсия, содержащая казеин, подвергнутый 2 часовой инкубации с поджелудочным соком, и подсолнечное масло.



кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с желудочным соком, и подсолнечного масла, по сравнению со средними показателями до кормления, были достоверно выше средних показателей триглицеридов на протяжении всего 6 часового периода наблюдения. При этом показатели триглицеридов ко 2 часу составляли $2,14 \pm 0,19$ ммоль/л, а к 3 часу – $2,11 \pm 0,20$ ммоль/л, что было достоверно выше, как показателей до кормления, так и показателей 2 и 3 часа после кормления эмульсией из казеина без инкубации и подсолнечного масла. После кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с поджелудочным соком, и подсолнечного масла, данные на протяжении 6 часов наблюдения были выше по сравнению со средними показателями до кормления, но ниже показателей после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. При этом показатели только на 2 ($1,31 \pm 0,11$ ммоль/л) и 3 час ($1,26 \pm 0,10$ ммоль/л) отмечались выше данных до кормления ($0,87 \pm 0,07$ ммоль/л), а показатель 3 часа был достоверно ниже результатов после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. Из этих же результатов было установлено, что средний показатель прироста триглицеридов за 6-ти часовой период после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла составлял $0,43 \pm 0,03$ ммоль/л по отношению к таковым до кормления. При этом после кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с желудочным соком, и подсолнечного масла показатель среднего прироста триглицеридов (Рис. 1Б) составлял $0,80 \pm 0,08$ ммоль/л, что было достоверно выше прироста триглицеридов после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. В тоже время после кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с поджелудочным соком, и подсолнечного масла средний показатель прироста триглицеридов составлял $0,24 \pm 0,02$ ммоль/л, что было достоверно ниже прироста триглицеридов после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла.

По результатам исследования показателей холестерина в крови было установлено, что после кормления животных раствором казеина на протяжении 6 часов наблюдения, эти показатели существенно не отличались от таковых до кормления (Рис. 2А). После кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла отмечалось недостоверное увеличение средних показателей холестерина на протяжении 6 часов, с максимальным ростом его ко 2 часу ($7,34 \pm 0,62$ ммоль/л) и 3 часу ($7,39 \pm 0,84$ ммоль/л) по сравнению со средними показателями до кормления ($6,94 \pm 0,75$ ммоль/л). При этом показатели холестерина, полученные после кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с желудочным соком, и подсолнечного масла, по сравнению со средними показателями до кормления, были так же недостоверно выше средних показателей холестерина на протяжении всего 6 часового периода наблюдения. В тоже время эти показатели холестерина на протяжении 6 часов были недостоверно выше таковых после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. После кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с поджелудочным соком, и подсолнечного масла, показатели холестерина на протяжении 6 часов наблюдения были недостоверно выше по сравнению со средними показателями до кормления. Также эти показатели холестерина на протяжении 6 часового наблюдения были не достоверно ниже таковых после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. Было установлено, что средний показатель прироста холестерина после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла составлял $0,29 \pm 0,02$ ммоль/л (Рис. 2Б), а после кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с желудочным соком, и подсолнечного масла – $0,40 \pm 0,03$ ммоль/л, что было достоверно выше прироста холестерина после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. В тоже время после кормления эмульсией из

казеина, подвергнутого инкубации с поджелудочным соком и подсолнечного масла средний показатель прироста холестерина составлял

$0,18 \pm 0,02$ ммоль/л, что было достоверно ниже прироста холестерина после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла.

Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований, при изучении влияния кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с желудочным соком и подсолнечного масла, на показатели триглицеридов и холестерина крови было установлено, что по сравнению со средними показателями до кормления, а также после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла, показатели триглицеридов были достоверно выше на протяжении всего 6 часового периода наблюдения. Также выявлено, что средние показатели прироста триглицеридов и холестерина под влиянием кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с желудочным соком, и подсолнечного масла были достоверно выше таковых после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. Это указывает на то, что гидролизаты казеина, полученные под влиянием желудочного сока, способствуют улучшению переваривания и всасывания жиров в тонком кишечнике. Кроме того, при кормлении собак эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с поджелудочным соком, и подсолнечного масла, было обнаружено,

что по сравнению со средними показателями до кормления, а также после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла, показатели триглицеридов были достоверно, а показатели холестерина недостоверно ниже на протяжении всего 6 часового периода наблюдения. Также выявлено, что средний показатель общего прироста триглицеридов и холестерина под влиянием кормления эмульсией из казеина, подвергнутого инкубации с поджелудочным соком, и подсолнечного масла были достоверно ниже таковых после кормления эмульсией из казеина и подсолнечного масла. Это указывает на то, что гидролизаты казеина, полученные при воздействии поджелудочного сока, способствуют снижению переваривания и всасывания жиров в тонком кишечнике.

Полученные нами данные по гиполипидемическому эффекту гидролизатов казеина у собак согласуются с результатами исследований, где было показано гиполипидемическое воздействие пептидных фракций казеина на липиды сыворотки крови у крыс, получавших рацион с нормальной или высокой жирностью [10].

Выводы

Гидролизаты казеина, полученные под влиянием желудочного сока, способствуют улучшению переваривания и всасывания жиров. Гидролизаты казеина, полученные под влиянием поджелудочного сока, оказывают содействие снижению переваривания и всасывания жиров. Эффекты влияния

гидролизатов казеина на липидемические показатели крови зависят от того, под влиянием каких протеаз получены гидролизаты казеина, а также возможно от последовательности действия протеаз на казеин при получении из него гидролизатов и пептидов.

Литература | References

1. Al-Shamsi K.A., Mudgil P., Hassan H.M., Maqsood S. Camel milk protein hydrolysates with improved technofunctional properties and enhanced antioxidant potential in in vitro and in food model systems. *J Dairy Sci.* 2018 Jan;101(1):47–60. doi: 10.3168/jds.2017-13194.
2. Arihara K. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.* 2006 Sep;74(1):219–29. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.04.028.
3. Cheung I.W., Nakayama S., Hsu M.N., Samaranayaka A.G., Li-Chan E.C. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of hydrolysates from oat (*Avena sativa*) proteins by in silico and in vitro analyses. *J Agric Food Chem.* 2009 Oct 14;57(19):9234–42. doi: 10.1021/jf9018245.
4. Deming T.J. Polypeptide hydrogels via a unique assembly mechanism. *Soft Matter.* 2005 May 27;1(1):28–35. doi: 10.1039/b500307e.
5. Doll T.A., Raman S., Dey R., Burkhard P. Nanoscale assemblies and their biomedical applications. *J R Soc Interface.* 2013 Jan 9;10(80):20120740. doi: 10.1098/rsif.2012.0740.
6. Erdmann K., Cheung B.W., Schröder H. The possible roles of food-derived bioactive peptides in reducing the risk of cardiovascular disease. *J Nutr Biochem.* 2008 Oct;19(10):643–54. doi: 10.1016/j.jnutbio.2007.11.010.
7. Friedman M. Nutritional value of proteins from different food sources: A review. *J. Agric. Food Chem.* 1996; 44: 6–29.
8. Hall F.G., Jones O.G., O’Haire M.E., Liceaga A.M. Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllobates sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chem.* 2017 Jun 1;224:414–422. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.11.138.
9. Howard A., Udenigwe C.C. Mechanisms and prospects of food protein hydrolysates and peptide-induced hypolipidaemia. *Food Funct.* 2013 Jan;4(1):40–51. doi: 10.1039/c2fo30216k.
10. Ju-Hwan O., Lee Y.S. Hypolipidemic effects of peptide fractions of casein on serum lipids in rats fed normal or high fat diet. *Journal-korean society of food science and nutrition.* 2002;31(2):263–270.
11. Kim E., Lee S., Jeon B., Moon S., Kim B., Park T., Han J., Park P. Purification and characterisation of antioxidant

- tive peptides from enzymatic hydrolysates of venison protein. *Food chemistry*. 114;(4):1365–1370. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.11.035.
12. Korhonen H., Pihlanto A. Bioactive peptides: Production and functionality. *Int. Dairy J.* 2006;16:945–960.
 13. Lam R.S., Nickerson M. T. Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure-function approach. *Food Chem.* 2013 Nov 15;141(2):975–84. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.038.
 14. Majumder K., Wu J. Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from simulated in vitro gastrointestinal digestion of cooked eggs. *J Agric Food Chem.* 2009 Jan 28;57(2):471–7. doi: 10.1021/jf8028557.
 15. Mandal D, Nasrolahi Shirazi A, Parang K. Self-assembly of peptides to nanostructures. *Org Biomol Chem.* 2014 Jun 14;12(22):3544–61. doi: 10.1039/c4ob00447g.
 16. Matsui T., Matsumoto K. Antihypertensive peptides from natural resources. *Advances in Phytomedicine.* 2006;(2):255–271. doi: 10.1016/S1572–557X(05)02015–5.
 17. Qi M., Hettiarachchy N. S., Kalapathy U. Solubility and emulsifying properties of soy protein isolates modified by pancreatin. *Journal of Food Science.* 1997;62(6):1110–1115.
 18. Ryan J.T., Ross R. P., Bolton D., Fitzgerald G. F., Stanton C. Bioactive peptides from muscle sources: meat and fish. *Nutrients.* 2011 Sep;3(9):765–91. doi: 10.3390/nu3090765.
 19. Tsumura K. Improvement of the physicochemical properties of soybean proteins by enzymatic hydrolysis. *Food Science and Technology Research.* 2009;15(4):381–388.
 20. Vercruyse L., Van Camp J., Smaghe G. ACE inhibitory peptides derived from enzymatic hydrolysates of animal muscle protein: a review. *J Agric Food Chem.* 2005 Oct 19;53(21):8106–15. doi: 10.1021/jf0508908.
 21. Vermeirssen V, Van Camp J, Verstraete W. Bioavailability of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides. *Br J Nutr.* 2004 Sep;92(3):357–66. doi: 10.1079/bjn20041189.