

ВЛИЯНИЕ КОРМЛЕНИЯ КРАХМАЛОМ СОВМЕСТНО С КАЗЕИНОМ И ГИДРОЛИЗАТАМИ КАЗЕИНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ И АМИНОКИСЛОТ В КРОВИ

Д. С. Касимова, В. А. Алейник, С. М. Бабич, Ш. Х. Хамракулов

Андижанский государственный медицинский институт, Андижан, Узбекистан

Ключевые слова: крахмал, казеин, взаимодействие, переваривание, всасывание, кормление, крысы, глюкоза, аминокислоты.

Tayanch soʻzlar: kraxmal, kazein, oʻzaro taʼsir, hazm qilish, soʻrilish, ovqatlantirish, kalamushlar, glyukoza, aminokislotalar.

Key words: starch, casein, interaction, digestion, absorption, feeding, rats, glucose, amino acids.

В работе изучались *in vitro* влияние кормления крыс крахмалом совместно с казеином и гидролизатами казеина на изменение всасывание глюкозы и аминокислот в кровь. В результате исследования установлено, что кормление крыс крахмалом совместно с казеином способствует более низким показателям в крови глюкозы по сравнению с аналогичными результатами кормления крыс только крахмалом и аминокислот только казеином. Вместе с тем кормление крыс крахмалом совместно с гидролизатом казеина оказывает содействие более выраженному снижению глюкозы, которое было меньше показателей кормления только крахмалом, и крахмалом совместно с казеином. Также выраженному снижению аминокислот, меньше показателей кормления только казеином, и крахмалом совместно с казеином. Данные изменения могут быть связаны с образованием крахмально-казеиновых, а также крахмально-пептидных комплексов, препятствующих гидролизу крахмала слюнной амилазой и казеина и гидролизатов казеина желудочным соком.

KRAXMALNI KAZEIN VA GIDROLIZATLARI BILAN BIRGALIKDA ISTEʼMOL QILISHNING QONDAGI GLYUKOZA AMINOKISLOTALARGA TAʼSIRI

D. S. Kasimova, V. A. Aleynik, S. M. Babich, Sh. H. Hamraqulov

Andijon davlat tibbiyot instituti, Andijon, Oʻzbekiston

Ishda kalamushlarni kraxmal va kazein, shuningdek, kazein gidrolizatlari bilan oziqlantirish natijasida *in vitro* sharoitida glyukoza va aminokislotalarning qonga soʻrilishi oʻzgarishi oʻrganildi. Tadqiqot natijalariga koʻra, kalamushlarni kraxmal va kazein bilan oziqlantirish ularni faqat kraxmal yoki faqat kazein bilan oziqlantirgandagi natijalarga nisbatan qonda glyukoza miqdorining pastroq boʻlishiga olib keladi. Shuningdek, kalamushlarni kraxmal va kazein gidrolizatlari bilan oziqlantirish glyukoza ning sezilarli darajada kamayishiga yordam beradi, bu faqat kraxmal va kraxmal hamda kazein bilan oziqlantirishga nisbatan pastroq koʻrsatkichlarga ega. Shuningdek, aminokislotalarning kamayishi ham kuzatilgan, bu faqat kazein va kraxmal-kazein bilan oziqlantirishga nisbatan past.

INFLUENCE OF FEEDING RATS WITH STARCH COMBINED WITH CASEIN AND CASEIN HYDROLYSATES ON CHANGES IN THE ABSORPTION OF GLUCOSE AND AMINO ACIDS INTO THE BLOOD

D. S. Kasimova, V. A. Aleinik, S. M. Babich, Sh. Kh. Khamrakulov

Andijan state medical institute, Andijan, Uzbekistan

The work studied *in vitro* the effect of feeding rats with starch together with casein and casein hydrolysates on changes in the absorption of glucose and amino acids into the blood. The study found that feeding rats with starch together with casein contributes to lower blood glucose levels compared to similar results of feeding rats only with starch and amino acids only with casein. At the same time, feeding rats with starch together with casein hydrolysate promotes a more pronounced decrease in glucose, which was less than the indicators of feeding only starch, and starch together with casein. Also, a pronounced decrease in amino acids, less than the indicators of feeding only casein, and starch together with casein is observed. These changes may be associated with the formation of starch-casein, as well as starch-peptide complexes that prevent the hydrolysis of starch by salivary amylase and casein and casein hydrolysates by gastric juice.

Растет интерес к роли приема углеводов в метаболический синдром и последующие последствия для здоровья, связанные с гликемией и диабетом 2 типа [6]. Прием пищи, который приводит к снижению скорости всасывания углеводов, приводит к более контролируемому выбросу глюкозы в кровоток. Эти продукты имеют более низкое значение гликемического индекса (ГИ). Система ГИ ранжирует углеводные продукты на основе их постпрандиальной гликемической концентрации [3]. Продукты с высоким ГИ связаны с быстрым повышением уровня глюкозы и инсулина в крови после употребления [2]. Гиперинсулинемия может снижать эффективность инсулина за счет подавления рецепторов инсулина, что приводит к резистентности к инсулину [8] что, помимо нарушения функции β -клеток поджелудочной железы, является фактором риска развития сахарного диабета II типа [4]. В исследованиях сообщалось о преимуществах диет с низким ГИ в отношении метаболического син-

дрома, т.е. улучшения контроля уровня глюкозы в крови и толерантности к глюкозе [10], улучшение чувствительности к инсулину [9], а также снижение резистентности к инсулину [7].

Хорошо известно, что белки в определенной пищевой матрице могут влиять на скорость, с которой углеводы метаболизируются *in vivo* [7]. Предполагают, что добавление молочных белковых фракций, α - или β -казеина, в крахмал восковидной кукурузы будет иметь постпрандиальный эффект снижения уровня глюкозы. Предыдущие результаты реологических, микроскопических и симулированных исследований желудочно-кишечного пищеварения показали ограничение набухания гранул и снижение уровней мальтозы и глюкозы при желатинизации крахмала казеиновыми фракциями. Эти результаты не наблюдались при желатинизации крахмала сывороточными фракциями (α -лактальбумин и β -лактоглобулин) [5].

Цель исследования: изучить влияние кормления крыс крахмалом совместно с казеином и гидролизатами казеина на изменение всасывание глюкозы и аминокислот в кровь

Материал и методы. В работе изучалось *in vitro* на 72 крысах влияния взаимодействия крахмала с казеином и гидролизатами казеина на изменение всасывания их в кровь. С этой целью проводили биохимические исследования по определению в крови концентрации глюкозы, а также аминокислот. В крови сравнивали эти показатели до кормления, а также после кормления через 1 час и 3 часа. В 1 группе для кормления использовали крахмал, во 2 группе для кормления использовали казеин, в 3 группе смесь крахмала и казеина 1:1 и в 4 группе крахмал и предварительно гидролизованный желудочным соком казеин 1:1. Исследование в крови показателей глюкозы производилось биохимическими методами (стандартные наборы ЗАО «Вектор-Бест», Россия). Определение в крови показателей аминокислот производилось с использованием нингидриновой реакции [1].

Полученные данные подвергались статистической обработке с использованием стандартных программ Microsoft Excel 2007 с вычислением средних величин (M), их ошибок (m), а также коэффициента достоверности разности средних величин Стьюдента-Фишера (t).

Результаты. Из полученных данных на крысах было установлено, что у животных, накормленных крахмалом, через 1 час после кормления показатель концентрации глюкозы в крови по отношению к показателям до кормления составлял $172 \pm 15,8\%$, что было достоверно выше результатов крыс без кормления. В тоже время у крыс через 3 часа после кормления исследованный данный показатель находился на уровне $125 \pm 10,6\%$, что было не достоверно выше результатов до кормления. Помимо этого, у крыс, накормленных смесью крахмала и казеина 1:1, через 1 час после кормления показатель концентрации глюкозы в крови был равен $153 \pm 13,7\%$, что находилось также достоверно выше результатов крыс без кормления. При этом у крыс через 3 часа после кормления исследованный этот же показатель составлял $135 \pm 11,9\%$, что было достоверно выше показателей до кормления. Вместе с тем, у крыс, накормленных смесью крахмала и гидролизата казеина, через 1 час после кормления результат концентрации глюкозы в крови составлял $134 \pm 11,3\%$, что было также достоверно выше результатов крыс без кормления. Также у данных же крыс показатель концентрации глюкозы был не достоверно меньше, чем аналогичная величина у крыс, накормленных крахмалом, а также крахмалом совместно с казеином. Наряду с этим у крыс через 3 часа после кормления смесью крахмалом и предварительно гидролизованным казеином уровень концентрации глюкозы был равен $129 \pm 10,8\%$, что находилось не достоверно выше показателей до кормления и не достоверно выше значений крыс, накормленных только крахмалом (рис. 1).

В проведенных исследования на крысах также было установлено, что у животных, накормленных казеином, через 1 час после кормления результат концентрации аминокислот в крови по отношению к показателям до кормления составлял $159 \pm 13,6\%$, это было достоверно выше значений крыс без кормления. Вместе с тем у крыс через 3 часа после кормления это значение равнялось $128 \pm 10,6\%$, что было достоверно выше показателей до кормления. У животных, накормленных крахмалом совместно с казеином в соотношении 1:1, через 1 час после кормления уровень концентрации аминокислот в крови по отношению к величинам до кормления был равен $142 \pm 12,5\%$, что было достоверно выше результатов крыс до кормления. При этом у крыс через 3 часа после кормления крахмалом совместно с казеином данный показатель находился на уровне $129 \pm 11,2\%$, что было не достоверно выше показате-

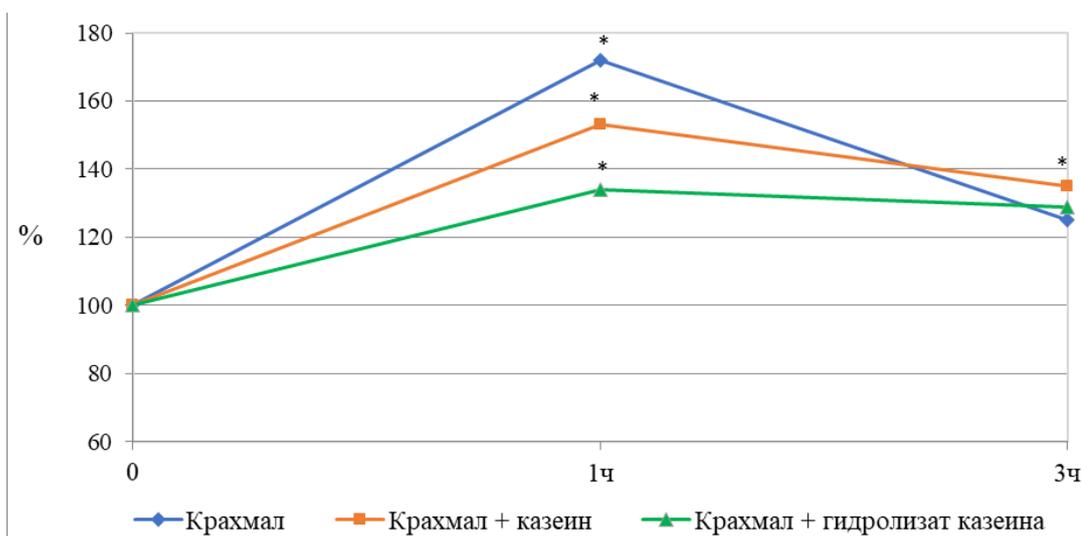


Рис. 1. Изменение всасывания глюкозы у крыс до и через 1 и 3 часа после кормления крахмалом, крахмалом совместно с казеином и крахмалом совместно с гидролизатом казеина гидролизированным желудочным соком.

* - достоверно отличающиеся величины по отношению к показателям до кормления.

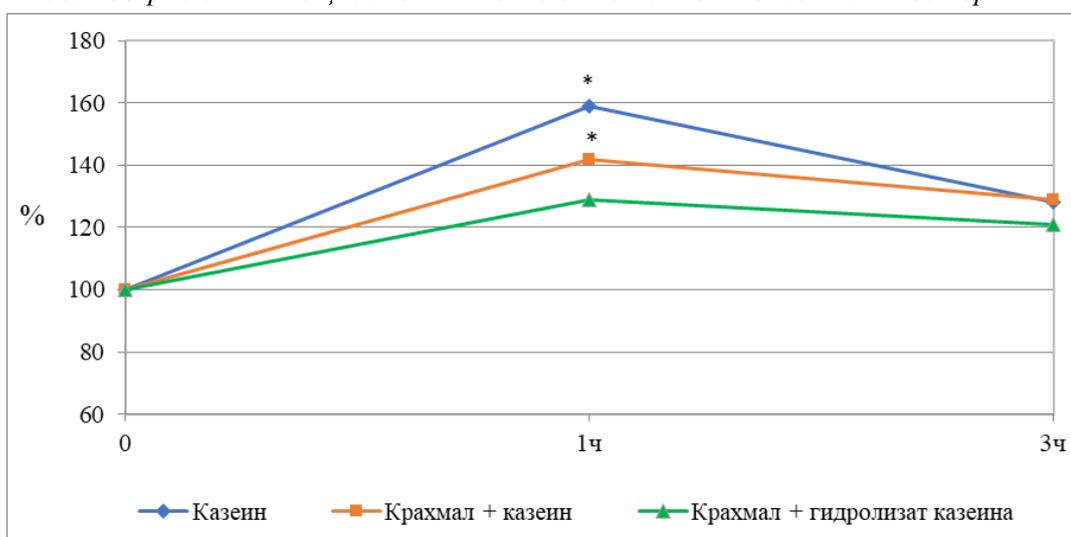


Рисунок 2. Изменение всасывания аминокислот у крыс до и через 1 и 3 часа после кормления казеином, крахмалом совместно с казеином и крахмалом совместно с гидролизатом казеина гидролизированным желудочным соком.

* - достоверно отличающиеся величины по отношению к показателям до кормления.

лей до кормления. Помимо этого, у крыс, накормленных смесью крахмалом и предварительно гидролизированным казеином, через 1 час после кормления значения концентрации аминокислот в крови был не достоверно выше результатов крыс до кормления. В тоже время у крыс через 3 часа после кормления крахмалом и предварительно гидролизированным казеином этот результат был равен $121 \pm 10,6\%$, что было не достоверно выше показателей до кормления (рис. 2).

Обсуждение результатов. Полученные результаты исследования показали, что при кормлении крыс только крахмалом через 1 час отмечалось достоверное увеличение в крови показателей глюкозы по отношению к результатам данного показателя до кормления. Далее через 3 часа наблюдалось существенное снижение глюкозы до значения, которое было не достоверно ниже уровня, которое было через 1 час и не достоверно выше результатов до кормления. В тоже время, при кормлении крыс смесью крахмала с казеином показатель глюкозы спустя 1 час также достоверно повышался по сравнению со значениями этого показателя до кормления. Тем временем величина показателя глюкозы находилась не достоверно меньше аналогичного результата при кормлении только крахмалом. При этом спустя 3 часа отмечалось снижение величины глюкозы, которая была не достоверно ниже значе-

ний через 1 час после кормления, но достоверно выше результатов до кормления. Помимо этого при кормлении крыс смесью крахмала с гидролизатом казеина также отмечалось достоверное увеличение глюкозы к концу 1 часа, но величина этого показателя находилась меньше результатов глюкозы при кормлении крыс с крахмалом и казеином и еще меньше результатов кормления крыс только крахмалом. Спустя 3 часа отмечалось снижение величины глюкозы, которая была не достоверно ниже значений через 1 час после кормления, а также не достоверно выше результатов до кормления.

Представленные данные также обнаружили, что при кормлении крыс только казеином спустя 1 час наблюдалось достоверное повышение в крови величины аминокислот относительно размера этого результата до кормления. Затем через 3 часа отмечалось уменьшение уровня аминокислот до степени, которая находилась не достоверно меньше величины, которая была к концу 1 часа и не достоверно значительнее показателей до кормления. Вместе с тем, при кормлении крыс смесью крахмала с казеином показатель аминокислот спустя 1 час также достоверно повышался по сравнению со значениями этого результата до кормления. Тем временем величина показателя аминокислот находилась не достоверно меньше аналогичного значения при кормлении только казеином. При этом через 3 часа отмечалось снижение величины аминокислот, которая была не достоверно ниже значений спустя 1 час после кормления, а также не достоверно больше показателей до кормления. Кроме того, при кормлении крыс смесью крахмала с гидролизатом казеина отмечалось не достоверное увеличение аминокислот к концу 1 часа и размер этого показателя был ниже величины аминокислот при кормлении крыс с крахмалом и казеином и значительнее ниже результатов кормления крыс только казеином. Наряду с этим поле 3 часов наблюдалось уменьшение размера аминокислот, которое находилось не достоверно меньше результатов через 1 час после кормления, а также не достоверно значительнее показателей до кормления.

Таким образом, кормление крыс крахмалом совместно с казеином способствовало более низким показателям глюкозы в крови по сравнению с аналогичными результатами кормления крыс только крахмалом. В тоже время кормление крыс крахмалом совместно с гидролизатом казеина наблюдалось более выраженное снижение глюкозы, которое находилось меньше показателей кормления только крахмалом, а также крахмалом совместно с казеином. Аналогичная направленность изменений отмечалась при всасывании аминокислот, так при кормлении крыс крахмалом совместно с казеином способствовало более низким показателям аминокислот в крови по сравнению с подобными значениями кормления крыс только казеином. В тоже время кормление крыс крахмалом совместно с гидролизатом казеина наблюдалось более выраженное снижение аминокислот, и было ниже результатов кормления только казеином, а также крахмалом совместно с казеином. Эти изменения могут быть связаны с образованием крахмально-казеиновых, а также крахмально-пептидных комплексов, препятствующих гидролизу крахмала слюнной амилазой и казеина и гидролизатов казеина желудочным соком.

Выводы: кормление крыс крахмалом совместно с казеином способствует более низким показателям в крови глюкозы по сравнению с аналогичными результатами кормления крыс только крахмалом и аминокислот только казеином. Вместе с тем кормление крыс крахмалом совместно с гидролизатом казеина оказывает содействие более выраженному снижению глюкозы, которое было меньше показателей кормления только крахмалом, и крахмалом совместно с казеином. Также выраженному снижению аминокислот, меньше показателей кормления только казеином, и крахмалом совместно с казеином. Данные изменения могут быть связаны с образованием крахмально-казеиновых, а также крахмально-пептидных комплексов, препятствующих гидролизу крахмала слюнной амилазой и казеина и гидролизатов казеина желудочным соком.

Использованная литература:

1. Симонян А. В. Саламатов, А. А., Покровская, Ю. С., & Аванесян, А. А. Использование нингидриновой реакции для количественного определения α -аминокислот в различных объектах: методические рекоменда-

- дации //Метод. рек., Волгоград, Изд-во ВолГМУ. – 2007. –106. С.
2. Augustin, L. S., Kendall, C. W., Jenkins, D. J., Willett, W. C., Astrup, A., Barclay, A. W., ... & Poli, A. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: an International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC) //Nutrition, Metabolism and cardiovascular diseases. – 2015. – Т. 25. – №. 9. – С. 795-815.
 3. Brand-Miller J. C. Brand-Miller, J. C., Stockmann, K., Atkinson, F., Petocz, P., & Denyer, G. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1000 foods //The American journal of clinical nutrition. – 2009. – Т. 89. – №. 1. – С. 97-105.
 4. Derakhshan, A., Tohidi, M., Arshi, B., Khalili, D., Azizi, F., & Hadaegh, F. Relationship of hyperinsulinaemia, insulin resistance and β -cell dysfunction with incident diabetes and pre-diabetes: the Tehran Lipid and Glucose Study //Diabetic Medicine. – 2015. – Т. 32. – №. 1. – С. 24-32.
 5. Kett A. P. et al. Influence of milk proteins on the pasting behaviour and microstructural characteristics of waxy maize starch //Food Hydrocolloids. – 2013. – Т. 30. – №. 2. – С. 661-671
 6. Lennerz, B. S., Koutnik, A. P., Azova, S., Wolfsdorf, J. I., & Ludwig, D. S. Carbohydrate restriction for diabetes: rediscovering centuries-old wisdom //Journal of Clinical Investigation. – 2021. – Т. 131. – №. 1. – С. 1-12.
 7. Meng H. et al. Effect of macronutrients and fiber on postprandial glycemic responses and meal glycemic index and glycemic load value determinations //The American journal of clinical nutrition. – 2017. – Т. 105. – №. 4. – С. 842-853.
 8. Saltiel A. R. Insulin signaling in health and disease //The Journal of Clinical Investigation. – 2021. – Т. 131. – №. 1. – С. 142241-142241.
 9. Tay, J., Luscombe-Marsh, N. D., Thompson, C. H., Noakes, M., Buckley, J. D., Wittert, G. A., ... & Brinkworth, G. D. A very low-carbohydrate, low-saturated fat diet for type 2 diabetes management: a randomized trial // Diabetes care. – 2014. – Т. 37. – №. 11. – С. 2909-2918.
 10. Zafar, M. I., Mills, K. E., Zheng, J., Regmi, A., Hu, S. Q., Gou, L., & Chen, L. L. Low-glycemic index diets as an intervention for diabetes: a systematic review and meta-analysis //The American journal of clinical nutrition. – 2019. – Т. 110. – №. 4. – С. 891-902.