

УДК: 612.323: 612.822.2

## ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ КРАХМАЛОМ И КАЗЕИНОМ В СОСТАВЕ КРАХМАЛЬНО-КАЗЕИНОВЫХ СУБСТРАТОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТИ КРАХМАЛА



Касимова Диёра Собиржоновна, Алейник Владимир Алексеевич, Бабич Светлана Михайловна, Хамракулов Шариф Хошимович

Андижанский государственный медицинский институт, Республика Узбекистан, г. Андижан

## КРАХМАЛ-КАЗЕИНЛИ СУБСТРАТЛАРДА КРАХМАЛ ВА КАЗЕИН ЎРТАСИДАГИ ЎЗГАРТАРИШНИНГ ХАЗМ БЎЛИШНИНГ ЎЗГАРИШИГА ТАЪСИРИ

Касимова Диёра Собиржоновна, Алейник Владимир Алексеевич, Бабич Светлана Михайловна, Хамракулов Шариф Хошимович

Андижон давлат тиббиёт институти, Ўзбекистон Республикаси, Андижон ш.

## EFFECT OF INTERACTION BETWEEN STARCH AND CASEIN IN STARCH-CASEIN SUBSTRATES ON CHANGES IN STARCH DIGESTIBILITY

Kasimova Diyora Sobirjonovna, Aleinik Vladimir Alexeevich, Babich Svetlana Mikhailovna, Khamrakulov Sharif Khoshimovich

Andijan State Medical Institute, Republic of Uzbekistan, Andijan

e-mail: [diyoraqosimova88@gmail.com](mailto:diyoraqosimova88@gmail.com)

**Резюме.** Тажриба кўнгиллилардан тупуриши орқали олинган тупурик ўрганилди. Крахмал ва крахмални ўз ичига олган субстратларнинг тупуриги амилазаси таъсирида крахмал ва казеин ўзаро таъсирининг гидролизга таъсири турли нисбатларда ва тупуриги амилазасининг турли таъсир муддатларида казеин билан биргаликда *in vitro* усулида ўрганилди. Тадқиқот натижаларига кўра оз миқдордаги казеин мавжудлиги крахмал гидролизининг ўзгаришига сезиларли таъсир кўрсатмаслиги аниқланди. Казеин миқдорининг кўпайиши билан тупуриги амилазаси таъсирида крахмал гидролизиди аниқроқ кўрсаткичларда пасайиши кузатилди ва казеиннинг юқори миқдори билан тупуриги амилазаси таъсирида крахмал гидролизиди сезиларли пасайишлар кузатилди. Ўтказилган тадқиқотларда крахмал ва казеин аралашмасида тупуриги амилазасининг таъсири давомийлигининг боғлиқлиги вақт ўтиши билан уларнинг нисбати ўзгаришига боғлиқ ва тупуриги амилазасининг таъсири остида казеин миқдорининг ортиши крахмалнинг ҳазм бўлишининг пасайишига ёрдам беради.

**Калим сўзлар:** сўлак, сўлак амилазаси, крахмал, казеин, ўзаро таъсир, гидролиз, овқат ҳазм қилиши.

**Abstract.** In the work, saliva obtained by spitting from volunteers was investigated. The influence of the interaction of starch and casein on hydrolysis under the influence of salivary amylase of substrates containing starch and starch together with casein in different ratios and different durations of salivary amylase action was studied *in vitro*. As a result of the study, it was found that the presence of a small amount of casein does not significantly affect the change in starch hydrolysis. With an increase in the amount of casein, a more pronounced decrease in starch hydrolysis under the influence of salivary amylase is noted, and with a high amount of casein, a significant decrease in starch hydrolysis under the influence of salivary amylase is noted. In the conducted studies, the dependence of the duration of the influence of salivary amylase in a mixture of starch and casein depends on the change in their ratio over time and an increase in the direction of the casein content, which helps to reduce the digestibility of starch under the influence of salivary amylase.

**Key words:** saliva, salivary amylase, starch, casein, interaction, hydrolysis, digestion.

**Актуальность.** Хотя основным источником является пищеварительные ферменты (амилазы, протеазы и липазы) секретируемые поджелудочной железой в тонкий кишечник, также выделяются отдельные пищеварительные ферменты, присутствующие в различных количествах во рту

и желудке. Например, секреция (количество), а также активность  $\alpha$ -амилазы в слюне человека сильно варьирует как внутри, так и между людьми [8], при этом у людей непрерывно выделяется большой объем слюны с активной амилазой [3]. Также было обнаружено, что pH желудка у людей

варьируется от 1,3-2,5 натошак [4] до 4,5-7 в зависимости от состава и количества пищи [7], в то время как у животных с однокамерным желудком рН колеблется от 1,15 до 9,94 [9] со средним показателем 5,7 за 24 часа. Однако роль амилазы слюны в желудочном пищеварении в значительной степени игнорировалась, поскольку обычно считается, что слюнная амилаза инактивируется в желудке при низком рН [6] и, таким образом, играет незначительную роль в желудочном гидролизе крахмала. Были проведены исследования активности  $\alpha$ -амилазы как биологического аналога слюнной амилазы. [3] при различных значениях рН, чтобы выяснить потенциальную роль  $\alpha$ -амилазы в рото-желудочном пищеварении.

Кроме того, отмечаются синергетические эффекты альфа-амилазы и пепсина, действующие на крахмал и белок, а также наблюдается сохранение активности амилазы в типичных условиях желудочно-кишечного тракта. Также предполагается, что амилаза слюны может играть главную роль в переваривании крахмала как в желудке, так и в тонком кишечнике [1]. Помимо этого изолированный крахмал и белок, взаимодействуя напрямую, могут препятствовать ферментативному расщеплению обоих [2].

Обсуждалось [5], что при рассмотрении питательной ценности пища не должна рассматривается просто как сумма её питательных веществ, а как структурированная матрица, взаимодействующая с макро- и микроэлементами, которые определяют метаболическую судьбу и влияние на здоровье внутри организма. Однако необходимо либо сохранить естественную структуру пищи, либо оптимизировать питательное значение для получения таких полезных эффектов. Экстремальные условия обработки, применяемые в настоящее время к пищевым продуктам, вызывают фракционирование-рекомбинацию в пищевых ингредиентах, в значительной степени разрушая натуральные пищевые продукты, а также их потенциал для здоровья [5].

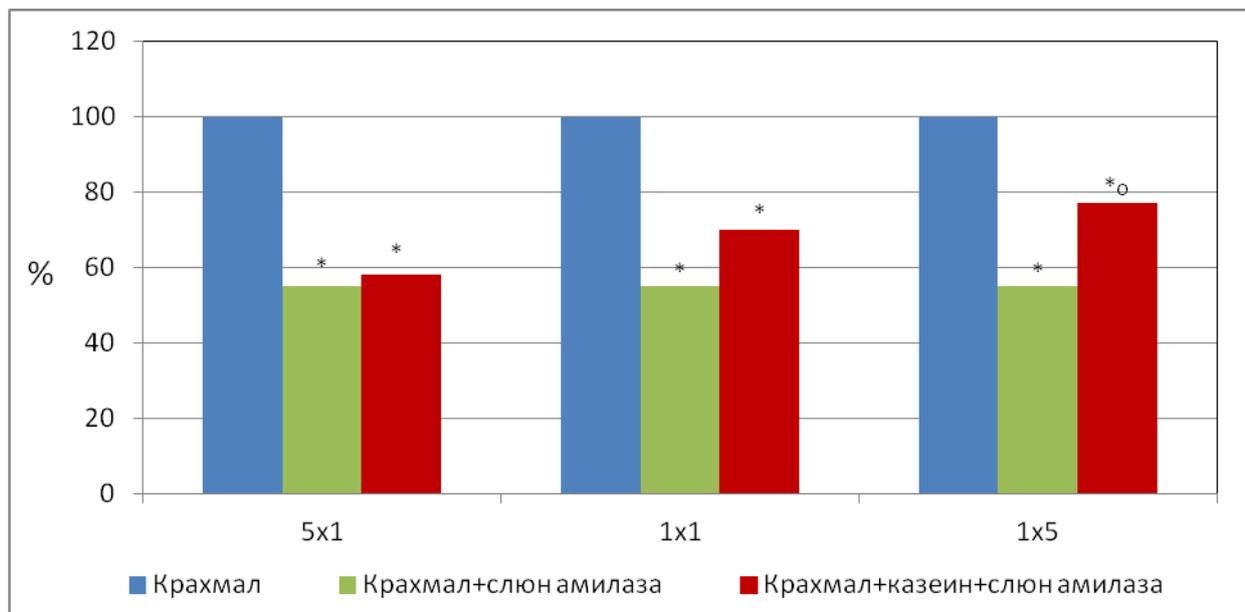
**Цель исследования:** изучить влияние взаимодействия между крахмалом и казеином на изменение их перевариваемости в составе крахмально-казеиновых субстратах.

**Материал и методы.** В работе была исследована слюна полученная методом сплевывания у добровольцев. Изучалось *in vitro* влияние взаимодействия крахмала и казеина на гидролиз под влиянием слюнной амилазы субстратов содержащих крахмал и крахмал совместно с казеином в различном соотношении 5:1, 1:1, 1:5. Исследовалось по синей окраске йодным реактивом содержание остаточного крахмала под влиянием слюнной амилазы, также содержание остаточного крахмала в присутствии казеина под влиянием слюнной амилазы, которое выражалось в процен-

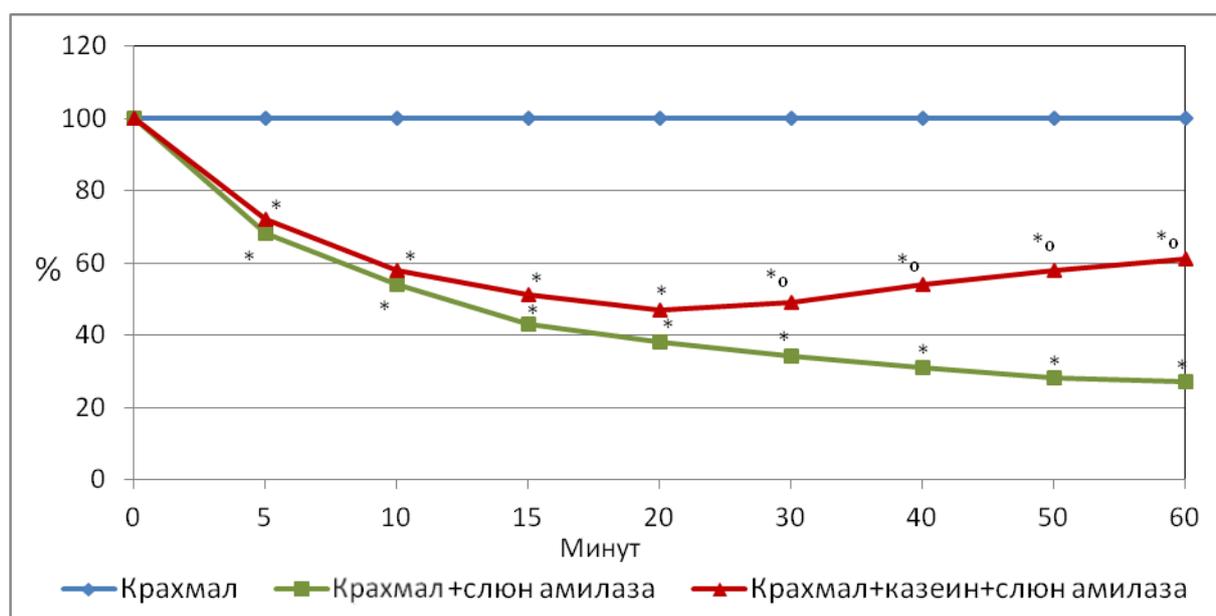
тах по отношению содержанию крахмала без влияния слюнной амилазы. Кроме того исследовались изменения перевариваемости крахмала по динамике продолжительности времени воздействия слюнной амилазы в течении 1 часа в присутствии и отсутствии казеина.

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

**Результаты.** В проведенных исследованиях, где изучалось влияние взаимодействия крахмала и казеина на показатель переваривания крахмала под влиянием слюнной амилазы (рис. 1), было установлено, что при использовании субстрата, содержащего только крахмал, показатель остаточного крахмала составлял  $55 \pm 4,9\%$ , что было достоверно ниже по отношению к таковому показателю крахмала без воздействия слюнной амилазы. В тоже время под влиянием слюнной амилазы на субстрат, содержащий крахмал совместно с казеином в соотношении 5:1, показатель остаточного крахмала составлял  $58 \pm 5,1\%$  по отношению к таковому показателю крахмала без воздействия слюнной амилазы. Что было не существенно выше аналогичного показателя использования в качестве субстрата крахмала под влиянием слюнной амилазы. При этом под влиянием слюнной амилазы на субстрат, содержащий крахмал совместно с казеином в соотношении 1:1, показатель остаточного крахмала составлял  $70 \pm 6,4\%$  по отношению к таковому показателю крахмала без воздействия слюнной амилазы. Что было не достоверно выше аналогичного показателя использования в качестве субстрата крахмала под влиянием слюнной амилазы. Тем не менее, под влиянием слюнной амилазы на субстрат, содержащий крахмал совместно с казеином в соотношении 1:5, показатель остаточного крахмала составлял  $77 \pm 6,9\%$  по отношению к таковому показателю крахмала без воздействия слюнной амилазы. Что было достоверно выше аналогичного показателя использования в качестве субстрата крахмала под влиянием слюнной амилазы (рис. 1). По результатам исследования изменения перевариваемости крахмала по динамике продолжительности времени воздействия слюнной амилазы на крахмал было установлено (рис. 2), что происходит постепенное достоверное снижение содержания остаточного не переваренного крахмала под влиянием слюнной амилазы по сравнению с таким же показателем использования крахмала без воздействия слюнной амилазой. При этом снижение содержания крахмала под влиянием слюнной амилазы в течение одного часа достигало уровня  $27 \pm 2,3\%$ .



**Рис. 1.** Исследование изменения содержания крахмала под влиянием слюнной амилазы при использовании в качестве субстрата крахмала, и смеси крахмала и казеина в соотношении 5:1, 1:1, 1:5. \* - достоверно отличающиеся величины изменения содержания крахмала по отношению аналогичному показателю использования в качестве субстрата только крахмала без влияния слюнной амилазы. o - достоверно отличающиеся величины изменения содержания крахмала по отношению к аналогичному показателю использования в качестве субстрата крахмала под влиянием слюнной амилазы



**Рис. 2.** Исследование изменения содержания крахмала под влиянием слюнной амилазы при использовании в качестве субстрата крахмала, и смеси крахмала и казеина в зависимости от продолжительности времени воздействия слюнной амилазы на крахмал. \* - достоверно отличающиеся величины изменения содержания крахмала по отношению к аналогичному показателю использования в качестве субстрата только крахмала без влияния слюнной амилазы. o - достоверно отличающиеся величины изменения содержания крахмала по отношению к аналогичному показателю использования в качестве субстрата крахмала под влиянием слюнной амилазы

В тоже время изменения перевариваемости крахмала по динамики продолжительности воздействия слюнной амилазы на крахмал в присутствии казеина отмечалось также постепенное достоверное

снижение остаточного не переваренного крахмала под влиянием слюнной амилазы по сравнению с таким же показателем использования крахмала без воздействия слюнной амилазой в течение первых 20 минут до уровня  $47 \pm 3,9\%$ . После чего наблюдалось постепенное увеличение

содержание не переваренного крахмала к концу одного часа до уровня  $61 \pm 5,7\%$ , и эти показатели увеличения, не переваренного крахмала были достоверно выше аналогичных показателей использования крахмала под влиянием слюнной амилазы (рис. 2).

**Обсуждение результатов.** Полученные результаты этих исследований показали, что при использовании в качестве субстрата содержащего только крахмал, под влиянием слюнной амилазы отмечалось достоверное снижение показателя содержания крахмала, по отношению к показателю использования крахмала без влияния слюнной амилазы. В тоже время с применением в качестве субстрата содержащего крахмал совместно с казеином в соотношении 5:1 под влиянием слюнной амилазы отмечалось не значительное увеличение крахмала по отношению к показателю использования крахмала под влиянием слюнной амилазы. Эти результаты указывают на то, что присутствие малого количества казеина не влияет существенно на изменение гидролиза крахмала. При этом, с применением в качестве субстрата крахмала совместно с казеином в соотношении 1:1 под влиянием слюнной амилазы отмечалось выраженное, но не достоверное увеличение крахмала по отношению к показателю использования крахмала под влиянием слюнной амилазы. Полученные данные показывают, что с увеличением количества казеина отмечается более выраженное снижение гидролиза крахмала под влиянием слюнной амилазы. Тем не менее, с применением в качестве субстрата крахмала совместно с казеином в соотношении 1:5 под влиянием слюнной амилазы отмечалось выраженное и достоверное увеличение крахмала по отношению к показателю использования крахмала под влиянием слюнной амилазы. Полученные данные показывают, что при высоком количестве казеина отмечается значительное снижение гидролиза крахмала под влиянием слюнной амилазы.

В проведенных исследованиях изменения содержания крахмала под влиянием слюнной амилазы при использовании в качестве субстрата крахмала, и смеси крахмала и казеина в зависимости от продолжительности времени воздействия слюнной амилазы на крахмал было установлено. Что при использовании в качестве субстрата крахмала под влиянием слюнной амилазы происходит постепенное достоверное снижение содержания остаточного не переваренного крахмала по сравнению с таким же показателем использования крахмала без воздействия слюнной амилазой. В тоже время при использовании в качестве субстрата крахмала совместно с казеином отмечалось также постепенное достоверное снижение содержания остаточного не переваренного крахмала под влиянием слюнной амилазы по

сравнению с таким же показателем использования крахмала без воздействия слюнной амилазой в течение первых 20 минут. После чего наблюдалось постепенное достоверное увеличение содержания, не переваренного крахмала к концу одного часа влияния слюнной амилазы. Эти результаты показывают, что с увеличением продолжительности времени влияния слюнной амилазы на гидролиз крахмала в присутствии казеина и за счет чего отмечалось уменьшение не перевариваемого крахмала. При этом с увеличением времени действия слюнной амилазы и уменьшением крахмала, когда содержание крахмала достигало значительно меньшей величины, то происходит снижение перевариваемости крахмала и во временной динамике и постепенное увеличение содержания его в присутствии казеина по отношению временной динамики изменения перевариваемости крахмала под влиянием слюнной амилазы при отсутствии казеина. Эти результаты показывают, что перевариваемость крахмала в присутствии казеина зависит от их соотношения и увеличение содержания казеина способствует снижению перевариваемости крахмала под влиянием слюнной амилазы.

**Выводы:** Полученные результаты показывают, что присутствие малого количества казеина не влияет существенно на изменение гидролиза крахмала.

С увеличением же количества казеина отмечается более выраженное снижение гидролиза крахмала под влиянием слюнной амилазы, а при высоком количестве казеина отмечается значительное снижение гидролиза крахмала под влиянием слюнной амилазы. В проведенных исследованиях зависимости продолжительности влияния слюнной амилазы в смеси крахмала и казеина зависит от изменения их соотношения и изменение во времени соотношения в сторону увеличения содержания казеина способствует снижению перевариваемости крахмала под влиянием слюнной амилазы.

#### Литература:

1. Annor, G. A., Marcone, M., Bertoft, E., & Seetharaman, K. In vitro starch digestibility and expected glycemic index of kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*) as affected by starch–protein–lipid interactions //Cereal Chemistry. – 2013. – Т. 90. – №. 3. – С. 211-217.
2. Bhattarai R. R., Dhital S., Gidley M. J. Interactions among macronutrients in wheat flour determine their enzymic susceptibility //Food Hydrocolloids. – 2016. – Т. 61. – С. 415-425.
3. Butterworth P. J., Warren F. J., Ellis P. R. Human  $\alpha$ -amylase and starch digestion: An interesting marriage //Starch-Stärke. – 2011. – Т. 63. – №. 7. – С. 395-405.

4. Dressman, J. B., Berardi, R. R., Dermentzoglou, L. C., Russell, T. L., Schmaltz, S. P., Barnett, J. L., & Jarvenpaa, K. M. Upper gastrointestinal (GI) pH in young, healthy men and women //Pharmaceutical research. – 1990. – Т. 7. – №. 7. – С. 756-761.
5. Fardet A., Rock E. Toward a new philosophy of preventive nutrition: from a reductionist to a holistic paradigm to improve nutritional recommendations //Advances in nutrition. – 2014. – Т. 5. – №. 4. – С. 430-446.
6. Fried M., Abramson S., Meyer J. H. Passage of salivary amylase through the stomach in humans //Digestive diseases and sciences. – 1987. – Т. 32. – №. 10. – С. 1097-1103.
7. Kong F., Singh R. P. Disintegration of solid foods in human stomach //Journal of food science. – 2008. – Т. 73. – №. 5. – С. R67-R80.
8. Mandel, A. L., Peyrot des Gachons, C., Plank, K. L., Alarcon, S., & Breslin, P. A. Individual differences in AMY1 gene copy number, salivary  $\alpha$ -amylase levels, and the perception of oral starch //PloS one. – 2010. – Т. 5. – №. 10. – С. e13352.
9. Rauch, S., Muellenbach, R. M., Johannes, A., Zollhöfer, B., & Roewer, N. Gastric pH and motility in a porcine model of acute lung injury using a wireless motility capsule //Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research. – 2011. – Т. 17. – №. 7. – С. BR161.

## **ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ КРАХМАЛОМ И КАЗЕИНОМ В СОСТАВЕ КРАХМАЛЬНО-КАЗЕИНОВЫХ СУБСТРАТОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТИ КРАХМАЛА**

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

**Резюме.** В работе была исследована слюна полученная методом сплевывания у добровольцев. Изучалось *in vitro* влияние взаимодействия крахмала и казеина на гидролиз под влиянием слюнной амилазы субстратов содержащих крахмал и крахмал совместно с казеином в различном соотношении и различной продолжительности действия слюнной амилазы. В результате исследования установлено, что присутствие малого количества казеина не влияет существенно на изменение гидролиза крахмала. С увеличением же количества казеина отмечается более выраженное снижение гидролиза крахмала под влиянием слюнной амилазы, а при высоком количестве казеина отмечается значительное снижение гидролиза крахмала под влиянием слюнной амилазы. В проведенных исследованиях зависимости продолжительности влияния слюнной амилазы в смеси крахмала и казеина зависит от изменения их соотношения во времени и увеличения в сторону содержания казеина способствует снижению перевариваемости крахмала под влиянием слюнной амилазы.

**Ключевые слова:** слюна, слюнная амилаза, крахмал, казеин, взаимодействие, гидролиз, переваривание.