



DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-179-7-131-136

УДК: 612.323: 612.822.2

Влияние жиров и их продуктов гидролиза на протеолитическую активность поджелудочного и желудочного соков

Джалалова О. К., Алейник В. А., Жураева М. А., Бабич С. М., Хамракулов Ш. Х.

Андижанский государственный медицинский институт (Андижан, Узбекистан, 170127)

The effect of fats and their hydrolysis products on the proteolytic activity of pancreatic and gastric juices

O. K. Dzhahalova, V. A. Aleinik, M. A. Zhuraeva, S. M. Babich, Sh. Kh. Khamrakulov

Andijan State Medical Institute (Andijan, Uzbekistan, 170127)

Для цитирования: Джалалова О. К., Алейник В. А., Жураева М. А., Бабич С. М., Хамракулов Ш. Х. Влияние жиров и их продуктов гидролиза на протеолитическую активность поджелудочного и желудочного соков. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2020;179(7): 131–136.

DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-179-7-131-136

For citation: Dzhahalova O. K., Aleinik V. A., Zhuraeva M. A., Babich S. M., Khamrakulov Sh. Kh. The effect of fats and their hydrolysis products on the proteolytic activity of pancreatic and gastric juices. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2020;179(7): 131–136. (In Russ.) DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-179-7-131-136

Джалалова Озода Козимжановна, соискатель докторант

Алейник Владимир Алексеевич, д.м.н., профессор, профессор кафедры нормальной физиологии

Бабич Светлана Михайловна, к.м.н., доцент, зав. кафедрой социальной гигиены и управления здравоохранением

Жураева Мохигуль Азимжановна, к.м.н., доцент, доцент кафедры ВОП-1 лечебный факультет

Хамракулов Шариф Хошимович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой патологической физиологии

Ozoda K. Dzhahalova, doctoral candidate

Mohigul A. Juraeva, candidate of medical sciences, associate professor, associate professor of the Department of GP-1, Faculty of Medicine; ORCID: 0000-0002-8338-1122

Vladimir A. Aleinik, MD, professor, professor of the Department of Normal Physiology

Svetlana M. Babich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Social Hygiene and Health Management

Sharif K. Khamrakulov, MD, professor, head of the department of pathological physiology

✉ **Corresponding author:**

Жураева

Мохигуль Азимжановна

Mohigul A. Juraeva

mohigul_azimovna@mail.ru

Резюме

Исследовалось влияние различной концентрации продуктов гидролиза жиров на ОПА поджелудочного и желудочного соков с использованием казеиново-жировой эмульсии (казеин + трибутирин, казеин + подсолнечное масло). Сделаны выводы, что продукты гидролиза подсолнечного масла, способствует достоверному снижению ОПА поджелудочного сока, которые менее выражены под влиянием продуктов гидролиза трибутирина. Продукты гидролиза, как подсолнечного масла, так и трибутирина менее выражены в кислой среде на снижение ОПА желудочного сока. Повышение концентрации, как подсолнечного масла, а также трибутирина в составе эмульсии с казеином способствует достоверному повышению ОПА поджелудочного сока. В тоже время эффект трибутирина менее выражен, чем при использовании подсолнечного масла. При этом повышение концентрации как трибутирина, так и подсолнечного масла в меньшей мере влияет на увеличение ОПА желудочного сока.

Ключевые слова: поджелудочный сок, желудочный сок, протеолитическая активность, казеиново-жировая эмульсия, продукты гидролиза жиров, казеин, трибутирин, подсолнечное масло

Summary

The effect of various concentrations of fat hydrolysis products on the pancreatic and gastric juices OPA using casein-fat emulsion (casein + tributyrin, casein + sunflower oil) was studied. It is concluded that the hydrolysis products of sunflower oil, contributes to a significant decrease in pancreatic juice OPA, which are less pronounced under the influence of tributyrin hydrolysis products.

The hydrolysis products of both sunflower oil and tributyrin are less pronounced in an acidic environment to reduce the gastric juice OPA. An increase in the concentration of both sunflower oil and tributyrin in the emulsion with casein contributes to a significant increase in pancreatic juice OPA. At the same time, the effect of tributyrin is less pronounced than when using sunflower oil. At the same time, an increase in the concentration of both tributyrin and sunflower oil to a lesser extent affects the increase in the gastric juice gastric arteries.

Keywords: pancreatic juice, gastric juice, proteolytic activity, casein-fat emulsion, fat hydrolysis products, casein, tributyrin, sunflower oil

В ряде работ показана важная роль, которую физиологические поверхностно активные вещества играют в переваривании белков. В этих исследованиях не учитывалось влияние некоторых желудочно-кишечных ферментов на характеристики переваривания белка. Например, липазы желудка и поджелудочной железы безусловно, могут играть важную роль в модификации структуры эмульсии через формирование поверхностно-активных свободных жирных кислот и моно- и диглицеридов из триглицеридов масляной фазы. Это может изменить физико-химические свойства расщепляемых эмульсий и, следовательно, скорость переваривания адсорбированных белков. Кроме того, переваримость белков может быть изменена химическими и физическими модификациями, полученными в результате обработки пищевых продуктов (например, ферментное расщепление, термообработка). Это важные вопросы для будущих исследований белково-стабилизированных эмульсий. Успешная разработка этих вопросов может стать ключом к контролю как протеолиза, так и липолиза коллоидных продуктов и, следовательно, способствовать борьбе с ожирением и пищевой аллергией [3, 5].

Было показано, что казеин способен связывать как олеиновую кислоту, так и таурохолевую кислоту. Таким образом, присутствие непереваренного белка в верхнем отделе тонкого кишечника может мешать поглощению липидов слизистой оболочкой двойным действием, включающим прямое связывание жирных кислот с белком и нарушение

мицеллярной солюбилизации липидов из-за связывания желчных кислот [7, 2].

Имеется объяснение, которое заключается в том, что липиды связываются с вторичным сайтом связывания жирных кислот бычьего β -лактоглобулина, таким образом, блокируя действие протеаз по стерическим причинам. Эти данные показывают, как биомолекулярные взаимодействия между белками и липидами могут изменять паттерны протеолиза и должны учитываться при любой модели пищеварения [4].

Вопросы взаимодействия белков с жирными кислотами изучались на протяжении нескольких десятилетий. Однако, даже с учетом информации, полученной к настоящему времени, только некоторые аспекты взаимодействия между белками и жирными кислотами были выяснены [8, 6].

За счет конкурентной адсорбции белков и десорбции белками липазы с поверхности жировых капель, многие белки, адсорбируясь на поверхности жировых капель, могут препятствовать гидролизу жиров поджелудочной липазой. При этом адсорбция белков на поверхности жировых капель может влиять на их гидролиз протеазами. Помимо этого взаимодействие с жирными кислотами также может воздействовать на их гидролиз протеазами.

Цель исследования: изучить влияние взаимодействия казеина с жирами и жирными кислотами на протеолитическую активность поджелудочного и желудочного сока.

Материал и методы

В работе были использованы желудочный и поджелудочный соки, полученные в хронических экспериментах у собак при тощачковой секреции. В первой серии исследовалось влияние различной концентрации продуктов гидролиза жиров на ОПА [1] под влиянием поджелудочного и желудочного сока с использованием казеиново-жировой эмульсии (казеин + трибутирин, казеин + подсолнечное масло). В условиях использования в качестве субстрата с желудочным или поджелудочным соком: только казеина (0,5%), водно-масляной эмульсии (1,0%) без предварительной преинкубации без казеина с поджелудочным соком, водно-масляной эмульсии (1,0%)

после предварительной 30 мин. преинкубации её без казеина с поджелудочным соком, водно-масляной эмульсии (1,0%) после предварительной 60 мин. преинкубации её без казеина с поджелудочным соком.

Во второй серии исследовалось влияние различной концентрации жиров на ОПА [1] под влиянием поджелудочного и желудочного сока с использованием казеиново-жировой эмульсии (казеин + трибутирин, казеин + подсолнечное масло). В условиях использования в качестве субстрата с желудочным или поджелудочным соком: только казеина (0,5%), 1,0% масляной эмульсии, 1,5% масляной эмульсии, 2,0% масляной эмульсии.

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 результате проведенных исследований первой серии, где изучалось влияние различной концентрации продуктов гидролиза жиров на ОПА поджелудочного и желудочного сока. Было установлено, что показатели ОПА поджелудочного сока при использовании в качестве субстрата эмульсии из казеина и подсолнечного масла, без предварительной инкубации масла с поджелудочным соком, были достоверно выше по сравнению с показателями ОПА поджелудочного сока с применением в качестве субстрата только казеина. При этом показатели ОПА поджелудочного сока при использовании эмульсии из казеина и подсолнечного масла, после предварительной 30 мин. преинкубации подсолнечного масла без казеина с поджелудочным соком, существенно, ноне достоверно снижались, по сравнению с ОПА без жировой эмульсии с использованием только казеина. Такая же тенденция изменения ОПА при применении эмульсии из казеина и подсолнечного масла после предварительной 60 мин. преинкубации подсолнечного масла без казеина с поджелудочным соком, где отмечалось еще более выраженное достоверное снижение показателей ОПА по сравнению с ОПА без жировой эмульсии. В общем, при этом наблюдалось выраженное постепенное снижение показателей ОПА поджелудочного сока с нарастанием продуктов гидролиза подсолнечного масла (рис. 1А).

При исследовании ОПА желудочного сока с применением белково-жировых эмульсий, было установлено. Что при использовании эмульсии из казеина и подсолнечного масла, показатели ОПА при употреблении подсолнечного масла без предварительной инкубации его, без казеина с поджелудочным соком были также достоверно выше по сравнению с ОПА без жировой эмульсии. При этом показатели ОПА при использовании подсолнечного масла после предварительной 30 мин. инкубации его без казеина с поджелудочным соком, были также незначительно выше по сравнению с ОПА без жировой эмульсии, но ниже показателей ОПА при применении подсолнечного масла без предварительной инкубации его, без казеина с поджелудочным соком. В полученных результатах исследований при применении подсолнечного масла после предварительной 60 мин. инкубации его без казеина с поджелудочным соком. Отмечались незначительно ниже показатели ОПА по сравнению с таковыми данными без жировой эмульсии. В результате наблюдалось незначительное снижение ОПА под влиянием желудочного сока с нарастанием концентрации продуктов гидролиза подсолнечного масла (рис. 1Б).

В исследованиях, где изучалось влияние различной концентрации продуктов гидролиза жиров на ОПА под влиянием поджелудочного и желудочного

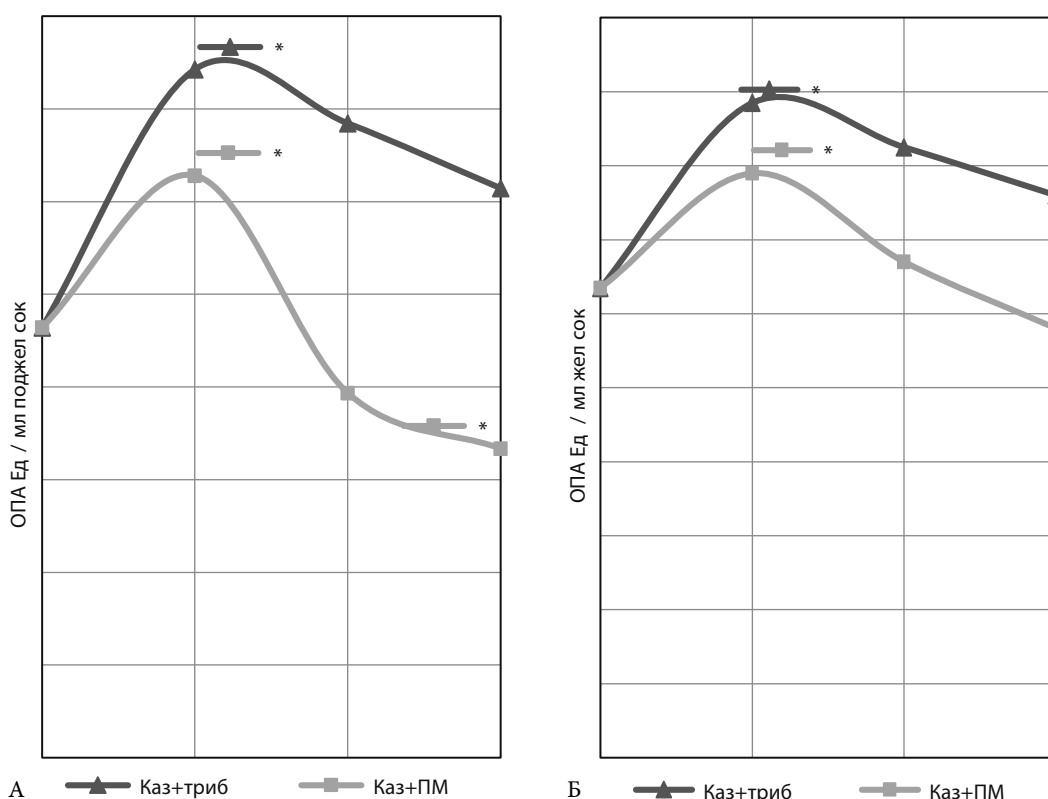


Рисунок 1. Изменение протеолитической активности под влиянием поджелудочного (А) и желудочного (Б) сока с использованием казеиново-жировой эмульсии. В условиях использования в качестве субстрата с желудочным или поджелудочным соком: 1 – только казеина, 2 – масляной эмульсии без предварительной преинкубации её без казеина с поджелудочным соком, 3 – масляной эмульсии после предварительной 30 мин. преинкубации её без казеина с поджелудочным соком, 4 – масляной эмульсии после предварительной 60 мин. преинкубации её без казеина с поджелудочным соком.

Примечание:

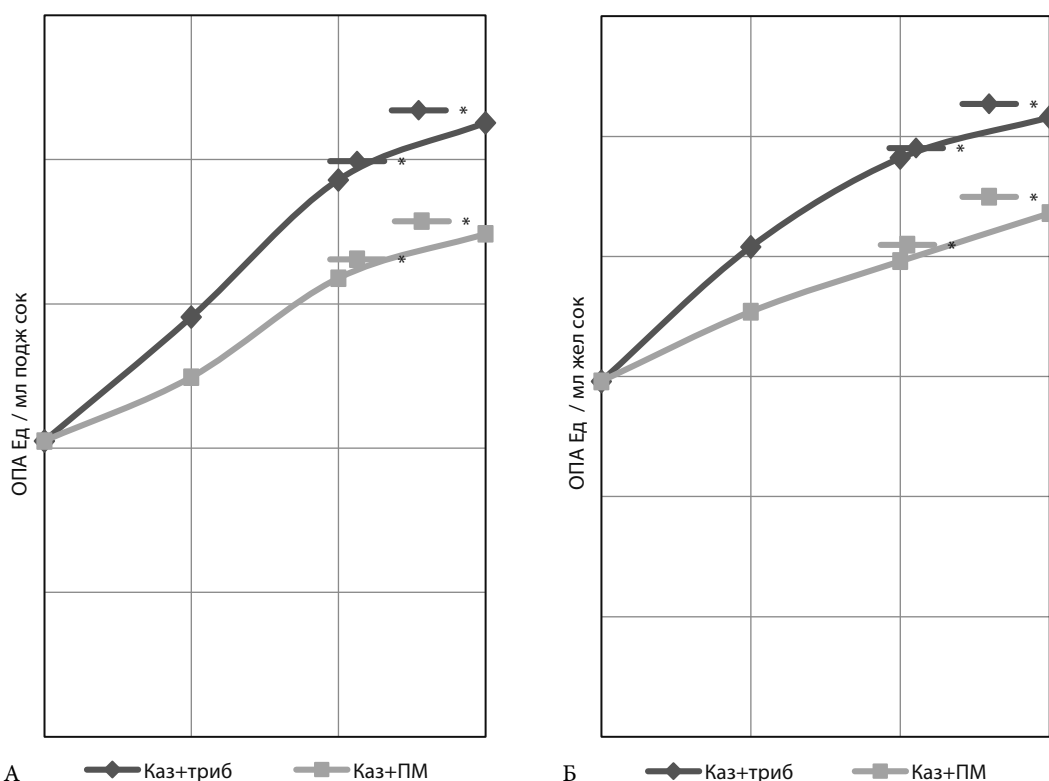
* достоверно отличающиеся величины по отношению к показателям использования в качестве субстрата с желудочным или поджелудочным соком только казеина.

Рисунок 2.

Изменение протеолитической активности под влиянием поджелудочного (А) и желудочного (Б) сока с использованием казеино-жировой эмульсии. В условиях использования в качестве субстрата с желудочным или поджелудочным соком: 1 – только казеина, 2 – 1,0% масляной эмульсии, 3 – 1,5% масляной эмульсии, 4 – 2,0% масляной эмульсии.

Примечание:

* достоверно отличающиеся величины по отношению к показателям использования в качестве субстрата с желудочным или поджелудочным соком только казеина.



соков, с использованием трибутирина в составе казеино-жировой эмульсии было установлено. Что при использовании эмульсии из казеина и трибутирина, ОПА, без преинкубации трибутирина, без казеина с поджелудочным соком, достоверно увеличивалась по сравнению с ОПА без жировой эмульсии. При этом показатели ОПА при использовании трибутирина после предварительной 30 мин. инкубации его без казеина с поджелудочным соком, были достоверно выше показателей ОПА без жировой эмульсии, но ниже ОПА, при использовании трибутирина без преинкубации его, без казеина с поджелудочным соком. Такая же тенденция изменения ОПА отмечалась при применении трибутирина после предварительной 60 мин. инкубации его без казеина с поджелудочным соком. В общем, при этом наблюдалось незначительное снижение ОПА под влиянием поджелудочного сока с нарастанием концентрации продуктов гидролиза трибутирина (рис. 1А).

При исследовании ОПА желудочного сока с применением белково-жировых эмульсий, из казеина и трибутирина, ОПА при применении трибутирина имела такую же динамику изменений, но на чуть меньшем уровне, как без преинкубации его без казеина с поджелудочным соком, так и после предварительной 30 мин. инкубации трибутирина без казеина с поджелудочным соком, а также при применении трибутирина после предварительной 60 мин. инкубации его без казеина с поджелудочным соком. При этом наблюдалось незначительно выраженное снижение ОПА под влиянием желудочного сока с нарастанием концентрации продуктов гидролиза трибутирина (рис. 1Б).

В проведенных исследованиях второй серии, где изучалось влияние различной концентрации подсолнечного масла в составе белково-жировой

эмульсии на ОПА под влиянием поджелудочного сока. Было установлено, что при использовании 1,0% эмульсии из казеина и подсолнечного масла, показатели ОПА были не достоверно выше, по сравнению с ОПА, где был только казеин без жировой эмульсии. При этом показатели ОПА при использовании 1,5% подсолнечного масла были достоверно значительно выше по сравнению с ОПА без жировой эмульсии. Такая же направленность ОПА отмечалась при использовании 2,0% подсолнечного масла, которая проявлялась в достоверно более высоких показателях по сравнению с ОПА без жировой эмульсии. В общем, при этом наблюдалось достоверно выраженное постепенное повышение ОПА под влиянием поджелудочного сока с нарастанием концентрации подсолнечного масла (рис. 2А).

При исследовании ОПА желудочного сока с применением белково-жировых эмульсий при использовании различной концентрации жиров, было установлено, что при использовании 1,0% эмульсии из казеина и подсолнечного масла, ОПА была достоверно больше по сравнению с ОПА без жировой эмульсии. При этом показатели ОПА при использовании 1,5% эмульсии подсолнечного масла и казеина были достоверно выше по сравнению с ОПА без жировой эмульсии и больше, чем с применением 1,0% эмульсии из казеина и подсолнечного масла. В результатах исследований полученных при использовании 2,0% эмульсии подсолнечного масла и казеина, отмечались также достоверно выше показатели ОПА по сравнению с таковыми показателями без жировой эмульсии и выше, чем с применением 1,0% и 1,5% эмульсии из казеина и подсолнечного масла. В общем, при этом наблюдалось выраженное повышение ОПА под влиянием желудочного сока с нарастанием концентрации подсолнечного масла (рис. 2Б).

При изучении ОПА поджелудочного сока, с применением различной концентрации трибутирина в составе белково-жировой эмульсии на ОПА под влиянием поджелудочного сока, было установлено. Что при использовании 1,0% эмульсии из казеина и трибутирина, показатели ОПА были значительно выше, но недостоверно выражены, по сравнению с ОПА, где использовался только казеин без жировой эмульсии. В тоже время показатели ОПА при использовании 1,5% трибутирина были достоверно выше по сравнению с ОПА без жировой эмульсии и выше показателей с применением 1,0% трибутирина, а также эти показатели ОПА были выше таковых показателей с использованием подсолнечного масла. Такая же направленность ОПА отмечалась при использовании 2,0% трибутирина, которая проявлялась в достоверно более высоких показателях по сравнению с ОПА без жировой эмульсии и выше

показателей с применением 1,0% и 1,5% трибутирина, а также эти показатели ОПА были выше таковых показателей с использованием подсолнечного масла. В общем, при этом наблюдалось достоверно выраженное постепенное повышение ОПА под влиянием поджелудочного сока с нарастанием концентрации трибутирина, но динамика изменения этих показателей была выше по сравнению с динамикой таковых показателей подсолнечного масла (рис. 2А).

В результате исследования ОПА желудочного сока с применением белково-жировых эмульсий с различной концентрацией жиров, было установлено, что при использовании эмульсии из казеина и трибутирина как 1,0%, так и 1,5%, а также 2,0%, ОПА была существенно выше по сравнению с ОПА без жировой эмульсии. При этом отмечалось значительное повышение ОПА при увеличении концентрации трибутирина (рис. 2Б).

Обсуждение результатов

Полученные результаты исследований, где изучалось влияние различной концентрации продуктов гидролиза жиров на ОПА под влиянием поджелудочного сока, с использованием, как подсолнечного масла, так и трибутирина, в составе казеиново-жировой эмульсии. Показали достоверно выраженное повышение ОПА под влиянием поджелудочного сока. С нарастанием продуктов гидролиза, как подсолнечного масла, так и трибутирина наблюдалось снижение ОПА, более выраженное с применением подсолнечного масла. В тоже время полученные данные, где изучалось влияние различной концентрации продуктов гидролиза жиров на ОПА под влиянием желудочного сока, с использованием подсолнечного масла или трибутирина в составе казеиново-жировой эмульсии, выявили выраженное достоверное повышение ОПА. С нарастанием концентрации продуктов гидролиза подсолнечного масла или трибутирина под влиянием желудочного сока отмечалось повышение ОПА, которое было менее выражено по сравнению с показателями ОПА под влиянием поджелудочного сока. Эти результаты показали, что в условиях щелочной среды, с увеличением продуктов гидролиза подсолнечного масла, отмечающееся выраженное снижение ОПА под влиянием поджелудочного сока, может быть связано с возможностью образования жирных кислот, концентрация которых повышается с увеличением времени преинкубации подсолнечного масла. Образовавшиеся жирные кислоты при взаимодействии с молекулами казеина имеют способность создавать комплексы, которые могут препятствовать действию протеаз поджелудочного сока. В тоже время в условиях кислой среды, с увеличением продуктов гидролиза подсолнечного масла, отмечается менее выраженное снижение ОПА под влиянием желудочного сока. Это может быть связано с тем, что образовавшиеся жирные кислоты, концентрация которых повышается с увеличением времени преинкубации подсолнечного масла, могут обладать менее выраженной способностью к образованию с молекулами казеина комплексов в кислой среде.

Также результаты проведенных исследований показали, что при использовании белково-жировых эмульсий с применением трибутирина и казеина, наблюдалось менее выраженное снижение ОПА под влиянием, как поджелудочного, так и желудочного сока с нарастанием концентрации продуктов гидролиза трибутирина. Это может быть связано с тем, что образовавшиеся жирные кислоты, концентрация которых повышается с увеличением времени преинкубации трибутирина, могут обладать менее выраженной способностью к образованию с молекулами казеина комплексов, которые могли бы способствовать в щелочной среде действию протеаз поджелудочного сока, а также могли бы способствовать в кислой среде действию пепсина желудочного сока.

Полученные результаты этих исследований являются дополнительным подтверждением того, что на различие эффектов при использовании продуктов гидролиза подсолнечного масла и трибутирина влияет различие физико-химического строения этих масел. Можно предположить, что сила взаимодействия казеина с жирными кислотами подсолнечного масла значительно выше, чем с жирными кислотами трибутирина за счет присутствия длинноцепочных жирных кислот и это может препятствовать влиянию протеаз поджелудочного сока, что может способствовать снижению ОПА поджелудочного сока при использовании продуктов гидролиза подсолнечного масла. В тоже время на различие эффектов при использовании продуктов гидролиза подсолнечного масла и трибутирина влияет pH среды. В кислой среде сила взаимодействия казеина с жирными кислотами, как подсолнечного масла, так и трибутирина ниже. Это может быть связано с тем, что в кислой среде жирные кислоты, как подсолнечного масла, так и трибутирина могут обладать менее выраженной способностью к образованию с молекулами казеина комплексов, которые могли бы препятствовать в кислой среде действию пепсина желудочного сока.

В результате проведенных исследований при изучении влияния различной концентрации

подсолнечного масла в составе белково-жировой эмульсии на ОПА под влиянием поджелудочного сока, было установлено, достоверно выраженное постепенное увеличение ОПА под влиянием поджелудочного сока с нарастанием концентрации подсолнечного масла. Это связано с тем, что белки обладают адсорбцией, а также упорядоченному разворачиванию на поверхности жировых капель, что способствует более доступному их пепсинолизу [3]. Полученные результаты также можно объяснить тем, что при повышении концентрации подсолнечного масла в составе белково-жировых эмульсий, увеличивается количество жировых капель и общая поверхность этих капель. За счет этого увеличивается количество адсорбированного на жировых каплях казеина, и это взаимодействие способствует улучшению влияния протеаз на молекулы казеина, в результате отмечается повышение ОПА поджелудочного сока и желудочного сока при использовании белково-жировой эмульсии.

В то же время в исследованиях с использованием белково-жировых эмульсий с применением подсолнечного масла в составе белково-жировой эмульсии на ОПА под влиянием желудочного сока, было установлено, менее выраженное увеличение ОПА под влиянием желудочного сока с нарастанием

концентрации подсолнечного масла. Полученные результаты можно объяснить тем, что, не смотря на повышение концентрации подсолнечного масла в составе белково-жировых эмульсий, и увеличение количества жировых капель, а также общей поверхности этих капель, менее выражена адсорбция на жировых каплях с применением белково-жировой эмульсии с подсолнечным маслом.

При изучении влияния различной концентрации трибутирина в составе белково-жировой эмульсии наблюдалось достоверно выраженное постепенное повышение ОПА под влиянием поджелудочного сока с нарастанием концентрации трибутирина, но динамика изменения этих показателей была выше по сравнению с динамикой таковых показателей подсолнечного масла. На основании этих данных можно предположить, что на отличие эффектов подсолнечного масла и трибутирина может оказывать влияние различие физико-химического строения этих масел, что влияет на различие степени адсорбции казеина на подсолнечном масле и трибутирине. Можно предположить, что за счет этого сила взаимодействия казеина с подсолнечным маслом, при адсорбции его на поверхности жировой капли, за счет присутствия длинноцепочных жирных кислот выше, чем с трибутирином.

Выводы

Таким образом, можно заключить, что продукты гидролиза подсолнечного масла и трибутирина панкреатической липазой, способствуют снижению ОПА поджелудочного сока, при менее выраженных эффектах продуктов гидролиза трибутирина. Продукты гидролиза, как подсолнечного масла, так и трибутирина в составе жировых эмульсий с казеином в меньшей степени влияют в кислой среде на снижение ОПА желудочного сока. Повышение концентрации подсолнечного масла в составе эмульсии с казеином способствует

достоверному увеличению ОПА поджелудочного сока. Повышение концентрации трибутирина в составе эмульсии с казеином также способствует достоверному увеличению ОПА поджелудочного сока, но этот эффект более выражен, чем при использовании подсолнечного масла. Повышение концентрации как трибутирина, так и подсолнечного масла в составе эмульсии с казеином в меньшей степени влияют в кислой среде на ОПА желудочного сока, по сравнению с ОПА поджелудочного сока в щелочной среде.

Литература | References

1. Андреева Ю. В. Влияние голодания и возобновления кормления на секреторную функцию желудка/ Дисс., канд.биол.наук, Санкт-Петербург, 2007,140 с.
Andreeva Yu. V. The effect of fasting and resumption of feeding on the secretory function of the stomach. Diss., Candidate of Biological Sciences, St. Petersburg, 2007, 140 p.
2. Golding, M., Wooster, T. J., Day, L., Xu, M., Lundin, L., Keogh, J., & Clifton, P. Impact of gastric structuring on the lipolysis of emulsified lipids. *Soft matter*. 2011. Vol. 7, no. 7, pp. 3513–3523.
3. Macierzanka, A., Sancho, A. I., Mills, E. C., Rigby, N. M., & Mackie, A. R. Emulsification alters simulated gastrointestinal proteolysis of β -casein and β -lactoglobulin. *Soft Matter*. 2009. Vol. 5, no. 3, pp. 538–550.
4. Mandalari, G., Mackie, A. M., Rigby, N. M., Wickham, M. S., & Mills, E. C. Physiological phosphatidylcholine protects bovine β -lactoglobulin from simulated gastrointestinal proteolysis. *Molecular nutrition & food research*. 2009. Vol. 53, no. S1, pp. S131–S139.
5. Sarkar A., Goh K. K. T., Singh H. Properties of oil-in-water emulsions stabilized by β -lactoglobulin in simulated gastric fluid as influenced by ionic strength and presence of mucin. *Food Hydrocolloids*. 2010. Vol. 24, no. 5, pp. 534–541.
6. Sarkar, A., Goh, K. K., Singh, R. P., & Singh, H. Behaviour of an oil-in-water emulsion stabilized by β -lactoglobulin in an in vitro gastric model. *Food Hydrocolloids*. 2009. Vol. 23, no. 6, pp. 1563–1569.
7. Sklan D., Budowski P., Hurwitz S. Absorption of oleic and taurocholic acids from the intestine of the chick. Interactions and interference by proteins. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism*. 1979. Vol. 573, no. 1, pp. 31–39.
8. Smith, F., Pan, X., Bellido, V., Toole, G. A., Gates, F. K., Wickham, M. S., Mills, E. C. (2015). Digestibility of gluten proteins is reduced by baking and enhanced by starch digestion. *Molecular nutrition & food research*. 2015. Vol. 59, no. 10, pp. 2034–2043.