

Физиология питания

УДК 664.7
ББК 36.93

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА УСВОЕНИЕ БЕЛКОВ ПЕРЛОВОЙ КРУПЫ

А.С. Саломатов

Исследовано влияние гидротермической обработки перловой крупы на перевариваемость белков системой ферментов пепсин–трипсин. Об эффективности усвоения белков судили по конечному накоплению тирозина.

Установлено, что накопление тирозина при гидролизе белков нативной перловой крупы системой ферментов пепсин – трипсин подчиняется линейной зависимости. По окончанию гидролиза белков нативной перловой крупы пепсином выявлено 17 мкг/см³ тирозина. Через 6 часов гидролиза белков ферментами содержание тирозина увеличилось до 32 мкг/см³.

Процесс накопления тирозина при гидролизе белков взорванной перловой крупы системой ферментов пепсин – трипсин принципиально отличался. На кривой, характеризующей накопление тирозина при гидролизе белков взорванной перловой крупы ферментами пепсин–трипсин, наблюдалось 4 фазы.

В первой фазе (35 минут) гидролиз белков протекал в 12 раз интенсивней по сравнению с нативной перловой крупой. Затем в течение второй фазы (95 минут) скорость реакции гидролиза белков пепсином значительно уменьшилась. Вероятно, это связано с тем, что основная часть субстрата расщепляется в первый час гидролиза. Затем наблюдается третья фаза гидролиза (160 минут), которая связана с введением в систему трипсина. Данная фаза характеризуется увеличением скорости накопления тирозина более чем в 3 раза, по сравнению со второй фазой. В четвертой фазе (70 минут) гидролиз белков и накопление тирозина практически полностью прекращается. Вероятно, это связано с тем, что белки взорванной перловой крупы к этому моменту полностью подверглись гидролизу с образованием тирозина. Следует отметить, что наибольшее количество тирозина образуется на первой и третьей стадиях гидролиза. Если сложить продолжительность первой и третьей стадий, то процесс активного переваривания белков взорванной перловой крупы по продолжительности не превысит двух часов.

Общее количество тирозина, образованного при гидролизе белков взорванной перловой крупы, составило 88 мкг/см³, что в 2,8 раз больше, чем у нативной крупы. По видимому, это обусловлено тем, что в процессе производства взорванной перловой крупы происходит разрыхление структуры и денатурация белков, что способствует лучшему их усвоению организмом.

Ключевые слова: пищевая добавка, перловая крупа, гидролиз, пепсин, трипсин, тирозин, перевариваемость, усвояемость.

Введение

Обеспечение населения качественными продуктами питания является одной из ключевых проблем современного человечества. Проблема правильного питания не может быть решена путем создания достаточного количества необходимых пищевых продуктов, стихийный выбор которых приводит к нарушению питания и как следствие, широкому распространению тяжелых заболеваний в современном человеческом обществе [6].

Идея создания «идеальной» пищи и «идеального» питания, основанная на теории сбалансированного питания, занимала умы ученых в конце XIX – начале XX в. Основная

мысль данной идеи заключалась в обогащении продуктов питания веществами, непосредственно участвующими в метаболизме, и отбрасывании балластных веществ.

Следует признать ошибочным стремление ученых к разработке рафинированных продуктов питания, представляющих собой оптимальные смеси чистых эссенциальных нутриентов в комплексе с пищевыми добавками. Теория адекватного питания, разработанная академиком А.М. Уголевым в конце XX в., наглядно продемонстрировала необходимость введения в пищевой рацион пищевых волокон и других веществ, которые ранее ученые стремились исключить из состава пищевых продуктов.

Из большого многообразия пищевых продуктов кондитерские изделия представляют собой наиболее рафинированную группу продуктов питания. Это обусловлено высоким содержанием жиров и легкоусвояемых углеводов и практически полному отсутствию пищевых волокон. В связи с этим необходимо широкое применение добавок, способных снижать гликемический индекс кондитерских изделий [7–10].

Совместно со специалистами Московского государственного университета пищевых производств и НИИ кондитерской промышленности Россельхозакадемии разработана технология добавки на основе перловой крупы, подвергнутой обработке в аппарате «Пушка». Полученная таким образом добавка была применена в технологии воздушного полуфабриката.

Целью работы является исследование влияния гидротермической обработки на усвоение белков перловой крупы.

Объекты и методы исследований

В работе использована перловая крупа по ГОСТ 5784–60. Оценку качества взорванной перловой крупы проводили по ГОСТ 15113.1–77 по показателям: масса нетто образца, объемная масса, массовая доля и размеры отдельных зерен. Опытные и контрольные образцы готовили из одних партий сырья.

В основе метода определения перевариваемости белков крупы лежит ферментативный гидролиз белков в условиях, при которых доступность пептидных связей обусловлена не только свойствами белка, но и дополнительными факторами, связанными со структурой и химическим составом продукта.

Для определения перевариваемости белков системой ферментов на аналитических весах взвешивали навеску исследуемого образца продукта, исходя из расчета содержания в ней около 200 мг белка. Пробу помещали во внутренний сосуд прибора. Туда же вносили 20 см³ раствора соляной кислоты концентрацией 0,02 моль/дм³ (рН 1,2). В наружный сосуд вводили 60 см³ того же раствора. С целью предотвращения денатурации фермента из-за резкого перепада температур и точности эксперимента, внутренний сосуд вставляли во второй сосуд так, чтобы нижняя поверхность его дна погружалась в раствор при условии равенства уровней жидкостей во внутреннем и наружном сосудах. Пробу инкубировали в термостате при температуре 37 °С. После уравнивания температур во внутренний сосуд

вносили 20 мг кристаллического пепсина концентрацией фермента 1 мг/см³. Выбор концентрации пепсина обусловлен содержанием его в желудочно-кишечном тракте человека. Реакцию проводили при перемешивании жидкости мешалкой при частоте вращения 1 с⁻¹. Каждый час отбирали пробы из сосудов: из внутреннего – 0,5 см³, из наружного – 1 см³. После этого в сосуды вносили объем раствора соляной кислоты (0,02 моль/дм³), равный объему взятой пробы. Пробу из внутреннего цилиндра разбавляли в 10 раз раствором вольфрамвокислого натрия с массовой долей 10 %. Затем методом Лоури определяли содержание тирозина в пробе.

Для проведения дальнейшего гидролиза исследуемого образца трипсином, через 3 ч жидкость из наружного сосуда заменяли равным объемом раствора гидрокарбоната натрия (NaHCO₃) концентрацией 0,02 моль/дм³ (рН 8.2). Пепсиновый перевар во внутреннем сосуде нейтрализовали при быстром перемешивании 0,5 см³ раствора гидроксида натрия концентрацией 2 моль/дм³, после чего к нему прибавляли 20 см³ NaHCO₃ (0,02 моль/дм³). После уравнивания температуры во внутренний сосуд вносили 20 мг кристаллического трипсина. Концентрация фермента при этом составляла 0,5 мг/см³, что соответствует средней концентрации фермента в желудочно-кишечном тракте человека. Дальнейшие исследования проводили аналогично определению атакуемости белков пепсином.

Степень атакуемости белков в продукте оценивали по нарастанию количества тирозина (мкг/см³) в результате ферментативного гидролиза системой пепсин – трипсин с уровнями протеолитической активности 30 и 240 ед./г соответственно.

Результаты и их обсуждение

Ячмень является одной из наиболее древних зерновых культур. Многие из отечественных ученых, среди которых М.В. Лукьянов, А.Я. Трофимовская, Р.Э. Регель, А.А. Орлов, Ф.Х. Бахтеев, Н.И. Жуковский и др. склоняются к тому, что культурный ячмень произошел путем одомашнивания дикого ячменя (*Hordeum spontaneum* С/Кoch). Но в научном мире также находится немало противников этой теории. Дискуссии по этому вопросу делятся уже более ста лет [2].

Трибы ячменевых *Hordeae* Benth, по мнению Р.Ю. Рожевиц, обособились среди злаковых трав в миоцене или в плиоцене (20–15 млн лет до н. э.). В результате длинной

эволюции среди этой трибы возникли формы с достаточно крупными семенами (зерновками), которые могли привлечь внимание травоядных животных и птиц. Животные и птицы, в свою очередь, способствовали более быстрому распространению этих форм.

Вначале зерно диких форм ячменя собиралось среди естественных зарослей, а с возникновением примитивного земледелия ячмень один из первых был введен в культуру [7].

Анализ литературных источников показал, что ячмень начали впервые возделывать между 15 и 7 тысячелетиями до н. э. в Передней Азии и Африке [1, 4].

Как свидетельствуют результаты археологических изысканий – самые древние находки зерен двурядного ячменя обнаружены на территории древнейших поселений Передней Азии в слоях относящихся к VIII–VII тысячелетиям до н. э., в горных раскопках Северного Ирака, Ирана, Турции. Значительное количество археологических данных указывает на то, что эволюция культурного ячменя и его распространение по всему миру тесно связаны с зарождением и развитием древних цивилизаций [8].

Как культурное растение ячмень начали возделывать на обширных пространствах Азии во времена зарождения скотоводства и земледелия. Открытая на юге Турции оседлая земледельческая культура (VII тысячелетие до н. э.), близкая к палестинскому Иерихону, имела значение для распространения и проникновения ячменя, пшеницы и других злаков в районы Юго-Восточной Европы [2, 4].

По другим литературным источникам, на территорию Европы продвижение ячменя шло из Месопотамии через малую Азию в Грецию, а уже затем в Южную Россию. В дальнейшем из Европы ячмень распространился в отдаленные страны, такие как Канада и Австралия [3].

По мнению многих ученых, ячмень на территорию нашей страны попал через Сибирь из Китая, Средней Азии, а также через Кавказ.

Ячмень использовался повсеместно. В Древнем Вавилоне из него готовили слабоалкогольный напиток, напоминающий пиво. Шумерам более 9 тыс. лет назад был известен алкогольный напиток на основе ячменя.

Ячмень был основным продуктом питания древнеримских гладиаторов, поэтому латинское название ячменя *hordeum vulgare*

образовано от названия гладиаторов *hordearii* [8].

В Монголии с древнейших времен вырабатывали ячменную муку «Арвайн гурил» путем обжаривания в чугунном котле, отчищенного и шелушенного зерна ячменя, с последующим отделением лузги и размолом в ступке [1].

Следы возделывания ячменя в России, по разным литературным источникам, восходят к V–III тысячелетию до н. э. На Нижнем Дону земледелием начали заниматься примерно в IV тысячелетии до н. э. В раскопках, проводимых вблизи города Аксай, археологами Ростовского государственного университета были обнаружены зерна культурного многорядного ячменя, возраст которых датируется III веком до н. э. [4].

На сегодняшний день ячмень возделывается во всех странах мира. Многообразие форм ячменя позволяет выращивать его везде, где возможно земледелие. Большой интерес к ячменю во всем мире связан с универсальностью этой культуры. Широкая распространенность ячменя связана с тем, что данная зерновая культура одинаково пригодна и как для производства пищевых продуктов, и как корм для животных, а также ячмень обладает великолепными свойствами для солодоращения в пивоварении [9].

Всего ячменя насчитывается до 30 видов, но наибольшее распространение во всем мире получил один вид – ячмень посевной. Он делится на три подвида: ячмень многорядный (*Ssp. Vulgare L*), двухрядный (*Ssp. Distichum L*) и промежуточный (*Ssp. Intermedium Vav et Orl*). Основным подвидом выращиваемого во всем мире ячменя является *Hordeum sativum vulgare L*. По сравнению с другими подвидами, он урожайнее, больше приспособлен к механизированной обработке и меньше осыпается [6].

В мировом земледелии площади посевов ячменя в конце XX века составляли 97,7 млн гектар. На долю ячменя приходится больше 12 % общей площади посевов зерновых культур на земном шаре. В России ячмень является четвертой по объему производства зерновой культурой после пшеницы, ржи и овса и основной зернофуражной культурой страны. Валовой сбор ячменя в 1913 г. составил около 5 млн т, в 1965 г. – 11,8 млн т, в 1970–80 гг. – до 20 млн т, а в 1990–92 гг. – до 28,6 млн т. Средняя урожайность ячменя в период с 1913 по 1975 г. возросла от

8,6 ц/га до 14,8 ц/га озимого ячменя – от 9,5 до 17,7 ц/га в 1976–1992 гг. соответственно от 12,2 до 18,5 ц/га, а озимого – от 27,9 до 45,4 ц/га. В настоящее время площади посевов ячменя в России ежегодно достигают 13–14 млн га, при этом на долю ярового ячменя приходится 90 % посевов [1].

Широкое распространение ярового ячменя связано с особенностями климатических условий нашей страны. Ячмень менее требователен к теплу, чем другие злаки, и обладает коротким вегетационным периодом в 70–100 дней, благодаря чему он успевает созреть на севере за короткое лето, а на юге – до наступления засухи [2].

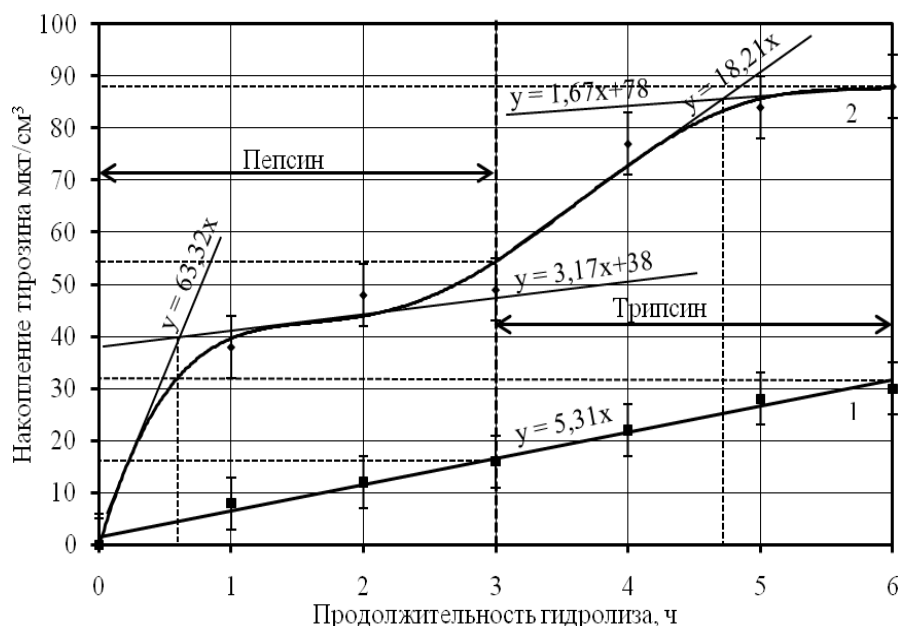
По данным ФАО ежегодный валовой сбор ячменя во всем мире составляет 130–160 млн тонн, из которых 42–48 % расходуется на промышленную переработку, включающую приготовление различных кормов для животных, 6–8 % идет на производство пива, 15 % – на пищевые цели и 16 % – на кормовые цели. В таких европейских странах, как Чехия, Дания и Венгрия ячмень почти не используется на пищевые цели [8].

Проведенный нами анализ литературных источников показал, что более 30 % мирового сбора ячменя выращивается в России и других странах бывшего СССР, за ними следуют Франция, Канада, и Великобритания, США и Германия (5–7 % в каждой). В США более двух третей его сбора дают четыре северных

штата и Калифорния (яровой ячмень) [1–3].

Ячмень и продукт его переработки – перловая крупа, представляют большой интерес как источник растворимых и нерастворимых пищевых волокон, в частности β -глюкана. Содержание бета-глюкана в ячмене достигает 5–11 %. К примеру, его содержание в пшенице не превышает 1 % [5–7].

Ячмень богат проламиновой фракцией белков (hordeins). Запасы белков в ячмене могут быть разделены в зависимости от их молекулярного массы и расположения: А – проламины имеют молекулярный вес 12–26 кДа; В – проламины 36–45 кДа; С – проламины 59–72 кДа, D – проламины имеют молекулярную массу примерно 100 кДа. Недавние исследования показали, что существует связь между белками ячменя и твердостью зерна. Белок ячменя содержит незаменимые аминокислоты, включая треонин, валин, лизин и аргинин. Незаменимые аминокислоты – это аминокислоты, которые не образуются организмом, или не могут быть произведены достаточно быстро в соответствии с потребностью организма. Эти аминокислоты играют важную роль в метаболическом обмене и поступают в организм только с пищей. Например, аргинин участвует в синтезе мочевины в печени, в то время как лизин участвует в производстве – карнитина, который представляет собой вещество, транспортирующее жирные кислоты внутри клеток [6].



Влияние процесса взрывания на гидролиз белков перловой крупы: 1 – нативная; 2 – взорванная

Белки, попадая в желудок, подвергаются гидролизу под действием пепсина в течение приблизительно 3 часов. Затем белки, состоящие преимущественно из пептидов, образованных при гидролизе белка пепсином, попадают в кишечник, где подвергаются гидролизу под действием трипсина. Средняя продолжительность переваривания белков составляет 6 часов.

С целью определения степени усвоения человеком белков нативной и взорванной перловой крупы, проведены исследования «in vitro» перевариваемости образцов под действием ферментов желудочно-кишечного тракта человека (пепсина и трипсина). Об эффективности усвоения белков судили по конечному накоплению тирозина. Результаты исследований представлены на рисунке.

Данные рисунка показывают, что накопление тирозина при гидролизе белков нативной перловой крупы системой ферментов пепсин – трипсин подчиняется линейной зависимости (1). По окончании гидролиза белков пепсином выявлено 17 мкг/см³ тирозина. Через 6 часов гидролиза белков ферментами содержание тирозина увеличилось до 32 мкг/см³.

Процесс накопления тирозина при гидролизе белков взорванной крупы системой ферментов пепсин – трипсин принципиально отличается. На кривой накопления тирозина (кривая 2) при гидролизе белков взорванной перловой крупы ферментами пепсин – трипсин наблюдается 4 фазы.

В первой фазе (35 минут) гидролиз белков протекает в 12 раз интенсивней по сравнению с нативной перловой крупой. Затем в течение второй фазы (95 минут) скорость реакции гидролиза белков пепсином значительно уменьшается. Вероятно, это связано с тем, что основная часть субстрата расщепляется в первый час гидролиза. Затем наблюдается третья фаза гидролиза (160 минут), которая связана с введением в систему трипсина. Эта фаза характеризуется увеличением скорости накопления тирозина более чем в 3 раза по сравнению со второй фазой. В четвертой фазе (70 минут) гидролиз белков и накопление тирозина практически полностью прекращается. Вероятно, это связано с тем, что белки взорванной перловой крупы к этому моменту полностью подверглись гидролизу с образованием тирозина. Следует отметить, что наибольшее количество тирозина образуется на первой и третьей стадии гидролиза. Если сложить продолжительность первой и третьей

стадий, то процесс активного переваривания белков взорванной перловой крупы по продолжительности не превысит двух часов.

Общее количество тирозина, образованного при гидролизе белков взорванной перловой крупы, составило 88 мкг/см³, что в 2,8 раз больше, чем у нативной крупы. По видимому, это обусловлено тем, что в процессе производства взорванной перловой крупы происходит разрыхление структуры и денатурация белков, что способствует лучшему их усвоению организмом.

Выбор перловой крупы в качестве объекта исследования объясняется наличием в ее составе β-глюкана. Отличительной особенностью β-глюкана, от других видов пищевых волокон, является его способность создавать вязкие гели, замедляющие всасывание сахаров.

Разработанная добавка на основе перловой крупы опробована на кондитерских предприятиях, специализирующихся на выпуске воздушного полуфабриката. Проведены исследования по введению добавки в технологию воздушного полуфабриката. Исследовано влияние режимов термообработки на потребительские характеристики воздушного полуфабриката. Установлено, что введение добавки из перловой крупы в количестве 6 % приводит к снижению плотности воздушного полуфабриката на 4,7 % и незначительно сказывается на хрупкости. Содержание сухих веществ в воздушном полуфабрикате достигает значения 96 % при температуре в центре 96 °С. Введение добавки способствует сокращению продолжительности выпечки на 12,5 %. Качество воздушного полуфабриката должно соответствовать следующим требованиям: содержание сухих веществ не менее 96 %; плотность – (305 ± 10) кг/м³; хрупкость – (65 ± 2) кПа. Установлено, что внесение добавки способствует повышению содержания белка в 1,2 раза, а также увеличению витамина РР в 2,7 раза.

Литература

1. Вайтанис, М.А. Влияние физико-механических свойств зерна ячменя перспективных селекционных форм на выход перловой крупы // М.А. Вайтанис, Л.Е. Мелешкина, В.С. Иунихина, Л.А. Кострова / Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 4. – С. 38–40.

2. Иунихина, В.С. Продукты на зерновой основе: возможности расширения ассортимента на современном этапе // В.С. Иунихина / Хлебопродукты. – 2012. – № 10. – С. 10–11.

3. Иунихина, В.С. Сорбционная способность и физико-технологические свойства перспективных сортов ячменя алтайского края, выращенных на фонах с тяжелыми металлами / В.С. Иунихина, Л.Е. Мелешкина, М.А. Вайтанис, Л.И. Кострова // Ползуновский вестник. – 2010. – № 3. – С. 257–260.

4. Мелешкина, Л.Е. Изменение углеводного комплекса перловой и гречневой крупы быстрого приготовления в процессе баротермического текстурирования // Л.Е. Мелешкина, В.С. Иунихина, М.А. Вайтанис / Ползуновский вестник. – 2012. – № 2-2. – С. 117–121.

5. Пат. 2323592 Российская Федерация, МПК А23Л1/18, А23Л1/10. Способ производства перловой крупы, не требующей варки. Иунихина В.С., Мелешкина Л.Е., Вайтанис М.А.; заяв. и патентообл. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – 2006138562/13; заявл. 31.10.2006; опубл. 10.05.2008.

6. Ahmad, A. Extraction and characterization of β -d-glucan from oat for industrial utilization // A. Ahmad, F. Muhammad Anjum, T. Zahoor, H. Nawaz, Z. Ahmed / International

Journal of Biological Macromolecules. – 2010. – V. 46, Is. 3. – P. 304–309.

7. Brennan, C.S. Utilisation glucagel in the beglucan enrichment of breads: a physiochemical and nutritional evaluation // C.S. Brenna, L.J. Cleary / Food Research International. – 2007. – V. 40. – P 291–296.

8. Marklinder, I., Sour dough fermentation of barley flours with varied content of mixed-linked (1/3),(1/4) b-D-glucans // I. Marklinder, L. Johansson // Food Microbiology. – 1995. – V. 12. – P. 363–371.

9. Mitsou, E.K. Prebiotic potential of barley derived b-glucan at low intake levels: a randomised, double-blinded, placebocontrolled clinical study // M.K. Mitsou, N. Panopoulou, K. Turunen, V. Spiliotis, A. Kyriacou // Food Research International. – 2010. – V. 43(4). – P. 1086–1092.

10. Mikkelsen, M.S. New insights from a β -glucan human intervention study using NMR metabolomics // M.S. Mikkelsen, F. Savorani, M.A. Rasmussen, B.M. Jespersen, M. Kristensen, S.B. Engelsen // Food Research International. – 2014. – V. 63, Part B. – P. 210–217.

Саломатов Алексей Сергеевич. Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации питания, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), salomatovas@mail.ru

Поступила в редакцию 4 ноября 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series "Food and Biotechnology"
2014, vol. 2, no. 4, pp. 70–76**

ANALYSIS OF THE EFFECT OF HYDROTHERMAL PROCESSING TO ABSORB PROTEIN OF PEARL BARLEY

A.S. Salomatov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The effect of hydrothermal processing of pearl barley on digestibility of protein by the system of pepsin-trypsin ferments is analyzed. Final accumulation of tyrosine proves the efficiency of protein digestibility.

It is stated that tyrosine accumulation at proteolysis of native pearl barley by the system of pepsin-trypsin ferments is under linear dependence. After finishing proteolysis of native pearl barley by pepsin, 17 mkg/cm³ of tyrosine is observed. In 6 hours of proteolysis the amount of tyrosine increases up to 32 mkg/cm³.

The process of accumulation of tyrosine at proteolysis of puffed pearl barley by the system of pepsin-trypsin ferments is considerably different. One can observe 4 phases on the curve which characterizes the accumulation of tyrosine at proteolysis of puffed pearl barley by pepsin-trypsin ferments.

At the first phase (35 minutes) proteolysis is 12 times more intensive in comparison with native pearl barley. Then within the second phase (95 minutes) the speed of reaction considerably decreases. It is connected with the fact that main part of a substrate is split during the first hour of proteolysis. The third phase (160 minutes) is connected with trypsin introduction to the system. This phase is characterized with the increase of tyrosine accumulation speed up to 3 times more in comparison with the second phase. In the fourth phase (70 minutes) there is no proteolysis and tyrosine accumulation. It is connected with the fact that protein of puffed pearl barley has been fully under proteolysis with tyrosine formation. One should pay much attention to the fact that great amount of tyrosine is at the first and third stages of proteolysis. If we add duration of the first and third stages the process of active proteolysis of puffed pearl barley is less than 2 hours.

Total amount of tyrosine is 88 mkg/cm³ which is 2,8 times more than at native pearl barley. It is connected with the fact that in the process of puffed pearl barley production there is leavening of the structure and denaturation of proteins which contributes to their absorption by the organism.

Keywords: food additive, pearl barley, hydrolysis, pepsin, trypsin, tyrosine, digestibility, absorption.

References

1. Vaytanis M.A., Meleshkina L.Ye., Iunikhina V.S., Kostrova L.A. [The Influence physico-mechanical characteristic grain barley on output pearl barley got from perspective selection forms]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of farm products]. 2011, no. 4, pp. 38–40. (in Russ.)
2. Iunikhina V.S. [Cereal Products: Possibilities for the Range of Products Broadening at Modern Stage]. *Khleboprodukty* [Bakery]. 2012, no. 10, pp. 10–11. (in Russ.)
3. Iunikhina V.S., Meleshkina L.E., Vaytanis M.A., Kostrova L.I. [Sorption Capacity and Physical and Technological Properties of Promising Variety of Barley of Altai Region, Grown on the Basis of Heavy Metals]. *Polzunovskiy vestnik* [Plzunovsky Bulletin]. 2010, no. 3, pp. 257–260. (in Russ.)
4. Meleshkina L.E., Iunikhina V.S., Vaytanis M.A. [The Change of Carbohydrate Structure of Instant Pearl and Buckwheat in the Process of Barothermal Texturization]. *Polzunovskiy vestnik* [Plzunovsky Bulletin]. 2012, no. 2-2, pp. 117–121. (in Russ.)
5. Iunikhina V.S., Meleshkina L.E., Vaytanis M.A. *Sposob proizvodstva perlovoy krupy, ne trebuyushchey varki* [Method of Pearl Barley Production which doesn't Require Boiling]. Patent 2323592 of the Russian Federation, International Patent Classification A23L1/18, A23L1/10.. Applicant and Patent Holder State Educational Institution of Higher Professional Education I.I. Polzunov Altai State Technical University – 2006138562/13; applied on October 31, 2006, issued on May 10, 2008.
6. Ahmad A., Muhammad Anjum F., Zahoor T., Nawaz H., Ahmed Z. Extraction and characterization of β -d-glucan from oat for industrial utilization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2010, vol. 46, iss. 3, pp. 304–309.
7. Brennan C.S., Cleary L.J. Utilisation glucagel in the beglucan enrichment of breads: a physio-chemical and nutritional evaluation. *Food Research International*, 2007, vol. 40, pp. 291–296.
8. Marklinder I., Johansson L. Sour dough fermentation of barley flours with varied content of mixed-linked (1/3),(1/4) b-D-glucans. *Food Microbiology*, 1995, vol. 12, pp. 363–371.
9. Mitsou E.K. Panopoulou N., Turunen K., Spiliotis V., Kyriacou A. Prebiotic potential of barley derived b-glucan at low intake levels: a randomised, double-blinded, placebocontrolled clinical study. *Food Research International*, 2010, vol. 43(4), pp. 1086–1092.
10. Mikkelsen M.S., Savorani F., Rasmussen M.A., Jespersen B.M., Kristensen M., Engelsen S.B. New insights from a β -glucan human intervention study using NMR metabolomics. *Food Research International*, 2014, vol. 63, part B, pp. 210–217.

Aleksei Sergeevich Salomatov. Candidate of Science (Engineering), associate professor of the Department of Food Processing and Catering Department of South Ural State University, Chelyabinsk, salomatovas@mail.ru

Received 4 November 2014