

## **ФЕРМЕНТНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И БИОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

### **Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry**

**П.С. Бикбулатов**, аспирант

**А.В. Арисов**, кандидат технических наук,

**О.В. Чугунова**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,  
(г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45)

Рецензент: Е.В. Пастушкова, доктор технических наук, доцент

#### **Аннотация**

Ферментные препараты играют существенную роль в биотехнологических процессах получения пищевой продукции. Представлены основные пищевые ферменты, позволяющие организму легче переваривать различные продукты, к которым можно отнести: амилазу, лактазу, липазу, мальтазу, сахаразу и протеазу. Показано влияние протеаз на организм человека. Проведен обзор основных направлений использования ферментов в пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** ферменты, биотехнологические процессы, пищевые продукты.

#### **Abstract**

Enzyme preparations play an essential role in the biotechnological processes of obtaining food products. The main food enzymes that make it easier for the body to digest various products are presented, which include: amylase, lactase, lipase, maltase, sucrose and protease. The effect of proteases on the human body is shown. The review of the main directions of the use of enzymes in the food industry is carried out.

**Keywords:** enzymes, biotechnological processes, food products

В настоящее время в природе обнаружено свыше 3 тысяч ферментов. Большинство биотехнологий основано на использовании биокатализаторов, потребность в которых постоянно возрастает. Единственным, неограниченным источником ферментов являются микроорганизмы, из которых можно выделить любые из известных в настоящее время ферментов. Синтез ферментов микроорганизмами разделяется на две основные категории: внеклеточные, такие как амилаза, целлюлаза, лактаза, липаза, пектиназа, протеаза, и внутриклеточные, включающие аспарагиназу, каталазу и инвертазу. Внеклеточные ферменты добывают из культуральной жидкости, предварительно изолированной от микроорганизмов, раскрывая новые горизонты для научного понимания.

К основным пищевым ферментам позволяющие организму легче переваривать различные продукты, можно отнести: амилаза, лактаза, липаза, мальтаза, сахараза и протеаза [6]. Каждый фермент имеет свою уникальную функцию, но все они необходимы для поддержания пищеварения и создания благоприятной работы для всего организма человека. В таблице 1 представлены 6 основных ферментов, участвующих в пищеварении.

**Функции ферментов, участвующих в пищеварении [2,5]**

<b>Наименование фермента</b>	<b>Функция</b>
Амилаза	Содержится в слюне, соках поджелудочной железы и желудка. Она расщепляет углеводы и крахмал на простые сахара.
Лактаза	Расщепляет лактозу на простые сахара - глюкозу и галактозу.
Липаза	Пищеварительный фермент в желудке и поджелудочной железе, расщепляющий липиды на жирные кислоты и глицерин.
Протеаза	Находится в желудке, поджелудочной железе и кишечнике, расщепляет белок на аминокислоты.
Мальтаза	Расщепляет солодовый сахар на глюкозу.
Сахараза	Расщепляет сахар на глюкозу и фруктозу.

Стоит отметить, что в сравнении с липазой и амилазой, осуществляющих расщепление жиров и углеводов, протеазы имеют более широкий спектр оказываемого влияния на общее состояние здоровья организма. Как было отмечено выше, протеазы осуществляют процесс расщепления белков, содержащихся в пищевых продуктах на более простые, что позволяет ускорить процесс получения энергии из пищи и дать материал для дальнейшего развития и построения организма человека. При этом стоит отметить, что основным отличием протеаз от всех остальных ферментов является то, что они также играют ряд дополнительных ролей в важнейших процессах организма, таких как свертывание крови, деление клеток и др.

Ферментные препараты представляют собой композиции ферментов либо ферменты одного вида, обладающие различной степенью очистки. Они могут быть введены в сырье или продукт, либо использоваться в иммобилизованной форме, закрепленные на носителе. Активность ферментов поддается контролю, их реакционные характеристики изменяются в зависимости от условий окружающей среды, таких как температура, кислотность и прочее.

Использование ферментов приводит к получению разнообразных пищевых продуктов. Ферменты активно применяются в пищевой, фармацевтической, биохимической промышленности, а также во многих сферах человеческой деятельности. Инновации в данной области способствуют улучшению экономических показателей предприятий без необходимости значительных инвестиций.

Использование различных ферментов пищевой промышленности представлено в таблице 2.

Для гидролиза белковых веществ применяют ферменты протеолитического действия, которые по механизму действия, происхождению и эффективности воздействия на белковые полимеры разделены на две основные группы: пептидазы и протеиназы.

Протеазы выполняют важную функцию в организмах, заключающуюся в разрушении белков. Этот процесс необходим для распада поврежденных, неправильно свернутых и потенциально вредных белков, обеспечивая клетке нужными аминокислотами для синтеза новых белков. Кроме этой основной роли, протеазы могут

также играть важную роль в качестве сигнальных молекул и участвовать в различных белковых каскадах, поддерживающих жизненно важные процессы организма [1].

Таблица 2

**Использование ферментов в пищевой промышленности**

<b>Вид продукции</b>	<b>Фермент</b>	<b>Каталитическое действие</b>	<b>Технологический эффект</b>
Мучные изделия	Липаза	Гидролиз липидов	Улучшение обработки теста, повышение прочности и стабильности теста, увеличение упругости и удельного объема хлебопекарной печи.
	Гемицеллюлаза	Гидролиз гемицеллюлоз	Улучшенное распределение муки и воды; более мягкое, эластичное и стабильное тесто, податливое, улучшенные сенсорные свойства и объем хлеба.
Молочная продукция	Протеаза	Гидролиз белков	Разделение молока на твердую (творог) и жидкую (сыворотка) фазы при производстве сыра.
	Лизоцим	Гидролиз пептидогликанов клеточной стенки грамположительных бактерий	Инактивация бактерий, вызывающих порчу сырных продуктов, вызывающих «позднее вздутие».
Фруктовые и овощные соки	Пектиназа	Гидролиз пектинов	Снижение вязкости фруктового сока, более высокий выход извлечения и осветления сока.
Мясо и рыба	Трансглутаминаза*	Сшивание белков	Улучшение текстуры, связности и срока хранения мясных продуктов, более твердая паста из рыбного протеина.
Сахар	Амилаза	Гидролиз крахмала	Производство широкого ассортимента сахара и сахарных сиропов из крахмала.
Вино	Пектиназа и гемицеллюлаза	Гидролиз пектина и гемицеллюлозы	Улучшенная экстракция и осветленный виноградный сок для виноделия.
Пиво	Амилаза	Гидролиз крахмала	Повышенная концентрация сбраживаемых сахаров, следовательно, более высокая концентрация этанола в пиве.

\* Использование микробной трансглутаминазы (мТГ) – при производстве пищевой продукции в РФ в настоящее время запрещено

Растительные протеазы не являются исключением. Они обладают рядом уникальных свойств, отличающих их от ферментов, которые кодируются человеком. К

ним относятся повышенная стабильность, особая специфичность по отношению к субстратам и широкий диапазон pH для активности ферментов [2].

Различные биологические и физико-химические свойства белков, полученных из растительных продуктов: арахис, соевые бобы, фасоль, киноа, подсолнечник, семена хлопка, кукуруза, горох, активно изучаются в качестве компонентов, возможных к использованию в здравоохранении и питании человека [3-5]. Одним из основных способов благодаря которому наш организм извлекает питательные вещества из потребляемой пищи, являются ферменты. Для белков рычагом влияния для более полного усвоения, являются протеазы, также известные как пептидазы и протеиназы.

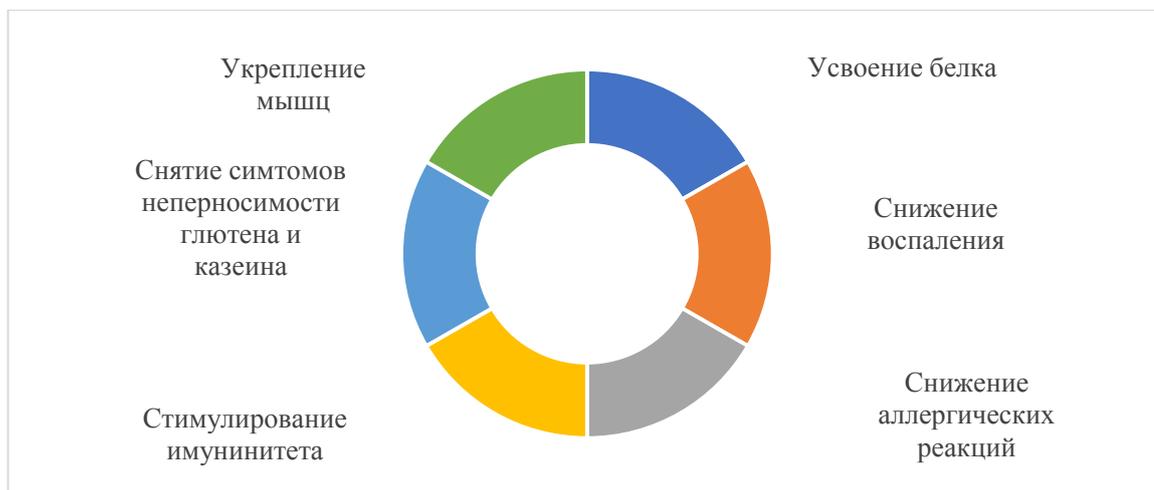
Как было отмечено [1], протеазы позволяют организму усваивать незаменимые аминокислоты, расщепляя их до более простых, при этом стоит отметить, что имея влияние на улучшение процессов пищеварения, данный фермент, может быть полезен для людей, имеющих различные симптомы расстройства желудка, страдающих потерей аппетита, вздутием живота и его дискомфортом.

На сегодняшний день спрос на рынок ферментов протеаз достаточно высок и за последние несколько лет шел равномерно со среднегодовыми темпами роста (CAGR) 5,3% в период 2014-2022 годов [1]. При этом различные эксперты отмечают, что спрос на данные ферменты увеличится, поскольку они найдут применение в очищении кожи и частичном ее омоложении, а также в процессах биоремедиации, что будет в наибольшей степени актуально, ввиду общего загрязнения окружающей среды и снижения общего количества водоемов пригодной для потребления [2].

Протеазы можно классифицировать на основании их происхождения, каталитической активности и природы реактивной группы в каталитической реакции. Основными источниками ферментов протеаз являются животные, растения и микроорганизмы (как бактериальные, так и грибковые) [7].

Растительные протеазы, вроде бромелайна, фицина и папаина, на данный момент активно и широко применяются в пищевой промышленности с различными целями. Они используются в процессах пивоварения, мясной и молочной промышленности, а также при производстве разнообразных пищевых добавок. Эти ферменты помогают улучшить пищеварение и усвоение питательных веществ [1]. Протеазы дополняют качество пищевых продуктов, улучшая их общие органолептические характеристики. Они способствуют повышению растворимости и усваиваемости пищевых белков, а также изменению их функциональных свойств, включая коагуляцию и эмульгирование [2].

В некоторых случаях ферменты имеют важное влияние за активацию различных процессов, а в других случаях они могут ускорять их до такой степени, что будет заметный эффект, позволяющий существенно улучшить общую работу всего организма. Исследования также показывают, что внедрение дополнительного количества протеаз в состав рациона может принести большую пользу для здоровья человека [5,8]. Основные изученные моменты влияния использования протеаз, как дополнительного компонента к рациону питания представлены на рисунке 1.



**Рис. 1.** Влияние протеаз на организм человека

Являясь ферментом с высокой биологической активностью, протеазы активно используются в хлебопекарной промышленности, при производстве хлеба, хлебобулочных изделий, крекеров и вафель. На основе своих физико-химических свойствах, данный фермент позволяет существенно снизить общее время смешивания компонентов, повышая однородность теста и регулируя общее содержание клейковины в хлебе, способствуя улучшения текстуры и вкуса [7]. Кислотная протеаза *Aspergillus usarii* показала высокие результаты как способ улучшения функциональных свойств пшеничной клейковины.

Добавление данного фермента, позволяет высвободить в пивном сусле высокий уровень пептидов и аминокислот способных обеспечить на всех этапах правильное и ровное брожение. Имея высокую эффективность даже при низком рН пива и балансируя общий аминокислотный профиль пива, кислые грибковые протеазы являются эффективным способом улучшения ферментации пива.

Протеазы, имея большой спектр применения ввиду оказываемого действия на физико-химические свойства продуктов, также нашли тесное применение в молочной промышленности. Протеазы, являясь базой для основных ферментативных процессов в молочной промышленности, оказывают существенное влияние на органолептические показатели готового сыра. Добавление данных ферментов при производстве сыров позволяет ускорить общее время созревания сыра, улучшить общие функциональные свойства продукта и снизить аллергическую активность молочных продуктов. В сыроделии протеазы выполняют функцию гидролиза пептидной связи, в результате которой образуются параказеин и макропептиды.

Исследования, проведенные специалистами Воронежской государственной технологической академии [6], подтверждают, что обработка говядины с использованием протеолитического ферментного препарата животного происхождения под названием Протепсин может привести к интересным результатам. В частности, наблюдается увеличение объема мышечных волокон и соединительной ткани при этом методе обработки. Это сопровождается снижением содержания рыхлой соединительной ткани и ослаблением связей между мышечными волокнами. Такие изменения способствуют повышению качества и биологической ценности мясных продуктов.

Таким образом, протеолитические ферментные препараты имеют широкий спектр применения в производстве пищевых продуктов, таких как мясо, молочные изделия и

другие. Однако, помимо этого, эти препараты обладают перспективным потенциалом для использования в пищевой промышленности при процессе выделения ценных белковых компонентов из различных видов сырья [8], включая растительное происхождение. Такое использование открывает новые возможности для получения высококачественных и питательных продуктов, основанных на белке, который может быть полезным для потребителей в различных аспектах их здоровья и питания. В современной концепции здорового питания акцент делается на повышении пищевой ценности продуктов путем обогащения их биологически активными веществами. Ключевым элементом в сбалансированном рационе являются белковые компоненты, такие как полипептиды, низкомолекулярные пептиды и аминокислоты.

### Библиографический список

1. Лукин, А. А. Применение протеаз и липаз в пищевой промышленности / А. А. Лукин, А. А. Сергеев, Д. Д. Ни // Вестник современных исследований. – 2018. – № 9.3(24). – С. 296-297.
2. Римарева Л.В., Серба Е.М., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А., Игнатова Н.И. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 62-74.
3. Исследование влияния фотостимуляции на продуктивность культуры *Lactobacillus lactis* и активность полученного низина / С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова, И. Г. Пестова, М. С. Тихонова // Индустрия питания. – 2022. – Т. 7, № 1. – С. 63-69. – DOI 10.29141/2500-1922-2022-7-1-8. – EDN BVNMAS.
4. Чугунова, О. В. Эффективное использование продовольственных ресурсов в технологии пищевых систем / О. В. Чугунова, А. В. Арисов. – Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. – 189 с. – ISBN 978-5-907555-46-4.
5. Заворохина, Н. В. Использование вторичных продуктов пищевой промышленности в качестве субстрата для культивирования чайного гриба (*Medusomyces gisevii*) / Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова, О. В. Феофилактова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2023. – № 2-3(392). – С. 52-57. – DOI 10.26297/0579-3009.2023.2-3.7. – EDN RNJGXG.
6. Антипова Л. В., Горбунков М. Е. Свойства коммерческого ферментного препарата Протепсин // Вестник ВГУИТ. 2013. №4 (58). С. 145-147.
7. Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Серба Е.М., Мартыненко Н.Н. Влияние гидролитических ферментов на состав концентрированного зернового суслу // Пищевая промышленность. 2018. №6. С. 14-17.
8. Равента Лакио. Области применения ферментов протеолитического действия. <https://foodtechnologist.ru/2016/03/01/primenenie-fermentov-proteoliticheskogo-dejstviya/>