Бахыткуль Кажкенқызы Асенова – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ технологиясы» кафедрасының профессоры, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8707-9725.

Элеонора Курметқызы Окусханова – PhD, «Тамақ технологиялары» кафедрасының қауымдастырылған профессорының, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: eleonora-okushan@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5139-9291.

Шугыла Кадыровна Жакупбекова – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ технологиясы» кафедрасының постдокторанты, Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: siyanie@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7558-9871.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID https://orcid.org/0000-0002-4289-3818.

Information about the authors

Farida Smolnikova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Food Technology», Shakarim University, Kazakhstan; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8777-5313.

Bakhytkul Asenova – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology, Shakarim University, Kazakhstan; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8707-9725.

Eleonora Okushanova – PhD, Associate professor of the Department of «Food technologies», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: eleonora-okushan@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5139-9291.

Shugyla Zhakupbekova- master of technical sciences, postdoctoral fellowof the department «Food Technology», Shakarim University; e-mail:siyanie@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7558-9871.

Arai Saginbekovna Kambarova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University, Kazakhstan; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4289-3818.

Поступила в редакцию 01.06.2026
Поступила после доработки 23.06.2026
Принята к публикации 24.06.2026

https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-3(23)-43

МРНТИ: 62.39.51

С.С. Ануарбекова*, Д.А. Шаймерденова[1], Ж.М. Чаканова[1], М.Ж. Кизатова[2]
[1]ТОО «Научно-производственное предприятие «Инноватор»
Республика Казахстан, г. Астана
[2]Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова,
Республика Казахстан, г. Алматы
*e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

АМИЛАЗА И МИКРООРГАНИЗМЫ – ПРОДУЦЕНТЫ АМИЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ

Аннотация: *Амилолитические ферменты являются одними из значимых промышленных ферментов, имеющие высокий процент производства. Действие их основано на гидролизе молекул крахмала до глюкозы. Амилазы применяются в быту, в пищевой, текстильной, бумажной, крахмалоперерабатывающей промышленностях, в производстве фармацевтических препаратов, в диагностике и лечении. Продуцентами являются растения, животные и микроорганизмы. Основной процент использования продуцентов являются микроорганизмы, так как микробные амилазы более стабильны, эффективны и экономически выгодны. Основные продуценты амилолитических ферментов представлены бактериями рода Bacillus, Lactobacillus, Klebsiella, Halobacillus и другие, грибами рода Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Mucor, Trichoderma и другие, различными актиномицетами и дрожжами. Их деятельность основана на способности выделять ферменты с дальнейшим подбором условий и питательных сред для ферментации. В данном обзоре отмечено*

©С.С. Ануарбекова, Д.А. Шаймерденова, Чаканова Ж.М., М.Ж. Кизатова, 2026

важное значение гидролитического фермента амилазы бактериального и грибкового происхождения, отмечены мировые штаммы культур и коммерческие препараты, применяемые в различных промышленных сферах. В процессе работы над проектом, нами из зерновых культур были выделены перспективные ферментативно активные культуры бактерий и грибов. Среди них активностью обладают 6 культур бактерий рода Bacillus sp. Отмечены их фенотипические и генотипические характеристики.

Ключевые слова: *бактерии, грибы, штамм, амилаза, амилолитическая активность, биотехнологическая промышленность.*

Для получения новых продуктов питания из растительного сырья по мнению Гридиной С.Б. с соавт. (2014 г.), необходимо знать химический состав исходного сырья, биохимические показатели качества, в частности активность и условия действия активных веществ. Данный этап исследования способствует правильной организации технологического процесса и определению рационального пути использования растений в процессе его переработки [1]. Мы разделяем их мнение. В нашей научно-исследовательской работе сырьём являются злаковые культуры (пшеница, кукуруза, ячмень, гречиха), на основе которых планируется разработать углеводно-сбалансированные продукты питания. Целью одного из разделов проекта является изучение влияния амилолитических ферментов и амилолитичеки активных микроорганизмов на структуру и сбалансированность углеводного состава хлебобулочных продуктов. В связи с этим целью нашего обзора является систематизация современных данных о разнообразии микроорганизмов-продуцентов, механизмах действия и сферы применения амилазы.

Виды зерновых культур (пшеница, кукуруза, ячмень, гречиха) и их углеводный состав указан в таблице 1. Общие данные состава углеводов (в таблице) проанализированы и обобщены при поиске и обработке соответствующей литературы [2-6].

Таблица 1 – Углеводы, входящие в состав зерновых культур

Наименование зерна	Общее количество углеводов, %	Наименование углеводов	Количество углеводов на 100 г, в г
Пшеница	50-70	Крахмал и декстрины Клетчатка Мальтоза Сахароза Фруктоза Глюкоза Раффиноза	54,5-57,5 10,8-15 0,1 0,5-0,8 0,1 0,1 0,1
Кукуруза	74	Крахмал и декстрины Клетчатка Мальтоза Сахароза Фруктоза Глюкоза Галактоза	58,2 7,3-9,6 0,1 1,1 0,2 0,2 0,1
Ячмень	56-76	Крахмал и декстрины Клетчатка Мальтоза Сахароза Фруктоза Глюкоза	54,6 9,6-15,6 0,1 0,5 0,1 0,2
Гречиха	57-62	Крахмал и декстрины Клетчатка Мальтоза Сахароза Фруктоза Глюкоза	55,4 10-14 0,2 0,7 0,1 0,4

Углеводы являются основным компонентом зерна. Количество углеводов в зерне составляет до 80 % от сухой массы. Зерно содержит различные виды углеводов, такие как крахмал, клетчатка, сахара.

Из сахаров больше содержится сахарозы.

Клетчатка составляет 10-15% углеводов.

Крахмал – основное из веществ, содержащихся в зерне злаков. Не является химически индивидуальным веществом, на 8,6-96,1 % состоит из двух полисахаридов – амилозы и амилопектина [7, 8]. Служит основным источником энергии в семени и используется для образования и роста новых молодых клеток (корня, стебля, листа) [8].

Углеводы расщепляются под действием ферментов. Ферменты более эффективны, специфичны и экологичны, чем химические катализаторы. Семена зёрен также содержат ферменты.

Различные ферменты разлагают углеводы зерна на более простые соединения, что улучшает усвояемость продуктов [8-10].

Процесс расщепления углеводов протекает по типу гидролиза.

Инвертаза и β-галактозидаза гидролизуют сахарозу, α-галактозидаза гидролизует раффинозу, галактозу, глюкозу, фруктозу. Глюкоизомераза расщепляет глюкозу и фруктозу, мальтаза – мальтозу на глюкозу, сахараза – сахарозу на глюкозу и фруктозу.

Целлюлаза расщепляет клетчатку.

Для гидролиза крахмала применяется группа ферментов, принадлежащих к одному семейству - α-амилазному семейству или семейству 13 гликозилирующих гидролаз. К ним относятся амилазы, амилоглюкозидазы, пуллуланазы, глюкоамилазы, α-глюкозидазы, изоамилазы, глюканазы, ксиналаза [9, 11-14]. Из данного списка амилаз для гидролиза крахмала чаще применяются амилазы, амилоглюкозидазы, глюкоамилазы [13, 15].

В силу того, что основной процент углеводов в зерне представлен крахмалом, основным ферментом является амилаза. Процесс расщепления амилазы актуален для многих биологических и промышленных процессов, в результате чего амилолитические ферменты являются наиболее исследованными и широко используемыми, при этом исследования не прекращаются [7, 12, 16-18]. Это свидетельствует об актуальности вопроса.

Амилолитические ферменты были известны человеку уже в бронзовом веке. Первые упоминания о продуктах, полученные путём сбраживания крахмалсодержащего сырья, относятся к VI-VII векам до н.э. [19]. Давно известно, что превращение крахмала в короткие глюкозные цепи катализируется определенными ферментами. Благодаря научным исследованиям, в 1875 году, Дж. К. Ирвином было обнаружено ожижение крахмала водным экстрактом из пророщенного ячменя. В 1814 году, Д. С. Кирхгоф выделил из семян зерновых культур вещество, превращающее крахмал в сахар [20]. В 1833 году, французские химики Ансельм Пайен и Жан Франсуа Персоз из пророщенного ячменя получили вещество, расщепляющее крахмал, описали его свойства и назвали - диастаза. Это открытие заложило основы энзимологии [21]. В 1878 году М. Меркер определил состав солодовой диастазы, который состоит из двух ферментов. Это подтвердили Р. Линтнер, Олесон и другие учёные. Олесон в 1926 году назвал один из диастазных ферментов а-амилазой (или декстриногенной), а второй – р-амилазой (или сахарогенной). Позднее термин «диастаза» был заменен на «амилаза» [9, 17].

В нынешнее время, мировой рынок амилазы составлял около 1,76 млрд долларов США в 2024 году, около 1,85 млрд долларов США в 2025 году до 2,90 млрд долларов США к 2034 году. Это отражает устойчивую траекторию роста рынка амилазы с прогнозируемым среднегодовым темпом роста около 5,2% с 2025 по 2034 год [12, 22].

Итак, амилазы – ферменты, катализирующие реакции гидролиза, иначе гидролазы, или карбогидразы – ферменты, расщепляющие углеводы, относится к 3 классу ферментов. Это специфический фермент, действующий на один фактор – крахмал [7, 9, 11, 23-25].

Амилаза подразделяется на три подкласса: *α-, в-* и *γ-*амилазы. Классификация основана на типах связывания. Имеется растительная, животная и микробная амилаза. Существует классификация амилазы по микробному источнику: бактериальная амилаза, грибковая амилаза. По классификации на основе температуры реакции: мезофильная и термофильная амилаза. Мезофильная амилаза активна при температуре от 30 до 70 °C. Наиболее эффективна в условиях умеренных температур, используется в пищевой промышленности и других областях, требующих умеренного нагрева. Термофильная амилаза активна при более высоких температурах, обычно от 90 до 105°C, поэтому используется в отраслях, требующих высокотемпературных условий, таких как пищевая промышленность, производство сахара и текстильная промышленность [26, 27].

α-Амилаза, или иначе, декстриноген-амилаза, обнаружена в слюне, в соке поджелудочной железы людей, животных, в проросших зёрнах пшеницы, ржи, ячменя, бактериях и грибах. β-Амилаза, или иначе, сахароген-амилаза, найдена в зрелых зёрнах пшеницы, ржи и ячменя, семенах сои. *γ*-Амилаза в органах и тканях человека [9, 16, 17, 19, 25, 28]. *α*-Амилаза расщепляет в полисахаридах внутренние α-1,4-связи, поэтому её иногда называют эндоамилазой. *β*-Амилаза отщепляет вторую с конца α-1,4-гликозидную связь, образуя дисахарид мальтозу. *γ*-Амилаза отщепляет последнюю α-1,4-гликозидную связь, приводя к образованию глюкозы [19, 29].

Для применения значение имеют первые две амилазы.

Никитиной Е.В. (2015 г.) отмечено: при действии β-амилазы на крахмал образуются мальтоза и незначительное количество высокомолекулярных декстринов; при действии α-амилазы на крахмал образуются декстрины меньшего молекулярного веса и небольшое количество мальтозы. Последние не реагируют с йодом [13]. Более успешно производят гидролиз крахмала амилазы при совместном действии.

Для расщепления крахмала при выборе амилаз предпочтение нужно отдавать α-амилазе, так как β-амилаза образует больше сахаров [13].

Производителями фермента амилазы являются растения, животные и микробы [9, 13, 30]. Основными продуцентами амилаз считаются микроорганизмы; и микробные ферменты предпочтительнее из-за простоты их выделения в промышленных масштабах, экономичности производства, стабильности в жестких условиях и высоким выходом конечного продукта.

Микробные ферменты получают в больших количествах в соответствии с затратами и временем, за счёт того, что культуры микробов растут в больших количествах за относительно короткий период ферментации. Также питательные среды не дорогие. Наличие собственного оборудования и микроорганизмов-продуцентов удешевляет процесс получения продукта. В работе казахстанских учёных отмечено [32], что на производство ферментов микробной природы, не влияют ни климатические условия или сезонные изменения, ни нормативные или этические вопросы, связанные с убоем животных или вырубкой деревьев и растений. Всё это отличает их от растительных и животных клеток [31, 32].

Продуцентами амилазы являются следующие микроорганизмы: *Bacillus subtilis, Bacillus staerothermophilus, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus licheniformis, Bacillus acidocaldarius, Lactobacillus* sp.*, Bifidobacterium bifidum, Bifidobacterium acerans, Chromohalobacter* sp., *Caldimonas taiwanensis* sp. nov., *Halobacillus* sp., *Geobacillus thermoleovorans, Aspergillus* sp.*, Penicillium* sp.*, Rhizopus* sp.*, Trichoderma* sp.*, Saccharomyces* sp.

Предпочтение отдают как источникам бактериям и грибам.

Амилазы, которые выделены из грибов, устойчивы к действию кислот, а бактериальные ферменты более термостабильны [11, 17, 28, 33-35].

В качестве амилолитически продуцируемых микроорганизмов преобладают бациллы, что связано с их быстрым ростом, выраженной секрецией внеклеточных ферментов, устойчивостью в различных системах ферментации и высокого показателя жизнеспособности. Бактериальные ферменты видов *Bacillus* более стабильны к температуре и pH, устойчивы к присутствию в субстрате органических соединений [27, 34, 36].

Среди грибов преобладают аспергиллы, в частности виды *Aspergillus oryzae* и *Aspergillus niger* [7, 17]. Они дают большой выход энзимов и имеют свойство подавлять сопутствующую бактериальную флору [7].

Было показано, что оптимальные температуры для грибной а-амилазы примерно на 20°C ниже, чем для бактериальных, что нашло практическое применение [30]. В работе [37] отмечается, что бактериальные а-амилазы образуют декстрины быстрее, чем грибные.

Получение продуцентов происходит путём выделения потенциальных культур микроорганизмов, микробиологического синтеза, ферментацией или внедрением [14, 27-29] рекомбинантной амилазы в микробы.

Амилолитически перспективные микроорганизмы выделяют из различных источников. Например, в работе [12] из почвы и отходов переработки картофеля были выделены два вида бактерий, продуцирующих амилазу: *Klebsiella pasteurii* NITTBP2 и *Bacillus clarus* NITTBP1. Штамм *B. Clarus* NITTBP1 продемонстрировал превосходную амилазную активность (18,10 Ед/мл). Морские изоляты также продемонстрировали исключительную эффективность

фермента в условиях высоких температур и pH. Давравновым К.Д. с соавторами, наряду с морскими изолятами, были выделены амилолитически активные изоляты из почвы Приаралья. Из них 6 изолятов грибов обладают амилолитической активностью [38]. Сырьё пищевых производств является источником продуцентов гидролитических ферментов. В исследовании Иштугановой К.В. и Гаричевой А.В. [39], ферментативно активные микроорганизмы были выделены из зерновых культур, муки, пшеничных отрубей. Авторы дали сравнительный анализ трёх перспективных штаммов *B. subtilis,* все они дали положительный результат от высокий цифр до низких: *B. subtilis* № 12-amylolytic, *B. subtilis* № 9-amylolytic, *B. subtilis* № 2-amylolytic. В работе [1] выделены и изучены активности различных ферментов пшеницы, ячменя и овса. Выделение из зёрен амилазы проводили из водной вытяжки. В следующем исследовании и разработке ферментных препаратов отобраны два перспективных изолята *B. subtilis* 2СП и *B. subtilis* 5СП, выделенные из микробиоты диких животных Крайнего Севера, с амилолитической активностью 2,75 и 2,67 ЕД/мг соответственно [40]. В Кашкадарьинском регионе Узбекистана, из штамма *B. Licheniformis* 104.K, получена новая термостабильная α-амилаза. Филогенетический анализ показал, что термостабильная α-амилаза принадлежит к семейству гликозидгидролаз 13, подсемейству 5 (GH13_5) и обладает высокой степенью сходства последовательностей с известными α-амилазами. Данный штамм и амилаза перспективны для применения в различных сферах [27]. В Национальном центре биотехнологии получена α-амилаза из казахстанского амилолитически активного штамма *B. licheniformis* T5, выделенного из почвы Южного Казахстана. Авторами проекта при секвенировании гена α-амилазы установлено, что для казахстанских штаммов характерен полиморфизм в данном локусе, который коррелирует с амилазной активностью. В рамках проекта проведена экспрессия гена α-амилазы из *B. Licheniformis* T5 в дрожжах *Pichia pastoris*, выделен и получен фермент [41, 42].

В нашей практике продуценты амилаз выделялись из почвы, зерновых культур, хлебобулочных изделий, растений, сточных вод и канализационных систем.

Использование фермента амилазы различное, от применения в быту в приготовлении еды, до применения в лечении и диагностике заболеваний, на производстве различного направления.

Амилазы бактериального и грибкового происхождения активно применяются в пищевой промышленности для хлеба, кулинарии, соков, сиропов [12, 17, 22, 25, 27, 30, 43]. В хлебе амилазы расщепляют крахмал в муке на сахара, которые используются далее дрожжами. Под действием фермента в тесте ускоряется процесс ферментации, снижается вязкость теста, сохраняются реологические свойства, увеличивается срок хранения хлеба, улучшается качество теста и готовых изделий [7, 9, 11, 15, 16, 24, 30]. Из микроорганизмов продуцентами амилаз для в хлебопекарной промышленности являются термостабильная мальтогенная амилаза *B. stearothermophilus,* B. amyloliquefaciens [7, 36]. Также используются заводские препараты Амилоризин П10х и Амилосубтилин Г10х от разных производителей. Амилосубтилин Г10х – это бациллярная амилаза из *B. subtilis,* состоящая из α-амилазы, β-глюканазы и протеазы. Данный ферментный биопрепарат работает при pH – 6,0-6,3 и температуре – 0-55 °C [11, 44]. Амилоризин П10х – это грибная α-амилаза из *A. oryzae* – фермент для расщепления крахмала с образованием мальтодекстринов, олигосахаридов и мальтозы. Расщепляет весь доступный крахмал в крахмалосодержащем сырье. Он содержит α-амилазу и протеазы, которые расщепляют крахмал и белки, ускоряя брожение, увеличивая объём хлеба, улучшая цвет корочки и структуру мякиша [44, 45].

Используются амилазы в спиртовой и пивоваренной промышленности, где применяется солод на основе проросшего и высушенного зерна [1, 7, 9, 12, 17, 24, 25, 16, 18, 22, 30, 46]. Это может быть пшеница, рожь, ячмень.

Для производства спирта применяются α-амилазы дрожжей, бацилл [9, 30]. Применяются чаще в качестве продуцентов терморезистентные бактерии, такие как *B. licheniformis*, генно-модифицированные штаммы *Esherichia coli* и *B. subtilis* [27, 28, 47-50]. Известный препарат Амилоризин П10х [45] также применяется в производстве пива. Следующий известный препарат α-амилаза G9995®, полученный из B. licheniformis (Enzyme Biosystems, США), применяется в получении этанола и пива [30].

Амилолитические ферменты актуальны в качестве добавки в питании скота [30]. Амилосубтилин Г10х на основе бацилл вводят в комбикорма для поросят-сосунов и отъёмышей с целью улучшения усвояемости кормов и увеличения привеса [11]. Также он нашёл применение в птицеводстве. Донкова Н.В. и Донков С.А. [50] на основе штаммов *B. subtilis*, продуцирующих амилолитический фермент, разработали сахаросодержащую кормовую добавку (до 70% сахаров) для телят. Она увеличивает привесы, расщепляет крахмал пищи для лучшего усвоения и пищеварения. Имеет цель: профилактика желудочно-кишечных заболеваний, что происходит за счёт антагонистического действия бактерий *B. subtilis* к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам. Известно, что основной процент штаммов бацилл обладает свойством антагонизма, что подтверждено и в наших работах [51-58]. Бациллы подавляли в различной степени рост таких культур, как стафилококки, стрептококки, энтеробактерии, бациллы.

Микробные амилолитические энзимы активно применяются в текстильной промышленности для усиления прочности тканей и нитей, в кожевенной промышленности для улучшения качества готовой продукции, в целлюлозно-бумажной промышленности для усиления прочности бумаги [7, 12, 16-18, 22, 24, 25, 27, 30, 43, 59]. При работе с текстилем применяются бациллярные амилазы [27, 30]. Они представлены B. amyloliquefaciens**,** B. licheniformis, B. stearothermophilus, которые эффективны в условиях высокой температуры. Для текстильной, целлюлозно-бумажной промышленности разработаны амилазные препараты, как например, Amizyme® (PMP Fermentation Products, Пеория, США), из бацилл; Termamyl® из *B. licheniformis* (Novozymes, Дания); Fungamyl из *A. oryzae* (Novozymes, Дания) и α-амилаза G9995® из B. licheniformis (Enzyme Biosystems, США) [44].

Амилазы применяются в производстве моющих средств [7, 12, 16, 17, 27, 30]. Ферменты повышают активность моющих средств, повышают разложение крахмалистых продуктов, удаляют стойкие пятна с эффектом отбеливания, могут работать при низких температурах. За счёт применения природных ферментов повышается безопасность продукта. 90 % всех жидких моющих средств содержат амилазы. При производстве моющей продукции предпочтение отдано α-амилазам бацилл и аспергилл [7, 30]. Примером может служить п*репарат* Termamyl® из *B. licheniformis* (Novozymes, Дания) [17].

Основная функция амилазы – применение в крахмалоперерабатывающей промышленности [18, 22, 27, 29, 34, 43].

При этом грамм амилазы превращает тонну крахмала в сахар [60].

Процесс гидролиза крахмала состоит из этапа желатинизации, частичного гидролиза крахмала и снижения вязкости; далее идёт этап осахаривания с образованием глюкозы и мальтозы [1, 7, 11, 15, 30, 34]. Первоначально использовалась α-амилаза *B. amyloliquefaciens*, затем она была заменена на α-амилазу *B. Stearothermophilus* и *B. Licheniformis* [7, 17, 30]. *B. Licheniformis* и *B. Stearothermophilus* способны выдерживать высокие температуры при обработке крахмала. В крахмалопаточной промышленности для разжижения крахмала при высоких температурах применяются следующие известные препараты амилаз: Amizyme® (PMP Fermentation Products, США), α-амилаза G9995® Enzyme Biosystems, США). Они уменьшают вязкость крахмалосодержащего сырья. Активно применяются и другие энзимные препараты производства Novo Nordisk, Дания. К примеру, бактериальный биопрепарат BAN 480L, на основе селективного штамма *B. amyloliquefaciens* и грибковый биопрепарат Dextrozyme E, на основе генетически модифицированого штамма *A. niger* и пуллуланазы. Последняя была выделена из генетически модифицированного штамма *Bacillus* [44].

Микроорганизмы, продуцирующие амилазы, бывают термостабильные, галофильные. Они экспрессируют уникальные альфа-амилазы с термостабильными и галотолерантными характеристиками, зависящими от внутренних особенностей микроорганизма [27, 29, 61-64].

Термостабильные микроорганизмы имеют преимущество при скрининге активных культур, так как ферментация и осахаривание крахмала происходит при высоких температурах – 100-110°С. Большинство термостабильных ферментов получены из термофильных организмов и имеют коммерческое значение. Поиск термостабильных микроорганизмов не прекращается и имеет значение для пополнения коллекций промышленно-ценных микроорганизмов, улучшения промышленных процессов разложения крахмала, увеличения производимости глюкозы, кристаллической декстрозы, декстрозного сиропа, мальтозы и мальтодекстринов [7, 29, 62]. Рядом авторов установлено, что штаммы *B.*

subtilis, *B. stearothermophilus, B. licheniformis, B. coagulans* и *B. amyloliquefaciens* известны как продуценты термостабильной и щелочеустойчивой α-амилазы, и они активно применяются для производства коммерческих ферментов с различным спектром назначения [7, 12, 14, 27, 33, 36, 47].

Интерес представляют ферменты, продуцируемые некоторыми галофильными микроорганизмами, которые обладают устойчивостью к различным уровням солёности, вплоть до высокой степени солёности. Следовательно, могут быть использованы во многих жёстких промышленных процессах, реализуемых на основе концентрированных солевых растворов. Также они обладают свойством стабильности к различным температурам [7, 65]. Основные галофильные амилазы были охарактеризованы у таких галофильных бактерий, как *Chromohalobacter sp.*, *Halobacillus sp.*, *Haloarcula hispanica*, *Halomonas meridiana* и *B. dipsosauri* [38, 64-66].

Ключевые мировые продуценты амилазы депонированы в известных коллекциях разных стран.

Коллекционные штаммы-продуценты амилаз – это специализированные микроорганизмы, селекционированные для промышленного получения энзимов, расщепляющих крахмал.

Например, штамм *B. amyloliquefaciens* ВКПМ B-10291, депонирован в Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов России (ВКПМ) как амилолитически активный штамм. Это селективный штамм, устойчивый к антибиотику рифампицин. Активность его как продуцента высока, так как продуцирует α-амилазу с активностью 900 едГОСТ/мл [67]

В Американской коллекции типовых культур (ATCC) имеется несколько амилолитических штаммов, обычно используемых для производства ферментов амилазы. Ключевые штаммы включают *B. amyloliquefaciens* ATCC 15841, *B. amyloliquefaciens* ATCC 23350, B. subtilis ATCC 6051, B. subtilis ATCC 6633, *Clostridium acetobutylicum* ATCC 824, *Thermomyces lanuginosus* ATCC 34626 [68].

В Республиканской коллекции микроорганизмов (РКМ) Казахстана на хранении находятся амилолитически активные штаммы различных таксономических групп. Известны штаммы B. subtilis 65V-2, B. subtilis Г-2 – продуценты амилазы, A. awamory ВУДТ-2 – глюкоамилазы, A. awamory 466V-7 – комплекс амилолитических ферментов [69].

В результате работы над проектом нами была изучена амилолитическая активность 16 культур бацилл, выделенные из зерновых культур. Выбор бактерий рода *Bacillus* обусловлен их способностью эффективно секретировать большое количество фермента во внешнюю среду, активного роста, жизнеспособности и очистки препарата. Дана была оценка их амилолитической активности: 6 культур активны. Анализ активных бактериальных штаммов на основе секвенирования гена *16S rRNA* с построением филогенетических деревьев, анализом процента идентичности и дивергенции нуклеотидных последовательностей (рис. 1) и дальнейшего исследования культурально-морфологических и биохимических свойств (табл. 2), показал их принадлежность к роду *Bacillus*, включая виды *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* и *B. tequilensis*.

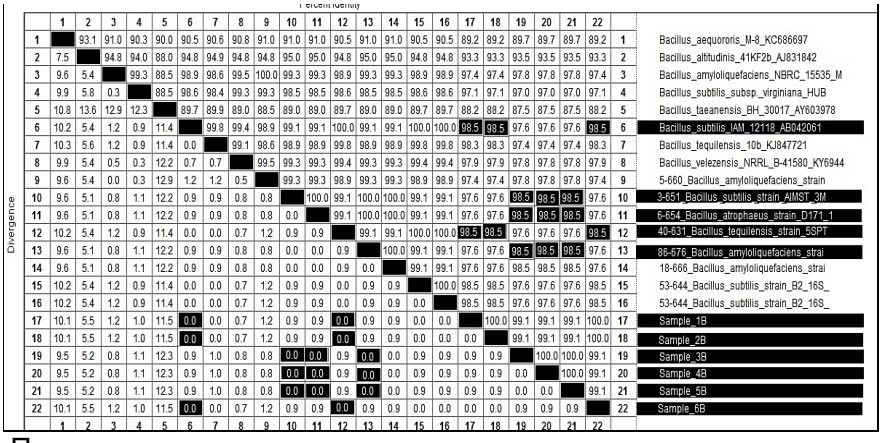


Рисунок 1 – Процент идентичности и дивергенция нуклеотидных последовательностей различных видов рода *Bacillus*

Таблица 2 – Фенотипические свойства активных бацилл

Образец	Споры	Гидролиз крахмала	Сбраживание		ПД	Ох	КтА	Результат
			глюкоза	лактоза				
1В	Э, Ц	+	+	-	-	-	+	*B. tequilensis*
2В	Э, Ц	+	+	-	+	-	+	*B. TEQUILENSIS*
3В	Э, Ц	+++	+	-	+	-	+	*B. AMYLOLIGUEFACIENS*
4В	Э, Ц	++	+	-	+	-	+	*B. subtilis*
5В	Э, Ц	++	+	-	-	-	+	*B. subtilis*
6В	Э, Ц	++	+	-	+	-	+	*B. subtilis*

Примечание: КтА – каталазная активность, Ох – диски на оксидазный тест, ПД – подвижность, Э – споры элипсоидной формы, Ц – споры центрального расположения, (+) – положительный результат, (-) – отрицательный результат, ++ – сильная зона, +++ – ещё выше, чем другие виды

На основе анализа гено- и фенотипирования установлено, что 2 штамма являются *B. tequilensis,* 1 штамм – *B. amyloliguefaciens,* 3 штамма – *B. subtilis.*

Данные штаммы бацилл, перспективные для расщепления крахмала, будут использованы в дальнейшей работе.

На основе изучения литературы, в качестве амилолитических ферментов для дальнейшей работы нами взяты ферменты α-амилаза и глюкоамилаза (производство «HiMedia Laboratories Pvt. Ltd.», Индия).

Подобранные нами ферменты и выделенные амилолитически активные микроорганизмы будут способствовать достижению нашей цели и завершению проекта.

Таким образом, амилаза часто применяется в биотехнологической промышленности. Показателем является способность расщеплять крахмал. Микроорганизмы как продуценты амилолитических ферментов имеют ряд преимуществ экономического, этического и производственного характера. Некоторые штаммы микроорганизмов со временем могут терять свои производственные свойства и показатель выживаемости. В связи с этим необходимо проводить поиск новых культур микроорганизмов и улучшать их свойства для повышения выхода продукта. Всё это приводит к непрерывному процессу получения амилолитически активных штаммов различного происхождения. Доказательством является анализ литературы и научно-производственных исследований с выделением новых микроорганизмов с промышленно-ценными свойствами.

Список литературы

1. Ферментативная активность зерновых культур / С.Б. Гридина и др. // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 8. – С. 57-60.
2. Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов / И.М. Скурихин, М.Н. Волгарёв. – Издание 2-е, переработанное и дополненное. В 2-х книгах. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 584 с.
3. Зайнобиддинов М.З. Анализ химического состава зерен пшеницы и ржи для ежедневного потребления / М.З. Зайнобиддинов // Экономика и социум. – 2023. – № 12(115)-1. – С. 1108-1116.
4. Типсина Н.Н. Биологическая ценность продуктов переработки ячменя / Н.Н. Типсина, О.С. Пуляева // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 8. – С. 226-229.
5. Артыклыев Э. Изменение химического состава зерна при созревании / Э. Артыклыев, А. Байрамов, Ш. Гараджаев // Инновационная наука. – 2023. – № 12-2. – С. 77-79.
6. Анализ химического состава и пищевой ценности зернового сырья для производства продуктов детского питания / С.А. Урубков и др. // Пищевая промышленность. – 2018. – № 8. – С. 16-21.
7. de Souza PM. Application of microbial α-amylase in industry / PM de Souza, P. de Oliveira Magalhães // Braz J Microbiol. – 2010. – № 41(4). – P. 850-861. https://doi.org/10.1590/S1517-83822010000400004.
8. Биохимия зерна и продуктов его переработки: учебное пособие / под ред. С.В. Борисовой. – М-во образ. и науки России; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. – 100 с.

9. Ферменты в пищевой промышленности / Р.Дж. Уайтхерст, М. ван Оорт (ред.). – Пер. с англ, д-ра хим. наук С.В. Макарова. – СПб.:Профессия, 2014. – 408 с., табл.. ил. – (Серия: Ингредиенты). – С. 135-138, 228-233.
10. Шилкова О. Влияние ферментов зерна на биохимические изменения в нем при хранении / О. Шилкова, С. Белецкий, К. Гурьева // Комбикорма. – 2018. – № 9. – С. 93-95.
11. Кузнецова Е.А. Ферменты: структура, свойства и применение: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / Е.А. Кузнецова, Л.В. Черепнина. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2013. – 175 с.
12. Beula Isabel J. Harnessing amylase producing novel bacterial strains from industrial waste: A bioprocessing and optimization approach / J. Beula Isabel, M. Premalatha // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025. – Vol. 322, Part 2, 146769. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.146769.
13. Никитина Е.В. Бактериальные источники амилолитических ферментов: характеристика и нетрадиционное применение / Е.В. Никитина // Вест. технолог. универ. – 2015. – Т. 18, № 19. – С. 245-248.
14. Изучение термостабильной амилазы штамма *Bacillus paralicheniformis* / В.С. Попова и др. // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2024. – № 3. – С. 133.
15. Никитина Е.В. Биотехнологические аспекты применения амилолитических ферментов в пищевой промышленности / Е.В. Никитина, О.А. Решетник, Р.А. Губайдуллин // Вестн. Казанского технолог. унив. – 2013. – № 13. https://cyberleninka.ru/article/n/biotehnologicheskie-aspekty-primeneniya-amilolitic heskih-fermentov-v-pischevoy-promyshlennosti (дата обращения: 01.04.2026).
16. Recent trends in production and potential applications of microbial amylases: A comprehensive review / Zain Ali et al // Protein Expression and Purification. – 2025. – Vol. 227, 106640. https://doi.org/10.1016/j.pep.2024.106640.
17. A broader view: microbial enzymes and their relevance in industries, medicine, and beyond / N. Gurung et al // Biomed Res Int. – 2013. – 329121. https://doi.org/10.1155/2013/329121.
18. Fikadu Hailemichael, Seferu Tadesse. Process Optimization and Industrial Application of Microbial Amylases: A Review // GSJ. – 2022. – Vol. 10, Issue 4. – P. 2643-2648. (дата обращения 31.03.2026).
19. https://ru.wikipedia.org/wiki/Амилаза (дата обращения: 31.03.2026).
20. https://ru.wikipedia.org/wiki/Крахмал (дата обращения: 31.03.2026).
21. https://ru.wikipedia.org/wiki/Пайен,_Ансельм (дата обращения: 31.03.2026).
22. A novel high maltose-forming α-amylase from *Rhizomucor miehei* and its application in the food industry / Yu-chuan Wang et al // Food Chemistry. – 2020. – Vol. 305, 1. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125447.
23. https://propionix.ru/mikrobnaya-fermentatsiya (дата обращения: 31.03.2026).
24. An overview of the enzyme: Amylase and its industrial potentials / M. Ahmad et al // Bayero Journal of Pure and Applied Sciences. – 2020. – 12(1). – P. 352-358. https://doi.org/10.4314/bajopas.v12i1.53S.
25. Putri AZ. Microbial α-Amylases in the Industrial Extremozymes / AZ Putri, T. Nakagawa // Reviews in Agricultural Sci. – 2020. – № 8. – P. 158-169. https://dx.doi.org/10.7831/ras.8.0_158.
26. https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-amylase (дата обращения: 31.03.2026).
27. Characterization of a Thermostable α-Amylase from *Bacillus licheniformis* 104.K for Industrial Applications / A. Kholikov et al // *Microorganisms.* – 2025. – № 13. – P. 1757. https://doi.org/10.3390/microorganisms13081757.
28. Получение рекомбинантной α-амилазы Amy1UA7 из *subtilis* в клетках *E. coli* / М. Калимкулова и др. // Биотехнология. Теория и практика. – 2015. – № 4. – С. 57-65.
29. Microbial Alpha-Amylase Production: Progress, Challenges and Perspectives / B. Elyasi Far et al // Adv Pharm Bull. – 2020. – № 10(3). – P. 350-358. https://doi.org/10.34172/apb.2020.043.
30. α-Амилаза и её применение в разных отраслях промышленности / Ж.Б. Сулейменова и др. // Микробиология және вирусология. – 2023. – № 3(42). – С. 52-67. https://doi.org/10.53729/MV-AS.2023.03.03.
31. Applications of Microbial Enzymes in Food Industry / S. Raveendran et al // Food Technology and Biotechnology. – 2018. – № 56(1). – P. 16-30. https://doi. org/10.17113/ftb.56.01.18.5491.

32. Fernandes P. Enzymatic Processing in the Food Industry / P. Fernandes // Reference Module in Food Science. – 2018. – P. 1-11. https://doi.org/10.1016/b978-0- 08-100596-5.22341-x.
33. Определение активности амилолитических ферментов по гидролизу субстрата, иммобилизованного в полиакриламидном геле / В.О. Максутова и др. // Доклады Башкирского унив. – 2017. – Т. 2, № 5. – С. 736-740.
34. Донкова Н.В. Ферментативная активность бактерий из рода *Bacillus* при гидролизе крахмалсодержащего растительного сырья / Н.В. Донкова, С.А. Донков // Вестн. КрасГАУ. – 2021. – № 5. – С. 174-179. https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-5-174-179.
35. Microbial Amylolytic Enzymes in Foods: Technological Importance of the Bacillus Genus / T.C. Farias et al // Biocatal. Agric. Biotechnol. – 2021. – № 35(4). – P. 102054. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102054.
36. Obtaining and Characterizing Thermostable α-Amylases Secreted by *Bacillus subtilis*, Originating from *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* / T. Soghomonyan et al // Fermentation. – 2024. – № 10(11). – P. 547. https://doi.org/10.3390/fermentation10110547.
37. Optimization of reaction conditions for the production of DAG using immobilized 1,3-regiospecific lipase Lipozyme RM IM / T. Watanabe et al // J. of the American Oil Chemists' Society. – 2003. – Vol. 80, № 12. – P. 1201-1207.
38. Давранов К.Д. Оценка ферментативной активности галотолерантных микроорганизмов из природных образцов приаралья / К.Д. Давранов, А.И. Кулонов, К.В. Кондрашева // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. – 2023. – № 7(109). [Электрон. ресурс]. https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15738.
https://doi.org/10.32743/UNICHEM.2023.109.7.15738 (дата обращения: 30.03.2026).
39. Иштуганова К.В. Гидролитическая активность микроорганизмов пшеничных отрубей и соевого жмыха / К.В. Иштуганова, А.В. Гаричева // Пищевые системы. – 2021. – № 4(3S). – С. 93-97. https://doi.org/10.21323/2618–9771- 2021-4-3S-93-97.
40. Павлов А.Г. Амилолитическая активность изолятов бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из микробиоты диких животных / А.Г. Павлов // Сибирский вестник сельскохоз. науки. – 2022. – Т. 52, № 5. – С. 130-135. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-16.
41. Биохимические параметры рекомбинантной α-амилазы Amy1UA7 / М.С. Калимкулова и др. // Наука, Биологические науки. – 2016. – № 4-1. – С. 116-119.
42. Ben L. Environmental Sources of Amylase-Producing Bacteria and Their Industrial Applications / L. Ben // J Bacteriol Parasitol. – 2024. – Vol.15, Iss.S28, № 1000111.
43. Пащенко Л.П. Технология хлебопекарного производства: Учебник / Л.П. Пащенко, И.М. Жаркова. – СПб.:«Лань», 2014. – 672 с.: ил. – С. 575-596.
44. Карпенко Д.В. Способ активации амилолитического ферментного препарата / Д.В. Карпенко, Т.А. Тихонова, К.К. Ходарев // Пиво и напитки. – 2015. – № 4. – С. 42-44.
45. The Role of Amylase in Bioethanol Production: Advances in Amylase-Producing Strains Using CRISPR/Cas9 Technology / E.L. Tesfaye et al // Fuel Commun. – 2025. – № 23. – P. 100142. https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2025.100142.
46. Unlocking the Potential of Pomelo Albedo: A Novel Substrate for Alpha-Amylase Production Using *Bacillus licheniformis* / T.N. Tran et al // Fermentation. – 2025. – № 11. – P. 336. https://doi.org/10.3390/fermentation11060336.
47. Purification of α-Amylase from Thermophilic *Bacillus licheniformi*s SO5 by Using a Novel Method, Alternating Current Magnetic-Field Assisted Three-Phase Partitioning: Molecular Docking and Bread Quality Improvement / S. Aras et al // Food Chem. – 2025. – № 484. – P. 144258. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144258.
48. Biochemical characteristics and potential application of a thermostable starch branching enzyme from *Bacillus licheniformis* / T. Yang et al // AMB Express. – 2023. – Vol. 20, № 13(1):8. https://doi.org/10.1186/s13568-023-01511-4.
49. Optimization and purification of a novel calcium-independent thermostable, α-amylase produced by *Bacillus licheniformis* UDS-5 / S. Suthar et al // World J Microbiol Biotechnol. – 2024. – Vol. 9, № 40(12). – P. 385. https://doi.org/10.1007/s11274-024-04188-4. PMID: 39557691.
50. Донкова Н.В. Свойства штаммов *Bacillus subtilis* как продуцентов амилаз при производстве сахаросодержащей кормовой добавки / Н.В. Донкова, С.А. Донков // Вестн. КрасГАУ. – 2020. – № 5. – С. 136-141. https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-5-136-141.

51. Мынбаева М.Ж. Оценка некоторых пробиотических свойств *Bacillus subtilis* / М.Ж. Мынбаева, С.С. Ануарбекова, К.Х. Алмагамбетов // Биотехнология. Теория и практика. – 2010. – № 1. – С. 53-57.
52. Мынбаева М.Ж. Изучение антагонистической активности и чувствительности к антибиотикам у бацилл, выделенных из различных экологических ниш / М.Ж. Мынбаева, С.С. Ануарбекова // Вестн. КазНПУ им. Абая, серия «Естеств.-географ. науки». – 2009. – № 4 (22). – С. 17-21.
53. Сидорова Т.М. Особенности антагонизма бактерий рода *Bacillus* по отношению к токсиногенным грибам *Fusarium* при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) / Т.М. Сидорова, А.М. Асатурова, В.В. Аллахвердян // Юг России: экология, развитие. – 2021. – № 16(4). – С. 86-103. https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-4-86-103.
54. Ленченко Е.М. Исследование антагонистических свойств и чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам / Е.М. Ленченко, Ху Бинхун, Ю.В. Ломова // Аграрная наука. – 2017. – № 6. – С. 17-22.
55. Антагонистическая активность штаммов *Bacillus pumilus*, перспективных для включения в состав пробиотического препарата для животных / И.А. Функ и др. // Вестн. Алтайского гос. аграрного унив. – 2019. – № 12(182). – С. 126-130.
56. Yim S.S. Exploiting interbacterial antagonism for microbiome engineering / S.S. Yim, H.H. Wang // Curr Opin Biomed Eng. – 2021. – № 19. – P. 100307. https://doi.org/10.1016/j.cobme.2021.100307.
57. Bacterial-Fungal Interactions: Mutualism, Antagonism, and Competition / M. Zhang et al // Life. – 2025. – № 15. – P. 1242. https://doi.org/10.3390/ life15081242.
58. Khan M.F. Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management / M.F. Khan // Sci. – 2025. – № *7*. – P. 46. https://doi.org/10.3390/sci7020046.
59. Леонова И.Б. Основы микробиологии: учебник и практикум для ВУЗов / И.Б. Леонова. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 277 с. https://urait.ru/bcode/512297 (дата обращения: 18.03.2026).
60. Isolation and Characterization of a *Thermaerobacillus caldiproteolyticus* – like Strain Producing Extracellular Amylase from the Nelumwewa Geothermal Spring, Sri Lanka / S. Bandara et al // Fermentation. – 2025. – № 11. – P. 397. https://doi.org/10.3390/fermentation11070397.
61. Lim S.J. Purification and Characterisation of Thermostable α-Amylases from Microbial Sources / S.J. Lim, S.N. Hazwani-Oslan, S.N. Oslan // BioResources. – 2020. – № 15(1). – P. 2005-2029. https://doi.org/10.15376/biores.15.1.2005-2029.
62. Jaiswal N. Thermostable α-Amylases and Laccases: Paving the Way for Sustainable Industrial Applications / N. Jaiswal, P. Jaiswal // Processes. – 2024. – № 12(7). – P. 1341. https://doi.org/10.3390/pr12071341.
63. Microbial Alpha-Amylase Production: Progress, Challenges and Perspectives / B. Elyasi Far et al // Adv Pharm Bull. – 2020. – № 10(3). – P. 350-358. https://doi.org/10.34172/apb.2020.043.
64. Яковлева А.К. Перспективы использования галофильных и галотолерантных микроорганизмов в биотехнологии / А.К. Яковлева, З.А. Канарская, А.В. Канарский // Вестн. Казанского технолог. унив. – 2017. – № 8. – С. 147-151. https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-galofilnyh-i-galotolerantnyh-mikroorganizmov-v-biotehnologii (дата обращения: 22.03.2026).
65. Extracellular hydrolytic enzymes produced by halophilic bacteria and archaea isolated from hypersaline lake / F. Karray et al // Mol Biol Rep. – 2018. – № 45. – P. 1297-1309. https://doi.org/10.1007/s11033-018-4286-5.
66. Isolation, Identification and Enzymatic Activity of Halotolerant and Halophilic Fungi from the Great Sebkha of Oran in Northwestern of Algeria / R. Chamekh et al // Mycobiology. – 2019. – V 47, Issue 2. – P. 230-241.
67. [https://vkpm.genetika.ru] (дата обращения: 22.03.2026).
68. [https://www.atcc.org/products/15841] (дата обращения: 22.03.2026).
69. [www.rcm.kz] (дата обращения: 22.03.2026).

References

1. Fermentativnaya aktivnost' zernovykh kul'tur / S.B. Gridina i dr. // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 8. – S. 57-60. (In Russian).
2. Skurikhin I.M. Khimicheskii sostav pishchevykh produktov / I.M. Skurikhin, M.N. Volgarev. – Izdanie 2-e, pererabotannoe i dopolnennoe. V 2-kh knigakh. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 584 s. (In Russian).
3. Zainobiddinov M.Z. Analiz khimicheskogo sostava zeren pshenitsy i rzhi dlya ezhednevnogo potrebleniya / M.Z. Zainobiddinov // Ehkonomika i sotsium. – 2023. – № 12(115)-1. – S. 1108-1116. (In Russian).
4. Tipsina N.N. Biologicheskaya tsennost' produktov pererabotki yachmenya / N.N. Tipsina, O.S. Pulyaeva // Vestn. KrasGAU. – 2013. – № 8. – S. 226-229. (In Russian).
5. Artyklyev Eh. Izmenenie khimicheskogo sostava zerna pri sozrevanii / Eh. Artyklyev, A. Bairamov, Sh. Garadzhaev // Innovatsionnaya nauka. – 2023. – № 12-2. – S. 77-79. (In Russian).
6. Analiz khimicheskogo sostava i pishchevoi tsennosti zernovogo syr'ya dlya proizvodstva produktov detskogo pitaniya / S.A. Urubkov i dr. // Pishchevaya promyshlennost'. – 2018. – № 8. – S. 16-21. (In Russian).
7. de Souza PM. Application of microbial α-amylase in industry / PM de Souza, P. de Oliveira Magalhães // Braz J Microbiol. – 2010. – № 41(4). – R. 850-861. https://doi.org/10.1590/S1517-83822010000400004. (In English).
8. Biokhimiya zerna i produktov ego pererabotki: uchebnoe posobie / pod red. S.V. Borisovoi. – M-vo obraz. i nauki Rossii; Kazan. nats. issled. tekhnol. un-t. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2016. – 100 s. (In Russian).
9. Fermenty v pishchevoi promyshlennosti / R.Dzh. Uaitkherst, M. van Oort (red.). – Per. s angl, d-ra khim. nauk S.V. Makarova. – SPb.:Professiya, 2014. – 408 s., tabl.. il. – (Seriya: Ingredienty). – S. 135-138, 228-233. (In Russian).
10. Shilkova O. Vliyanie fermentov zerna na biokhimicheskie izmeneniya v nem pri khranenii / O. Shilkova, S. Beletskii, K. Gur'eva // Kombikorma. – 2018. – № 9. – S. 93-95. (In Russian).
11. Kuznetsova E.A. Fermenty: struktura, svoistva i primenenie: uchebno-metodicheskoe posobie dlya vysshego professional'nogo obrazovaniya / E.A. Kuznetsova, L.V. Cherepnina. – Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK», 2013. – 175 s. (In Russian).
12. Beula Isabel J. Harnessing amylase producing novel bacterial strains from industrial waste: A bioprocessing and optimization approach / J. Beula Isabel, M. Premalatha // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025. – Vol. 322, Part 2, 146769. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.146769. (In English).
13. Nikitina E.V. Bakterial'nye istochniki amiloliticheskikh fermentov: kharakteristika i netraditsionnoe primenenie / E.V. Nikitina // Vest. tekhnolog. univer. – 2015. – T. 18, № 19. – S. 245-248. (In Russian).
14. Izuchenie termostabil'noi amilazy shtamma Bacillus paralicheniformis / V.S. Popova i dr. // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2024. – № 3. – S. 133. (In Russian).
15. Nikitina E.V. Biotekhnologicheskie aspekty primeneniya amiloliticheskikh fermentov v pishchevoi promyshlennosti / E.V. Nikitina, O.A. Reshetnik, R.A. Gubaidullin // Vestn. Kazanskogo tekhnolog. univ. – 2013. – № 13. https://cyberleninka.ru/article/n/biotehnologicheskie-aspekty-primeneniya-amiloliticheskih-fermentov-v-pischevoy-promyshlennosti (data obrashcheniya: 01.04.2026). (In Russian).
16. Recent trends in production and potential applications of microbial amylases: A comprehensive review / Zain Ali et al // Protein Expression and Purification. – 2025. – Vol. 227, 106640. https://doi.org/10.1016/j.pep.2024.106640. (In English).
17. A broader view: microbial enzymes and their relevance in industries, medicine, and beyond / N. Gurung et al // Biomed Res Int. – 2013. – 329121. https://doi.org/10.1155/2013/329121. (In English).
18. Fikadu Hailemichael, Seferu Tadesse. Process Optimization and Industrial Application of Microbial Amylases: A Review // GSJ. – 2022. – Vol. 10, Issue 4. – R. 2643-2648. (data obrashcheniya 31.03.2026). (In English).
19. https://ru.wikipedia.org/wiki/Amilaza (data obrashcheniya: 31.03.2026). (In Russian).
20. https://ru.wikipedia.org/wiki/Krakhmal (data obrashcheniya: 31.03.2026). (In Russian).
21. https://ru.wikipedia.org/wiki/Paien,_Ansel'm (data obrashcheniya: 31.03.2026). (In Russian).

22. A novel high maltose-forming α-amylase from Rhizomucor miehei and its application in the food industry / Yu-chuan Wang et al // Food Chemistry. – 2020. – Vol. 305, 1. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125447. (In English).
23. https://propionix.ru/mikrobnaya-fermentatsiya (data obrashcheniya: 31.03.2026). (In Russian).
24. An overview of the enzyme: Amylase and its industrial potentials / M. Ahmad et al // Bayero Journal of Pure and Applied Sciences. – 2020. – 12(1). – R. 352-358. https://doi.org/10.4314/bajopas.v12i1.53S. (In English).
25. Putri AZ. Microbial α-Amylases in the Industrial Extremozymes / AZ Putri, T. Nakagawa // Reviews in Agricultural Sci. – 2020. – № 8. – R. 158-169. https://dx.doi.org/10.7831/ras.8.0_158. (In English).
26. https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-amylase (data obrashcheniya: 31.03.2026). (In Russian).
27. Characterization of a Thermostable α-Amylase from Bacillus licheniformis 104.K for Industrial Applications / A. Kholikov et al // Microorganisms. – 2025. – № 13. – R. 1757. https://doi.org/10.3390/microorganisms13081757. (In English).
28. Poluchenie rekombinantnoi α-amilazy Amy1UA7 iz subtilis v kletkakh E. coli / M. Kalimkulova i dr. // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – 2015. – № 4. – S. 57-65. (In Russian).
29. Microbial Alpha-Amylase Production: Progress, Challenges and Perspectives / B. Elyasi Far et al // Adv Pharm Bull. – 2020. – № 10(3). – R. 350-358. https://doi.org/10.34172/apb.2020.043. (In English).
30. α-Amilaza i ee primenenie v raznykh otraslyakh promyshlennosti / Zh.B. Suleimenova i dr. // Mikrobiologiya zhəne virusologiya. – 2023. – № 3(42). – S. 52-67. https://doi.org/10.53729/MV-AS.2023.03.03. (In Russian).
31. Applications of Microbial Enzymes in Food Industry / S. Raveendran et al // Food Technology and Biotechnology. – 2018. – № 56(1). – P. 16-30. https://doi. org/10.17113/ftb.56.01.18.5491. (In English).
32. Fernandes P. Enzymatic Processing in the Food Industry / P. Fernandes // Reference Module in Food Science. – 2018. – R. 1-11. https://doi.org/10.1016/b978-0- 08-100596-5.22341-x. (In English).
33. Opredelenie aktivnosti amiloliticheskikh fermentov po gidrolizu substrata, immobilizovannogo v poliakrilamidnom gele / V.O. Maksutova i dr. // Doklady Bashkirskogo univ. – 2017. – T. 2, № 5. – S. 736-740. (In Russian).
34. Donkova N.V. Fermentativnaya aktivnost' bakterii iz roda Bacillus pri gidrolize krakhmalsoderzhashchego rastitel'nogo syr'ya / N.V. Donkova, S.A. Donkov // Vestn. KrasGAU. – 2021. – № 5. – S. 174-179. https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-5-174-179. (In Russian).
35. Microbial Amylolytic Enzymes in Foods: Technological Importance of the Bacillus Genus / T.C. Farias et al // Biocatal. Agric. Biotechnol. – 2021. – № 35(4). – R. 102054. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102054. (In English).
36. Obtaining and Characterizing Thermostable α-Amylases Secreted by Bacillus subtilis, Originating from Bacillus amyloliquefaciens and Bacillus subtilis / T. Soghomonyan et al // Fermentation. – 2024. – № 10(11). – R. 547. https://doi.org/10.3390/fermentation10110547. (In English).
37. Optimization of reaction conditions for the production of DAG using immobilized 1,3-regiospecific lipase Lipozyme RM IM / T. Watanabe et al // J. of the American Oil Chemists' Society. – 2003. – Vol. 80, № 12. – P. 1201-1207. (In English).
38. Davranov K.D. Otsenka fermentativnoi aktivnosti galotolerantnykh mikroorganizmov iz prirodnykh obraztsov priaral'ya / K.D. Davranov, A.I. Kulonov, K.V. Kondrasheva // Universum: khimiya i biologiya: ehlektron. nauchn. zhurn. – 2023. – № 7(109). [Ehlektron. resurs]. https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15738.
https://doi.org/10.32743/UNICHEM.2023.109.7.15738 (data obrashcheniya: 30.03.2026). (In Russian).
39. Ishtuganova K.V. Gidroliticheskaya aktivnost' mikroorganizmov pshenichnykh otrubeĭ i soevogo zhmykha / K.V. Ishtuganova, A.V. Garicheva // Pishchevye sistemy. – 2021. – № 4(3S). – S. 93-97. https://doi.org/10.21323/2618–9771- 2021-4-3S-93-97. (In Russian).
40. Pavlov A.G. Amiloliticheskaya aktivnost' izolyatov bakterii Bacillus subtilis, vydelennykh iz mikrobioty dikikh zhivotnykh / A.G. Pavlov // Sibirskii vestnik sel'skokhoz. nauki. – 2022. – T. 52, № 5. – S. 130-135. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-16. (In Russian).

41. Biokhimicheskie parametry rekombinantnoi α-amilazy Amy1UA7 / M.C. Kalimkulova i dr. // Nauka, Biologicheskie nauki. – 2016. – № 4-1. – S. 116-119. (In Russian).
42. Ben L. Environmental Sources of Amylase-Producing Bacteria and Their Industrial Applications / L. Ben // J Bacteriol Parasitol. – 2024. – Vol.15, Iss.S28, № 1000111. (In English).
43. Pashchenko L.P. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva: Uchebnik / L.P. Pashchenko, I.M. Zharkova. – SPb.:«Lan'», 2014. – 672 s.: il. – S. 575-596. (In Russian).
44. Karpenko D.V. Sposob aktivatsii amiloliticheskogo fermentnogo preparata / D.V. Karpenko, T.A. Tikhonova, K.K. Khodarev // Pivo i napitki. – 2015. – № 4. – S. 42-44. (In Russian).
45. The Role of Amylase in Bioethanol Production: Advances in Amylase-Producing Strains Using CRISPR/Cas9 Technology / E.L. Tesfaye et al // Fuel Commun. – 2025. – № 23. – R. 100142. https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2025.100142. (In English).
46. Unlocking the Potential of Pomelo Albedo: A Novel Substrate for Alpha-Amylase Production Using Bacillus licheniformis / T.N. Tran et al // Fermentation. – 2025. – № 11. – R. 336. https://doi.org/10.3390/fermentation11060336. (In English).
47. Purification of α-Amylase from Thermophilic Bacillus licheniformis SO5 by Using a Novel Method, Alternating Current Magnetic-Field Assisted Three-Phase Partitioning: Molecular Docking and Bread Quality Improvement / S. Aras et al // Food Chem. – 2025. – № 484. – R. 144258. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144258. (In English).
48. Biochemical characteristics and potential application of a thermostable starch branching enzyme from Bacillus licheniformis / T. Yang et al // AMB Express. – 2023. – Vol. 20, № 13(1):8. https://doi.org/10.1186/s13568-023-01511-4. (In English).
49. Optimization and purification of a novel calcium-independent thermostable, α-amylase produced by Bacillus licheniformis UDS-5 / S. Suthar et al // World J Microbiol Biotechnol. – 2024. – Vol. 9, № 40(12). – R. 385. https://doi.org/10.1007/s11274-024-04188-4. PMID: 39557691. (In English).
50. Donkova N.V. Svoistva shtammov Bacillus subtilis kak produtsentov amilaz pri proizvodstve sakharosoderzhashchei kormovoi dobavki / N.V. Donkova, S.A. Donkov // Vestn. KrasGAU. – 2020. – № 5. – S. 136-141. https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-5-136-141. (In Russian).
51. Mynbaeva M.Zh. Otsenka nekotorykh probioticheskikh svoistv Bacillus subtilis / M.Zh. Mynbaeva, S.S. Anuarbekova, K.Kh. Almagambetov // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – 2010. – № 1. – S. 53-57. (In Russian).
52. Mynbaeva M.Zh. Izuchenie antagonisticheskoi aktivnosti i chuvstvitel'nosti k antibiotikam u batsill, vydelennykh iz razlichnykh ehkologicheskikh nish / M.Zh. Mynbaeva, S.S. Anuarbekova // Vestn. KazNPU im. Abaya, seriya «Estestv.-geograf. nauki». – 2009. – № 4 (22). – S. 17-21. (In Russian).
53. Sidorova T.M. Osobennosti antagonizma bakterii roda Bacillus po otnosheniyu k toksinogennym gribam Fusarium pri zashchite rastenii ot bolezni i kontaminatsii mikotoksinami (obzor) / T.M. Sidorova, A.M. Asaturova, V.V. Allakhverdyan // Yug Rossii: ehkologiya, razvitie. – 2021. – № 16(4). – S. 86-103. https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-4-86-103. (In Russian).
54. Lenchenko E.M. Issledovanie antagonisticheskikh svoistv i chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam / E.M. Lenchenko, Khu Binkhun, Yu.V. Lomova // Agrarnaya nauka. – 2017. – № 6. – S. 17-22. (In Russian).
55. Antagonisticheskaya aktivnost' shtammov Bacillus pumilus, perspektivnykh dlya vklyucheniya v sostav probioticheskogo preparata dlya zhivotnykh / I.A. Funk i dr. // Vestn. Altaiskogo gos. agrarnogo univ. – 2019. – № 12(182). – S. 126-130. (In Russian).
56. Yim S.S. Exploiting interbacterial antagonism for microbiome engineering / S.S. Yim, H.H. Wang // Curr Opin Biomed Eng. – 2021. – № 19. – R. 100307. https://doi.org/10.1016/j.cobme.2021.100307. (In English).
57. Bacterial-Fungal Interactions: Mutualism, Antagonism, and Competition / M. Zhang et al // Life. – 2025. – № 15. – R. 1242. https://doi.org/10.3390/ life15081242. (In English).
58. Khan M.F. Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management / M.F. Khan // Sci. – 2025. – № 7. – R. 46. https://doi.org/10.3390/sci7020046. (In English).
59. Leonova I.B. Osnovy mikrobiologii: uchebnik i praktikum dlya VUZov / I.B. Leonova. – M.: Izdatel'stvo Yurait, 2023. – 277 s. https://urait.ru/bcode/512297 (data obrashcheniya: 18.03.2026). (In Russian).

60. Isolation and Characterization of a Thermaerobacillus caldiproteolyticus – like Strain Producing Extracellular Amylase from the Nelumwewa Geothermal Spring, Sri Lanka / S. Bandara et al // Fermentation. – 2025. – № 11. – R. 397. https://doi.org/10.3390/fermentation11070397. (In English).
61. Lim S.J. Purification and Characterisation of Thermostable α-Amylases from Microbial Sources / S.J. Lim, S.N. Hazwani-Oslan, S.N. Oslan // BioResources. – 2020. – № 15(1). – P. 2005-2029. https://doi.org/10.15376/biores.15.1.2005-2029. (In English).
62. Jaiswal N. Thermostable α-Amylases and Laccases: Paving the Way for Sustainable Industrial Applications / N. Jaiswal, P. Jaiswal // Processes. – 2024. – № 12(7). – R. 1341. https://doi.org/10.3390/pr12071341. (In English).
63. Microbial Alpha-Amylase Production: Progress, Challenges and Perspectives / B. Elyasi Far et al // Adv Pharm Bull. – 2020. – № 10(3). – P. 350-358. https://doi.org/10.34172/apb.2020.043. (In English).
64. Yakovleva A.K. Perspektivy ispol'zovaniya galofil'nykh i galotolerantnykh mikroorganizmov v biotekhnologii / A.K. Yakovleva, Z.A. Kanarskaya, A.V. Kanarskii // Vestn. Kazanskogo tekhnolog. univ. – 2017. – № 8. – C. 147-151. https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-galofilnyh-i-galotolerantnyh-mikroorganizmov-v-biotehnologii (data obrashcheniya: 22.03.2026). (In Russian).
65. Extracellular hydrolytic enzymes produced by halophilic bacteria and archaea isolated from hypersaline lake / F. Karray et al // Mol Biol Rep. – 2018. – № 45. – P. 1297-1309. https://doi.org/10.1007/s11033-018-4286-5. (In English).
66. Isolation, Identification and Enzymatic Activity of Halotolerant and Halophilic Fungi from the Great Sebkha of Oran in Northwestern of Algeria / R. Chamekh et al // Mycobiology. – 2019. – V 47, Issue 2. – P. 230-241. (In English).
67. [https://vkpm.genetika.ru] (data obrashcheniya: 22.03.2026). (In Russian).
68. [https://www.atcc.org/products/15841] (data obrashcheniya: 22.03.2026). (In Russian).
69. [www.rcm.kz] (data obrashcheniya: 22.03.2026). (In Russian).

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось/финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP26104701).

С.С. Ануарбекова[*], Д.А. Шаймерденова[1], Ж.М. Чаканова[1], М.Ж. Кизатова[2]
[1]«Инноватор» ғылыми-өндірістік кәсіпорын» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Астана қ.
[2]ҰАҚ «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті»,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
*e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

АМИЛАЗА ЖӘНЕ АМИЛОЛИТИКАЛЫҚ ФЕРМЕНТТЕРДІ ӨНДІРЕТІН МИКРООРГАНИЗМДЕР

Амилолитикалық ферменттер – өндірістік маңызды ферменттердің бірі, олардың өндірістік пайызы жоғары. Олардың әрекеті крахмал молекулаларының глюкозаға гидролизіне негізделген. Амилазалар күнделікті өмірде, тамақ, тоқыма, қағаз, крахмал өңдеу, фармацевтикалық өндірісте, диагностикалық және терапиялық салаларда қолданылады. Оларды өсімдіктер, жануарлар және микроорганизмдер өндіреді. Пайдаланылатын продуценттердің негізгі пайызы микроорганизмдер болып табылады, себебі микробтық амилазалар тұрақтырақ, тиімдірек және экономикалық тұрғыдан тиімдірек. Амилолитикалық ферменттердің негізгі өндірушілері - Bacillus, Lactobacillus, Klebsiella, Halobacillus және басқа туыстастарының бактериялары, Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Mucor, Trichoderma және басқа туыстастарының саңырауқұлақтары, әртүрлі актиномицеттер мен ашытқылар. Олардың белсенділігі ферменттерді бөліп алу, содан кейін ашыту үшін жағдайлар мен қоректік ортаны таңдау мүмкіндігіне негізделген. Бұл шолу бактериялық және саңырауқұлақ тектес гидролитикалық фермент амилазасының маңыздылығын атап көрсетеді, әртүрлі өнеркәсіптік қолданбаларда қолданылатын жаһандық дақыл штамдары мен коммерциялық препараттарды атап көрсетеді. Жоба барысында біз дәнді дақылдардан перспективалы ферментативті белсенді бактериялық және саңырауқұлақ дақылдарын бөліп алдық. Олардың ішінде Bacillus sp. туысының алты бактериялық дақылы белсенділік көрсетті. Олардын фенотиптік және генотиптік сипаттамалары анықталған.

Түйін сөздер: *бактериялар, саңырауқұлақтар, штамм, амилаза, амилолитикалық белсенділік, биотехнология өнеркәсібі.*

S. Anuarbekova[*], D. Shaimerdenova[1], Zh. Чаканова[1], M. Кизатова[2]
[1]LLP “Research and Production Enterprise «Innovator», Astana c., Kazakhstan
[2]Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov
Almaty c., Kazakhstan,
*e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

AMYLASE AND MICROORGANISMS PRODUCING AMYLOLYTIC ENZYMES

Amylolytic enzymes are among the significant industrial enzymes with a high percentage of production. Their action is based on the hydrolysis of starch molecules to glucose. Amylases are used in everyday life, in the food, textile, paper, starch processing industries, in the manufacture of pharmaceuticals, in diagnostics and treatment. The producers are plants, animals, and microorganisms. The main percentage of producers are microorganisms, as microbial amylases are more stable, effective and economically beneficial.The main producers of amylolytic enzymes are bacteria of the genera Bacillus, Lactobacillus, Klebsiella, Halobacillus and others, fungi of the genera Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Mucor, Trichoderma and others, various actinomycetes and yeasts. Their activity is based on the ability to secrete enzymes with further selection of conditions and nutrient media for fermentation. This review highlights the importance of the hydrolytic enzyme amylase of bacterial and fungal origin, global crop strains and commercial preparations used in various industrial fields. In the process of working on the project, we isolated promising enzymatically active cultures of bacteria and fungi from grain crops. Among them, 6 cultures of bacteria of the genus Bacillus sp are active. Phenotyptic and genotypic sipattamalary anktalgan. Their phenotypic and genotypic characteristics are noted.

Key words: *bacteria, fungi, strain, amylase, amylolytic activity, biotechnology industry.*

Сведения об авторах

Сандугаш Сакеновна Ануарбекова* – кандидат медицинских наук (03.00.07 – микробиология), ведущий научный сотрудник ТОО «Научно-производственное предприятие «Инноватор», г. Астана, РК; e-mail: sanuarbekova@rambler.ru. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8770-3160.

Даригаш Арыновна Шаймерденова – доктор технических наук, главный научный сотрудник ТОО «Научно-производственное предприятие «Инноватор», г. Астана, РК; e-mail: darigash@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8961-8955.

Жанар Меирхановна Чаканова – ведущий научный сотрудник ТОО «Научно-производственное предприятие «Инноватор», г. Астана, РК; e-mail: janara_78@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7798-128X.

Майгуль Жалеловна Кизатова – доктор технических наук, профессор кафедры фармацевтической технологии НАО «Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова», г. Алматы, РК. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6481-7410.

Авторлар туралы мәліметтер

Сандуғаш Сакеновна Ануарбекова* – медицина ғылымдарының кандидаты (03.00.07 – микробиология), «Инноватор» ғылыми-өндірістік кәсіпорын» ЖШС-нің жетекші ғылыми қызметкері, Астана қ., ҚР; e-mail: sanuarbekova@rambler.ru. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8770-3160.

Дариғаш Арыновна Шаймерденова – техника ғылымдарының докторы, «Инноватор» ғылыми-өндірістік кәсіпорын» ЖШС-нің бас ғылыми қызметкері, Астана қ., ҚР; e-mail: darigash@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8961-8955.

Жанар Меирхановна Чаканова – «Инноватор» ғылыми-өндірістік кәсіпорын» ЖШС-нің жетекші ғылыми қызметкері, Астана қ., ҚР; e-mail: janara_78@mail.ru. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7798-128X.

Майгуль Жалеловна Кизатова – техника ғылымдарының докторы, «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ фармацевтикалық технология кафедрасының профессоры, Алматы қ., ҚР. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6481-7410.

Information about the authors

Sandugash Anuarbekova* – Candidate of Medical Sciences (03.00.07 – microbiology), Leading Researcher in LLP «Research and Production Enterprise «Innovator», Astana, RK; e-mail: sanuarbekova@rambler.ru. ORCID: http://orcid.org/0000-0001-8770-3160.

Darigash Shaimerdenova – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher in LLP «Research and Production Enterprise «Innovator», Astana, RK; e-mail: darigash@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8961-8955.

Zhanar Chakanova – Leading Researcher in LLP «Research and Production Enterprise «Innovator», Astana, RK; e-mail: janara_78@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7798-128X.