

УДК 577.15.02:664.66

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ИНУЛИНА
ИНУЛИНАЗОЙ *BACILLUS POLYMUХA* 29**И.В. МАЖУЛИНА¹, Т.Н. ТЕРТЫЧНАЯ¹, А.А. ШЕВЦОВ²

(¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
² Воронежский государственный университет инженерных технологий)

Использование инулиназ открывает широкую перспективу получения чистых фруктозных сиропов из растительного сырья — инулина, а не из крахмала. Выход фруктозы достигает 90–95%. Фруктоза становится все более востребованной в пищевых технологиях как более безопасная для здоровья человека альтернатива сахарозе, которая способствует возникновению атеросклероза, ожирения, кариеса и диабета.

*Разработан способ управления биотехнологией получения ферментных препаратов на базе парокомпрессионного теплового насоса, направленный на повышение энергетической эффективности и экологической безопасности процессов ферментации, ультрафильтрации и вакуум-сублимационной сушки. Для исследований выбран продуцент инулиназы *Bacillus polymuХa* 29, выращенный глубинным способом. С точки зрения биотехнологии особый интерес представляют такие важные физико-химические факторы среды, как активная кислотность и температура. В этой связи проводили исследования кислотной и термической инактивации инулиназы *Bacillus polymuХa* 29 соответственно в диапазоне рН и температуры 4,0–8,0 и 20–80°C. Оптимальными условиями для действия инулиназы являются рН 7,0 и температура 40°C. При этих условиях активность фермента за 120 ч снижалась на 25,0% и на 55,0% при рН 6,0. Оптимальными параметрами ферментативного гидролиза инулина следует считать рН 7,0, температуру 40°C, продолжительность 8 ч и дозировку инулополимерксина 8 ед/г инулина; степень гидролиза инулина составляет 92,0%.*

Ключевые слова: ферментный препарат, инулиназа, кислотная и термическая инактивация, ферментативный гидролиз, инулин.

Основами государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 г. ставится задача модернизации и интенсификации перерабатывающей промышленности с целью обеспечения продовольственной безопасности страны за счет развития фундаментальных исследований

в области современных биотехнологических способов получения продукции повышенной пищевой ценности с новыми функционально-технологическими свойствами [4].

Одним из перспективных направлений совершенствования процессов переработки растительного сырья является биоконверсия с использованием ферментных препаратов, применение которых позволяет существенно изменить, интенсифицировать и усовершенствовать существующие технологии хлебобулочных изделий как систему энергоэффективных процессов. Этому направлению посвящены работы Л.М. Аксеновой, В.Я. Черных, Т.Г. Богатыревой, А.Г. Гинзбурга, Г.О. Магомедова, Т.Б. Цыгановой, Н.М. Дерканосовой, Е.И. Пономаревой, С.Я. Корячкиной, Е.А. Кузнецовой, Л.И. Кузнецовой, И.В. Матвеевой, А.П. Нечаева, В.А. Николаевой, Л.И. Пучковой, Ю.Ф. Рослякова, Т.В. Савенковой, R. Lees и др. [1, 2, 6, 10, 11, 15, 17].

В последние годы возрос интерес к изучению инулиназ. Микробные инулиназы гидролизуют инулин до фруктозы и фруктоолигосахаридов в более мягких условиях по сравнению с кислотным гидролизом [5, 12, 13].

Кислотный гидролиз связан с использованием химических реактивов, неизбежно попадающих в конечные продукты. Жесткие условия (температура 80–100°C и pH 1–2) дают возможность ускорить процесс, но при этом наблюдаются значительные потери фруктозы за счет разложения с образованием фенолов, дегидродифруктозангидрата.

Для проведения процесса необходимо специальное кислотоустойчивое оборудование с антикоррозионным покрытием, соблюдение требований безопасности при работе с ним. Кроме того, несмотря на низкую стоимость кислот, процесс химического гидролиза инулина экономически невыгоден по причине значительных потерь фруктозы и высоких затрат на очистку сиропа от продуктов деградации фруктозы, придающих цвет и посторонний привкус, а также очистку от зольных элементов. Кислотный гидролиз также приводит к образованию дифруктозного ангидрида с концентрацией до 5,0%, который практически не обладает сладким вкусом [13].

При воздействии инулиназы на инулин происходит образование преимущественно D-фруктозы и незначительного количества глюкозы. Фруктоза — это самый сладкий из известных природных сахаров. Фруктоза слаще сахарозы в 1,73 раза в зависимости от условий измерения степени сладости (температура, pH, концентрация и т.д.), она значительно лучше растворяется в воде.

Использование инулиназ открывает широкую перспективу получения чистых фруктозных сиропов непосредственно из растительного сырья, из инулина, а не из крахмала. Выход фруктозы достигает 90–95%.

Важным направлением применения микробных инулиназ является получение из инулина фруктоолигосахаридов, которые, по последним данным, обладают более высокой пребиотической активностью, чем высокомолекулярный инулин.

В научно-технической литературе отсутствуют научно обоснованные подходы к использованию фермента инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 для получения биомодифицированных продуктов с заданными технологическими свойствами и к их использованию в технологии хлебобулочных изделий повышенного качества и пищевой ценности.

Разработана энергоэффективная биотехнология получения технического препарата инулиназы с применением методов ультрафильтрации и вакуум-сублимационной сушки глубинной культуры бактерий *Bacillus polymyxa* 29.

Использованные научно обоснованные способы энергосбережения за счет рекуперации и утилизации вторичных энергоресурсов и замкнутых рециркуляционных схем по материальным и энергетическим потокам подтверждены патентами РФ № 2480520 и № 2484129 с применением парокompрессионного и парорезекторного тепловых насосов [7, 8, 13, 14].

Методика исследований

Объектом исследований были чистые культуры микромицета — бактерий *Bacillus polymyxa* 29, имеющиеся на кафедре биохимии и микробиологии Воронежского государственного университета инженерных технологий. Выбор констатировался исследованиями скрининга инулиназы [3].

В отфильтрованной культуральной жидкости, полученной на основе глубинного культивирования микроорганизмов, определяли активность инулиназы полумикрометодом Бертрана, содержание сухих веществ рефрактометрическим методом [16]. В качестве субстрата использовали инулин фирмы *Merck* (Германия).

Результаты и их обсуждение

Инулиназа способствует превращению растительного полимера инулина в практически чистую фруктозу, или фруктоолигосахариды. Инулин накапливается как резервный полисахарид в таких сельскохозяйственных культурах, как артишок, цикорий, топинамбур, якон и др. Фруктоза становится все более востребованной в пищевых технологиях как более безопасная для здоровья человека альтернатива сахарозе, которая способствует возникновения атеросклероза, ожирения, кариеса и диабета.

Питательные среды готовили на водопроводной воде в колбах Эрленмейера объемом 500 см³, дважды автоклавировали (через 24 ч) при давлении 0,1–0,12 МПа в течение 1 ч, охлаждали до 32–33°C и засеивали водно-споровой суспензией бактерий в количестве 1% к объему питательной среды. Выращивание продуцента проводили на ла-бораторной качалке при скорости 1,7–1,8 с⁻¹, температуре 32–35°C в течение 72 ч [3].

В качестве источника углерода рассматривали глюкозу, фруктозу, ксилозу, сахарозу, мальтозу, лактозу, раффинозу, крахмал, мелассу, экстракт топинамбура, целлюлозу, пептон.

Исследование азотного питания на биосинтез инулиназы проводили на фоне среды следующего состава (%): KH_2PO_4 — 0,1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,05; KCl — 0,05 с добавлением 5 % сахарозы. В качестве источника азота изучали влияние NaNO_3 , KNO_3 , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, экстракты — кукурузный, солодовый. лучшие результаты были показаны в присутствии $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (0, 21%). Оптимальное значение pH среды — 7,0; температура и продолжительность культивирования соответственно — 35°C и 72 ч. Максимальный эффект действия на биосинтез инулиназы оказывали сахароза (5%) и ксилоза (1%) при их совместном использовании. Активность инулиназы составляла 30–35 ед/см³.

В дальнейшем высокоактивный ферментный препарат инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 получали сочетанием ультрафильтрации и сублимационной сушки [3, 4].

В результате получен препарат инулиназы с удельной активностью 520,7 ед/мг белка. Установлено, что максимальную инулиназную активность имеет препарат, полученный при pH 7,0. Ферментный препарат инулополимиксин имеет светло-серый цвет, рассыпчатую консистенцию и активность инулиназы 1315–1325 ед/г.

С точки зрения биотехнологии особый интерес представляют такие важные физико-химические факторы среды, как активная кислотность и температура. В этой связи проводили исследования кислотной и термической инактивации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 соответственно в диапазоне рН и температуры 4,0–8,0 и 20–80°C.

Важный прикладной характер имеет исследование термо- и рН-стабильности фермента. Показано, то оптимальными условиями для действия инулиназы являются рН 7,0 и температура 40°C.

Кислотную и термическую инактивацию проводили при рН 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 и 8,0 и температурах 20, 30, 35, 40, 45, 50, и 60°C. Результаты исследований представлены на рисунках 1–7. Оказалось, что инулиназа *Bacillus polymyxa* 29 наиболее стабильна в зоне рН 6,0–7,0 и температур 20–45°C. Так, при 20°C при рН 7,0 активность инулиназы за 144 ч снижалась на 10,5% и на 22,0% при рН 6,0 (рис. 1).

При температуре 30°C при рН 7,0 активность инулиназы за 120 ч уменьшилась на 17,4%, при рН 6,0 — на 59,0% (рис. 2).

При температуре 35°C при рН 7,0 активность фермента за 120 ч снижалась на 29,2%, при рН 6,0 — на 55,0% (рис. 3).

При 40°C и рН 7,0 активность инулиназы за 120 ч уменьшилась на 25,0% и на 55,0% при рН 6,0 (рис. 4).

При температуре 45°C активность фермента при рН 7,0 за 120 ч инкубации составила 70,0% и при рН 6,0 — 38,0% от максимальной (рис. 5). Остаточная активность инулиназы при 50°C за 48 ч при рН 7,0 составила 18,0%, при рН 6,0 за 36 ч — 17,3%, при рН 5,0 за 12 ч — 23,5% (рис. 6).

Повышение температуры до 60°C приводило к еще более резкой инактивации фермента (рис. 7) [4].

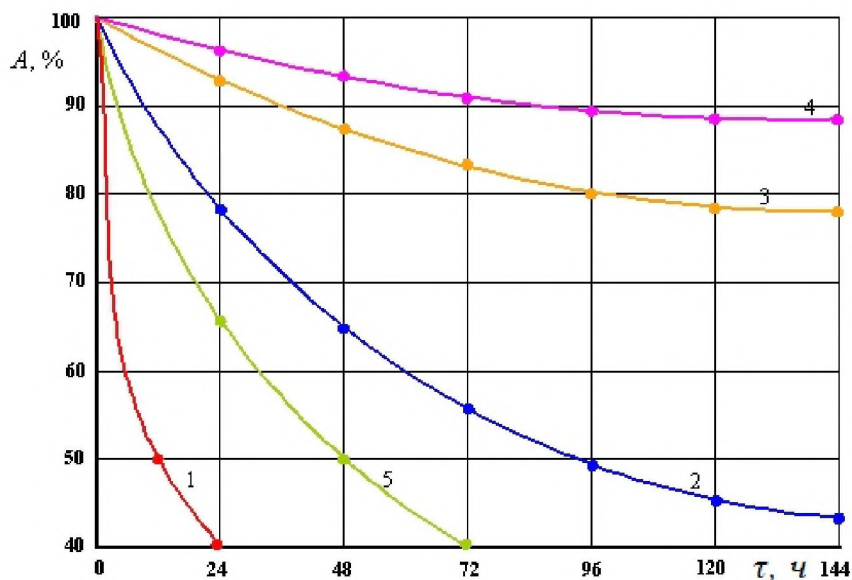


Рис. 1. Динамика инактивации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 при температуре 20°C и рН: 1 — 4,0; 2 — 5,0; 3 — 6,0; 4 — 7,0; 5 — 8,0; А — активность инулиназы, %; τ — продолжительность инкубации, ч

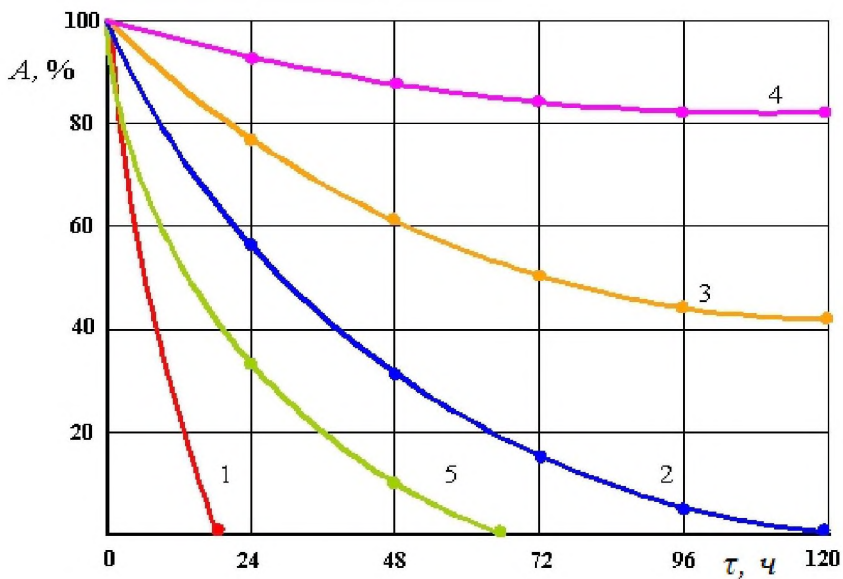


Рис. 2. Динамика инаktivации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 при температуре 30°C и pH: 1 — 4,0; 2 — 5,0; 3 — 6,0; 4 — 7,0; 5 — 8,0; A — активность инулиназы, %; τ — продолжительность инкубации, ч

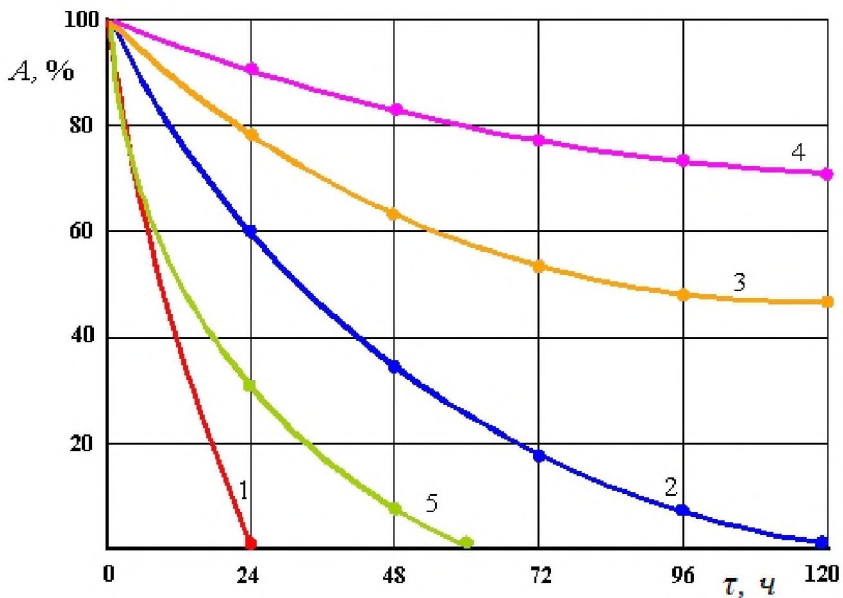


Рис. 3. Динамика инаktivации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 при температуре 35°C и pH: 1 — 4,0; 2 — 5,0; 3 — 6,0; 4 — 7,0; 5 — 8,0; A — активность инулиназы, %; τ — продолжительность инкубации, ч

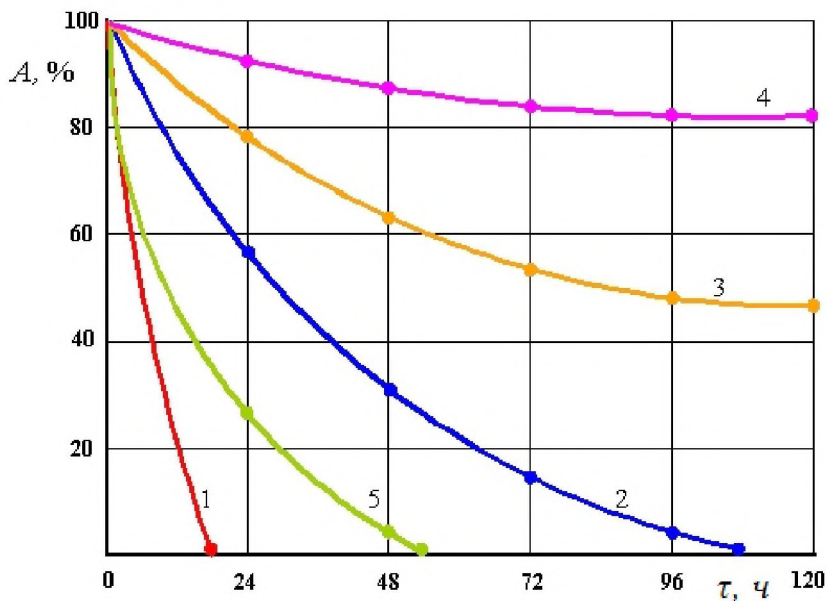


Рис. 4. Динамика инактивации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 при температуре 40°C и pH: 1 — 4,0; 2 — 5,0; 3 — 6,0; 4 — 7,0; 5 — 8,0; A — активность инулиназы, %; τ — продолжительность инкубации, ч

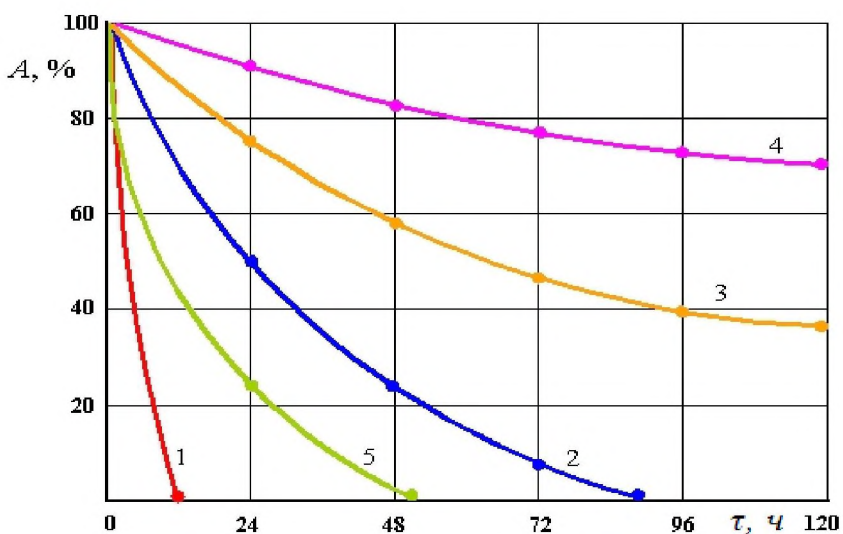


Рис. 5. Динамика инактивации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 при температуре 45°C и pH: 1 — 4,0; 2 — 5,0; 3 — 6,0; 4 — 7,0; 5 — 8,0; A — активность инулиназы, %; τ — продолжительность инкубации, ч

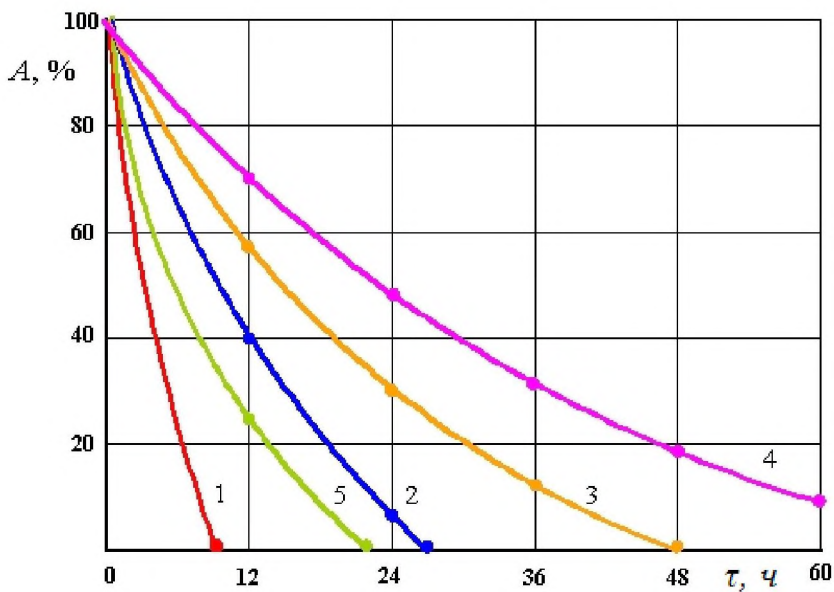


Рис. 6. Динамика инактивации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 при температуре 50°C и pH: 1 — 4,0; 2 — 5,0; 3 — 6,0; 4 — 7,0; 5 — 8,0; A — активность инулиназы, %; τ — продолжительность инкубации, ч

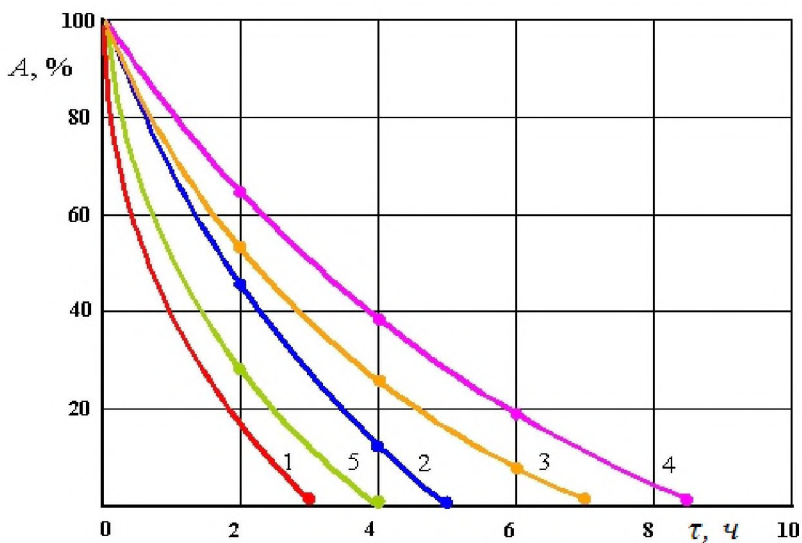


Рис. 7. Динамика инактивации инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 при температуре 60°C и pH: 1 — 4,0; 2 — 5,0; 3 — 6,0; 4 — 7,0; 5 — 8,0; A — активность инулиназы, %; τ — продолжительность инкубации, ч

При исследовании влияния дозировки ферментного препарата на динамику гидролиза инулина инулиназой *Bacillus polymyxa* 29 при оптимальном значении pH и температуре 40°C было выявлено, что для действия фермента оптимальной является 8 ед/г инулина, поскольку за 6 ч степень гидролиза инулина порошка топинамбура составила 91,0%, за 8 ч — 94,5% и за 10–12 ч — 95,0% (рис. 8). Предварительные опыты показали целесообразность гидро модуля 1:3.

Анализ характера зависимостей показал, что за 6 ч инкубации при дозировке инулиназы 10 ед/г инулина степень его гидролиза была равна 90,0%, за 8 ч — 92,0%, за 10–12 ч — 95,2%. Более скромные результаты по накоплению фруктозы были отмечены при дозировках 4 и 6 ед/г инулина (рис. 8). При дозировке 6 ед/г инулина степень его гидролиза за 6 ч составляла 65,0%, за 12 ч — 84,0% [13].

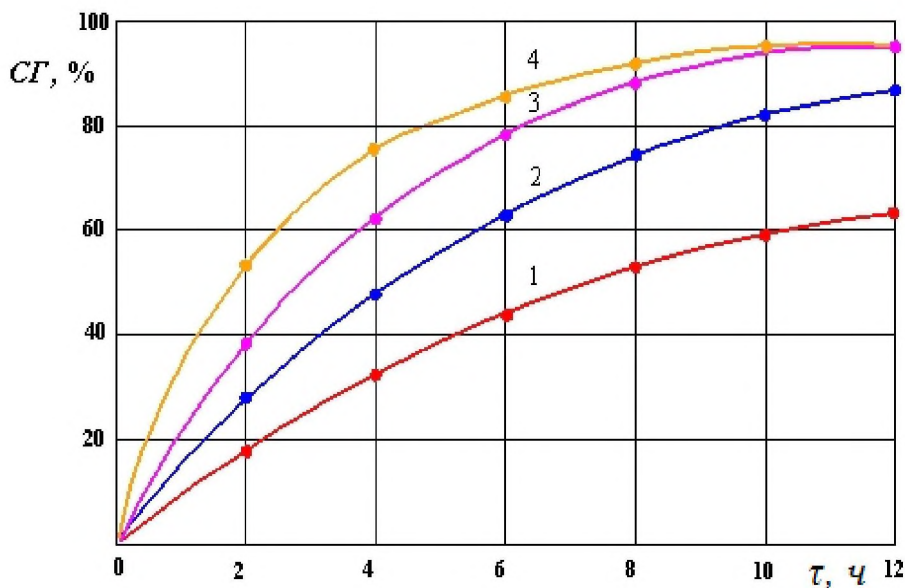


Рис. 8. Динамика гидролиза инулина инулиназой *Bacillus polymyxa* 29 при pH 7,0 и 40°C и дозировках ферментного препарата, ед/г: 1 — 4; 2 — 6; 3 — 8; 4 — 10; СГ — степень гидролиза инулина, %

При изучении влияния температуры на динамику гидролиза инулина инулиназой *Bacillus polymyxa* 29 при оптимальном значении pH для действия фермента рассматривались 35, 40 и 45°C (рис. 9).

Необходимо отметить, что при температуре 40°C, pH 7,0 и дозировке препарата инулиназы 8 ед/г за 12 ч инулин гидролизуеться на 95,7%, тогда как за 8 ч — на 93,5%. При 35 и 45°C степень гидролиза субстрата значительно ниже. Повышение температуры, вероятно, приводит к инаktivации инулиназы [4].

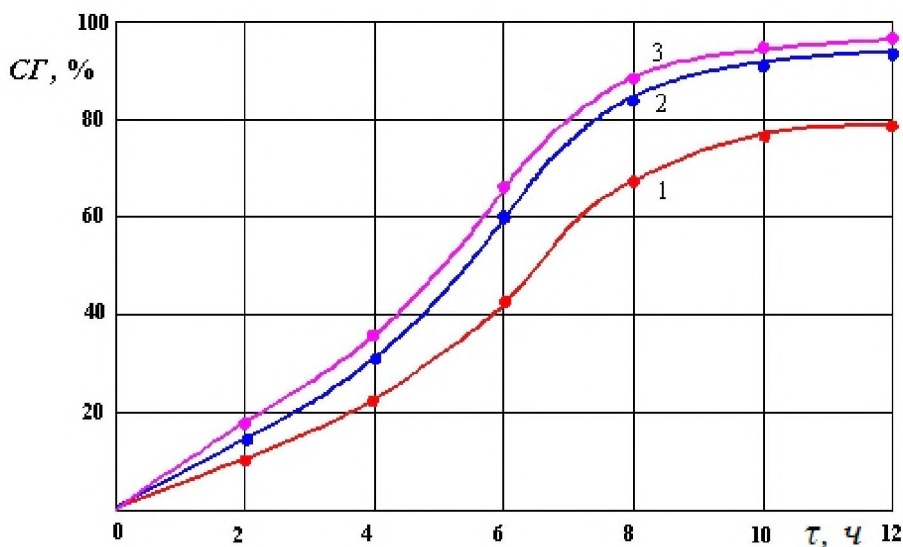


Рис. 9. Динамика гидролиза инулина инулиназой *Bacillus polymyxa* 29 при pH 7,0, дозировке ферментного препарата 8 ед/г инулина и температурах, °С: 1 — 35; 2 — 40; 3 — 45; СГ — степень гидролиза инулина, %

Заключение

Исследован процесс кислотной и термической инактивации ферментного препарата инулиназы *Bacillus polymyxa* 29. При 40°C и pH 7,0 активность фермента за 120 ч снижалась на 25,0% и на 55,0% при pH 6,0.

Подводя итоги, можно констатировать, что оптимальными параметрами ферментативного гидролиза инулина следует считать pH 7,0, температуру 40°C, продолжительность 8 ч и дозировку инулополимиксина 8 ед/г инулина (степень гидролиза инулина — 92,0%). Дальнейшее увеличение дозировки препарата и времени процесса является нецелесообразным, поскольку приводит к незначительному увеличению степени гидролиза. Ферментный препарат инулополимиксин, полученный на основе инулиназы *Bacillus polymyxa* 29, используется в технологии хлеба повышенной пищевой ценности диабетического назначения Таловские просторы (РЦ, ТИ, ТУ 9113-007-00492894-2013) [5].

Библиографический список

1. Жеребцов Н.А., Корнеева О.С., Тертычная Т.Н. О механизме каталитического действия карбогидраз (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 1999. Т. 35. № 2. С. 123–132.
2. Корнеева О.С., Жеребцов Н.А., Шуваева Г.П., Мустафаев Р.М., Тертычная Т.Н. Инулаза микромицета *Aspergillus awamori* 808. Препаративное получение и некоторые физико-химические свойства // Биотехнология. 1993. № 7. С. 31–35.
3. Мажулина И.В., Яковлева С.Ф., Абрамова И.Н. Исследование глубинного культивирования инулиназы *Bacillus polymyxa* 29 для применения в технологии хлеба диабетического

назначения // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития АПК: материалы междунар. научно-практ. конф. в рамках XXII Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2013», 12–15 марта 2013 г. Ч. II. Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. С. 59–60.

4. *Мажулина И.В.* Научное обеспечение энергоэффективной технологии получения ферментного препарата инулиназы и его применение в производстве хлебобулочных изделий: Дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук, 05.18.12, 05.18.01. Воронеж, 2013.

5. *Мажулина И.В.* Разработка энергоэффективной технологии получения ферментного препарата инулиназы и его применение в производстве хлебобулочных изделий // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 4–3 (9–3). Т. 2. С. 462–465.

6. *Малютина Т.Н.* Разработка модифицированных технологий жидкой ржаной закваски со стабильными показателями: Дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук, 05.18.01. Воронеж, 2005.

7. Патент № 2480520. МПК⁷ С 12М 1/02, С12М 1/36, F26В 5/06. Способ управления процессами получения и сушки ферментных препаратов / А.А. Шевцов, Т.Н. Тертычная, И.В. Мажулина; заявл. 03.10.2011; опублик. 27.04.2013. Бюл. № 12.

8. Патент № 2484129. МПК⁷ С 12М 1/00, С12N 1/00, С 12М 1/36. Способ производства биомассы аэробных микроорганизмов [Текст] / О.С. Корнеева, А.А. Шевцов, И.В. Черемушкина, И.В. Мажулина, Д.А. Черенков; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. университет инженерных технологий. № 2012118115/10; заявл. 03.09.2012; опублик. 10.06.2013. Бюл. № 16.

9. Патент № 2506990. МПК⁷ В01/Д, 63/00. Мембранный аппарат с неустановившейся гидродинамикой [Текст] / А.И. Ключников, А.А. Шевцов, И.В. Мажулина; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. университет инженерных технологий. № 2011140150/06; заявл. 03.07.2012; опублик. 20.02.2014. Бюл. № 5.

10. *Пономарева Е.И., Кавешников В.Ю., Застрогина Н.М., Ряжских В.И.* Прогнозирование пищевой ценности хлебобулочных изделий на основе математического моделирования биохимических превращений // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 1 (55). С. 63–67.

11. *Соколенко Г.Г., Карпеченко Н.А.* Новый штамм *Saccharomyces cerevisiae*-G, обладающий инулиназной активностью и хорошими хлебопекарными свойствами // Биотехнология. 2013. № 6. С. 18–22.

12. *Тертычная Т.Н.* Исследование биосинтеза и некоторых физико-химических свойств инулазы *Aspergillus awamori* ВКМФ-2250: Автореферат дисс. канд. биол. наук. Воронеж: ВГУ, 1994. 24 с.

13. *Шевцов А.А., Ключников А.И., Тертычная Т.Н., Мажулина И.В.* Энергоэффективная технология получения ферментного препарата инулиназы и его применение в производстве хлебобулочных изделий: монография. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т. инж. технол., 2014. 204 с.

14. *Шевцов А.А., Котарев В.И., Мажулина И.В., Тертычная Т.Н.* Эксергетический анализ энергоэффективной биотехнологии порошкообразных ферментных препаратов // Известия ТСХА. 2015. № 1. С. 79–92.

15. *Яровой С.А., Соколенко Г.Г., Манешин В.В., Полянский К.К.* Комплексное влияние инулина и молочной сыворотки на развитие дрожжей рода *Saccharomyces* // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 4. С. 52–55.

16. *Ярош Н.И., Перуанский Г.А., Луковникова Г.А., Иконникова М.И.* Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

17. *Zherebtsov N.A., Korneeva O.S., Tertychnaya T.N.* On the mechanism of splitting of β -2,1-fructoside bonds of inulin by inulase *Aspergillus awamori* 2250 // Biochemistry (Moscow). 1995. Т. 60. №. 10. Р. 1205–1211.

RESEARCH ON OPTIMUM CONDITIONS FOR ENZYMIC HYDROLYSIS OF INULIN BY *BACILLUS POLYMYXA* 29 INULINASE

I.V. MAZHULINA¹, T.N. TERTYCHNAYA¹, A.A. SHEVTSOV²

(¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great;

² Voronezh State University of Engineering Technologies)

The use of inulinases opens up a wide prospect for obtaining pure fructose syrups from plant raw materials and not from starch, but from inulin. The yield of fructose reaches 90–95%. Fructose becomes more and more demanded in food technologies as a safer for human health alternative to sucrose which promotes developing of atherosclerosis, obesity, caries and diabetes.

*There was developed the way of management of biotechnology of obtaining fermental preparations on the basis of the vapor-compression thermal pump, directed to increase the power efficiency and ecological safety of such processes as fermentation, ultrafiltrations and vacuum sublimation. For the research *Bacillus polymyxa* 29, grown by pour plate method, was chosen as a producer of inulinase. Biotechnologically such important physical and chemical factors of the environment as active acidity and temperature are of special interest. In this regard the research on inactivation of *Bacillus polymyxa* 29 inulinase by acidity and temperature was conducted within the range of pH and temperature of 4.0–8.0 and 20–80°C respectively. The optimal conditions for inulinase activity are the following: pH 7.0 and temperature — 40°C. Under these conditions activity of the enzyme for 120 h decreased by 25.0% compared to pH 6.0 when activity dropped by 55.0%. The optimum parameters of enzymic hydrolysis of inulin are found out to be the following: pH 7.0, temperature — 40°C, duration — 8 h and the dosage of an inulopolimeksin — 8 units per 1 g of inulin; the degree of inulin hydrolysis makes up to 92.0%.*

Key words: enzymic preparation, inulinase, acid and thermal inactivation, enzymic hydrolysis, inulin.

Мажулина Инна Вячеславовна — асс. кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; тел.: (951) 870-98-35; e-mail: inna210590@yandex.ru).

Тертычная Татьяна Николаевна — д. с.-х. н., проф. кафедры технологии переработки растениеводческой продукции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1; тел.: (4732) 53-87-97, (908) 139-51-73; e-mail: tertychnaya777@yandex.ru).

Шевцов Александр Анатольевич — д. т. н., проф. кафедры технологий хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств Воронежского государственного университета инженерных технологий (394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19; тел.: (920) 213-11-36; e-mail: shevalol@rambler.ru).

Mazhulina Inna Vyacheslavovna — assistant of the Department of Plants Processing Operations and Equipment, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (394087, Voronezh, Michurina str., 1; tel.: +7 (951) 870-98-35; e-mail: inna210590@yandex.ru).

Tertychnaya Tatyana Nikolaevna — Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Crop Processing Technology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (394087, Voronezh, Michurina str., 1; tel.: (4732) 53-87-97, (908) 139-51-73; e-mail: tertychnaya777@yandex.ru).

Shevtsov Aleksandr Anatolyevich — Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Technologies of Baking, Confectionery, Macaroni and Grain Processing, Voronezh State University of Engineering Technologies (394036, Voronezh, Revolyutsii avenue, 19; tel.: +7 (920) 213-11-36; e-mail: shevalol@rambler.ru).