

ВЛИЯНИЕ ЭНЗИМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ВСХОЖЕСТЬ И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ СЕМЯН РАПСА, ОВСА И ГОРОХА

И.В. Мороз¹, А.Н. Павлюк¹, Л.И. Сапунова¹, Е.Н. Урбанчик², А.И. Масальцева²

¹Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск

²Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Могилев Беларусь

На мировом рынке постоянно возрастает доля продуктов питания и косметических средств, содержащих проросшие семена различных сельскохозяйственных культур. Это обусловлено высоким содержанием в проростках белка, витаминов, минералов, антиоксидантов и других биологически активных веществ, которые благоприятно воздействуют на организм человека [1–4].

Проращивание семян зернобобовых приводит к катаболизму и деградации их основных макронутриентов (полисахаридов, белка и липидов), что сопровождается увеличением содержания простых углеводов, аминокислот и органических кислот. При прорастании происходит активизация ферментной системы семян, в результате чего гидролитические ферменты катализируют перевод в растворимую форму резервных веществ эндосперма, представленных, главным образом, крахмалом. В процессе участвуют протеазы, которые растворяют белковую оболочку крахмалсодержащих клеток, освобождая гемицеллюлозные структуры стенки для дальнейшего воздействия на них эндо- β -глюканазы и других ферментов. После ферментативного гидролиза гемицеллюлоз и белкового матрикса, окружающего крахмальные зерна, полисахарид становится доступным субстратом для воздействия амилолитических ферментов.

Синтез эндогенных ферментов в прорастающих семенах в большинстве случаев регулируется механизмом обратной связи. Поэтому использование микробных энзимных препаратов при проращивании семян позволяет улучшить их качественные показатели, в том числе цвет, запах, вкус, увеличить содержание минералов, сахаров, эндогенных ферментов и других биологически активных веществ, а также сократить длительность и повысить экономичность процесса. Сообщается об использовании коммерческих ферментных препаратов для ускорения процесса проращивания зерна различных сельскохозяйственных культур и повышения качества проростков [5–10]. Так, получение ячменных проростков высокого качества обеспечивали ферментные препараты АПСубтилин П (Литва) и Целловиридин Г20х (Россия), Финизим 200Л (Дания), Биоцеллюлаза (Нидерланды), различающиеся соотношением α -амилазной, протеазной, β -глюканазной, целлюлазной и гемицеллюлазной активности [6, 7]. К сокращению процесса солодоращения, повышению амилолитической, осахаривающей и протеолитической активности солода, его экстрактивности, увеличению выхода продукта, содержания в нем редуцирующих веществ и аминного азота приводила обработка семян ячменя АПСубтилином П на стадии замачивания [5, 7]. По мнению исследователей, в результате воздействия ферментов повышается проницаемость семенной оболочки, что приводит к увеличению притока воды и более полному гидролизу эндосперма зерна.

Ферментные препараты Нейтраза 1,5MG (Дания), Глюкозим New (Россия) и Биоглюканаза В10L (Нидерланды), стандартизованные по экзо- и эндо- β -глюканазной, амилазной, протеазной, глюкоамилазной и пуллулазанной активности, или их композиции при добавлении в замочную воду способствовали сокращению продолжительности солодоращения и сушки солода. При этом полученный продукт обладал высокой амилолитической, протеолитической и цитолитической активностью, повышенной экстрактивностью, в том числе за счет увеличения содержания аминокислот, гексоз и пентоз, определяющих цветность солода [8, 9].

Таким образом, применение экзогенных ферментов в процессе проращивания семян зерновых культур сопровождается не только существенным сокращением технологического цикла производства, экономией материальных и энергетических ресурсов, но также и улучшением качества готового продукта.

Цель настоящей работы – оценить влияние экзогенных ферментных препаратов на всхожесть и ферментативную активность семян рапса, овса и гороха.

В работе использовали зерно рапса (*Brassica napus* L.), овса (*Avena sativa* L.) и гороха (*Pisum sativum* L.) отечественной селекции, а также их проростки.

Активность протеазы, β -глюканазы, целлюлазы, ксиланазы, фитазы и липазы в составе ферментных препаратов, в нативном и пророщенном зерне определяли общепринятыми методами [11–15].

При оценке влияния ферментативной обработки зерна учитывали влажность [16] и всхожесть семян [17], длительность процесса проращивания.

В экспериментах использовали следующие коммерческие ферментные препараты: Комплиферм, Инкрифос, Фитазим (Беларусь), Вискоферм, Ронозим NP (СТ) (Дания), Новозим 25008, Ликвафло, Сахзайм Плюс 2х (Дания), Deltazym APS 2X и Deltazym VR RX (США), Lipase (Китай).

Обработку промытых, обеззараженных в течение 1,5 ч 0,0025 %-ным раствором перманганата калия и гидратированных в течение 8-10 ч семян рапса, овса и гороха проводили раствором ферментных препаратов в следующих условиях: относительная влажность воздуха – не более 70 %, температура воздуха – 20–25 °С, соотношение веса семян к объему водного раствора ферментных препаратов в диапазоне 1 : 5 – 1 : 10.

Емкость с подготовленными семенами заполняли раствором ферментных препаратов в холодной водопроводной воде, выдерживали в течение 8 ч при периодическом перемешивании. По истечении указанного времени раствор ферментов сливали, а семена оставляли в покое для прорастания в течение 8 ч. При прорастании менее 75 % семян их промывали водой и оставляли в покое для дорастивания, после чего высушивали при температуре не более 60 °С до влажности 12–14 % и измельчали.

Влияние ферментативной обработки на зернобобовое сырье изучали *in vitro* в сравнении с контролем (без ферментативной обработки).

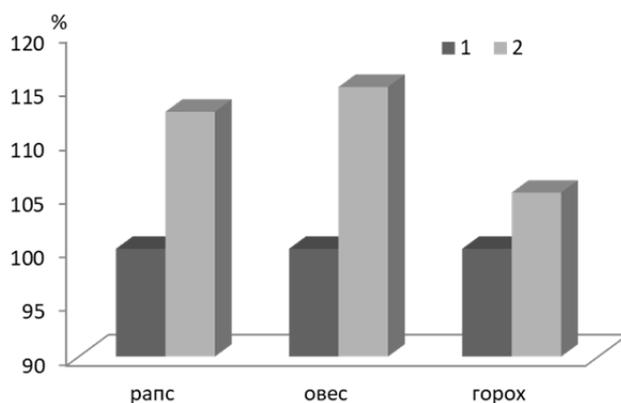
Приведенные результаты получены путем усреднения данных 2–3 опытов, выполненных в трех повторностях.

Результаты выполненных исследований по установлению компонентного состава ферментных препаратов, применяемых в процессе проращивания семян рапса, овса и гороха, и их эффективной дозы суммированы в таблице.

Таблица – Состав ферментных комплексов и дозы отдельных ферментов, эффективных в процессе проращивания семян зернобобовых культур

Зернобобовое сырье	Фермент	Доза, ед/г сухих веществ субстрата
Рапс	α -Амилаза	10–15
	Ксиланаза	37–39
	Целлюлаза	2–4
	β -Глюканаза	34–35
Овес	Протеаза	0,010–0,012
Горох	α -Амилаза	1–4
	Ксиланаза	4–5
	Целлюлаза	0,2–0,3
	β -Глюканаза	3–4

Установлено, что ферментативная обработка семян указанных зернобобовых культур на этапе проращивания повышает их всхожесть (на 5,2–15,0 %) и ферментативную активность (амилолитическую – на 10,0–15,4 %, глюкоамилазную – на 7,1–9,2 %), сокращает процесс на 4–8 ч (рисунки 1–3).



1 – без обработки ферментными препаратами; 2 – с обработкой ферментными препаратами

Рисунок 1. – Влияние ферментативной обработки на всхожесть семян рапса, овса и гороха

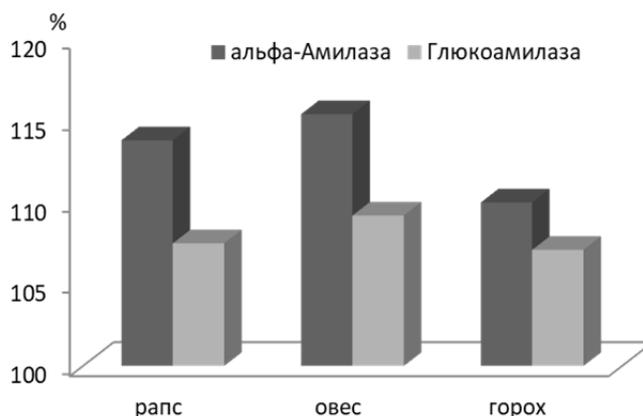
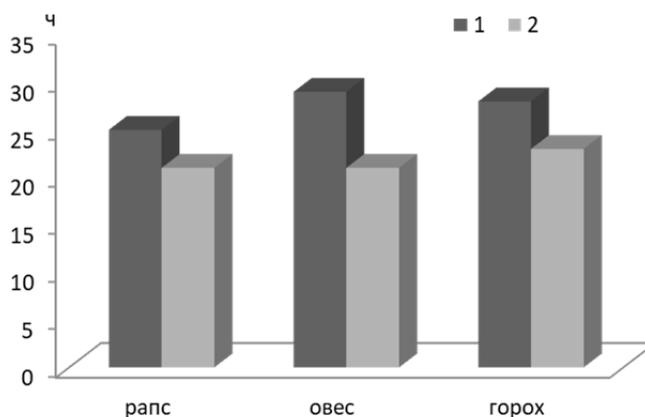


Рисунок 2. – Относительная амилолитическая активность семян рапса, овса и гороха, пророщенных с использованием ферментных препаратов



1 – без обработки ферментными препаратами; 2 – с обработкой ферментными препаратами

Рисунок 3. – Влияние ферментативной обработки на длительность пророщивания семян рапса, овса и гороха

Следует отметить, что экспериментальные данные, касающиеся применения ферментов для интенсификации процесса пророщивания семян рапса, овса и гороха и повышения содержания в них биологически активных веществ, получены впервые.

Таким образом, в результате выполненных исследований обоснован компонентный состав ферментных комплексов и эффективные дозы отдельных ферментов, ускоряющих процесс пророщивания семян рапса, овса и гороха и способствующих повышению содержания биологически активных веществ в проростках. Показано, что ферментативная обработка семян исследованных

зернобобовых культур на этапе проращивания повышает их всхожесть и ферментативную активность, существенно сокращает процесс. Полученные результаты могут найти применение при разработке в рамках государственных научно-технических программ опытно-промышленной ресурсосберегающей технологии получения проростков зернобобовых культур, обогащенных биологически активными веществами и востребованных для производства натуральных косметических средств, продуктов здорового питания.

Список использованных источников

1. Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.) protein and carbohydrate by *in vitro* and *in vivo* techniques / G. Urbano [et al.] // Nutrition. – 2005. – Vol. 21, № 2. – P. 230–239.
2. Effects of enzyme activities during steeping and sprouting on the solubility and composition of proteins, their bioactivity and relationship with the bread making quality of wheat flour / S. Zilic [et al.] // Food Funct. – 2016. – Vol. 7, № 10. – P. 4323–4331.
3. Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable / K.H. Wang [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2005. – Vol. 53. – P. 242–246.
4. Shi, H.L. Comprehensive profiling of isoflavones, phytosterols, tocopherols, minerals, crude protein, lipid, and sugar during soybean (*Glycine max*) germination / H.L. Shi, P.K. Nam, Y.F. Ma // J. Agric. Food Chem. – 2010. – Vol. 58. – P. 4970–4976.
5. Казакова, Е.А. Проращивание ячменя с применением хлорида кальция и ферментного препарата / Е.А. Казакова, Г.А. Ермолаева // Пиво и напитки. – 2004. – № 2. – С. 30–31.
6. Получение пивоваренного солода с применением ферментного препарата Целловиридин Г20х / И.Н. Грибкова [и др.] // Прогрессивные пищевые технологии – третьему тысячелетию: Междунар. Науч. Конф., Краснодар, 19-22 сент. 2000 г.: тез. – Краснодар, 2000. – С. 101.
7. Казакова, Е.А. Интенсификация солодоращения с применением биокатализаторов при производстве светлого солода: автореф. Дис. ...канд. тех. Наук: 05.18.07 / Е.А. Казакова; ФГБОУ ВО «МГУПП». – М., 2005. – 26 с.
8. Казакова, Е.А. Применение биокатализаторов в солодоращении / Е.А. Казакова [и др.] // Молодые ученые – пищевым и перерабатывающим отраслям АПК (технологические аспекты производства): научно-техн. Конф., М., 1997 г.: тез. Докл. / М-во общ. И проф. Образования Р.Ф, МГУПП, РАСН. – М., 1999. – С. 42–43.
9. Грибкова, И.Н. Разработка технологии темного солода с применением биокатализаторов: автореф. Дис. ...канд. тех. Наук: 05.18.07 / И.Н. Грибкова; Моск. Гос. Ун-т пищевых пр-в. – М., 2006. – 26 с.
10. Кузнецова, Е.А. Распределение токсичных элементов в зерновом сырье и снижение их содержания при применении ферментных препаратов / Е.А. Кузнецова, Л.В. Черепнина, А.А. Щербакова // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12. – Режим доступа: www.rae.ru. – Дата доступа: 19.03.2009.
11. ГОСТ 20264-89 Препараты ферментные. Методы определения амилалитической активности / Государственный Комитет СССР по стандартам. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 24 с.
12. ГОСТ 20264.2-88 Препараты ферментные. Методы определения протеолитической активности / Государственный Комитет СССР по стандартам. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 11 с.
13. Препараты ферментные. Методика выполнения измерений β -глюканиазной, ксиланазной, целлюлазной активностей: МВИ. МН 3235-2009. – Октябрьский, 2009. – 26 с.
14. Препараты ферментные. Методика выполнения измерений фитазной активности: МВИ. МН 3234-2009. – Октябрьский, 2009. – 26 с.
15. Yang, G. Improvement of catalytic properties of lipase from *Arthrobacter* sp. By encapsulation in hydrophobic sol-gel materials / G. Yang [et al.] // Bioresour. Technol. – 2009. – Vol. 100, No 19. – P. 4311–4316.
16. ГОСТ 13586.5-93 Зерно. Метод определения влажности. – Стандартиформ, 2009. – 8 с. (введ. 01.01.1995).
17. ГОСТ 12039-82 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности. – Стандартиформ, 2011. – 42 с. (введ. 01.07.1983).