

УДК 612.395.2:642.58

ВЛИЯНИЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛАЗ НА ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Кузнецова Е.А., Корячкина С.Я.

ГОУ ВПО «Орловский государственный технический университет», Орел, e-mail: hleb@ostu.ru

Приведены результаты исследования влияния ферментативной обработки при замачивании зерна пшеницы в процессе подготовки к производству зернового хлеба на изменение содержания полисахаридов, белка и токсичных элементов (свинца, кадмия и никеля) в зерновой массе. Установлено, что использование биокатализаторов на основе целлюлаз приводит к изменению микроструктуры плодовой оболочки зерна. Применяемые ферментные препараты катализируют изменение нативной структуры и деструкцию фибрилл целлюлозы, освобождают микрофибриллы целлюлозы от связи с матриксом клеточной стенки и разрушают гемичеселлюлозы. В результате ферментативного гидролиза снижается содержание целлюлозы в зерне пшеницы на 12,7–22,3%, гемичеселлюлоз – на 1,8–15,5%, крахмала – на 1,5–9,6%; возрастает количество водорастворимых пентозанов – на 27,4–69,8% по сравнению с зерном, замоченным в воде. Исследование влияния применяемых биокатализаторов на основе целлюлаз на изменение содержания токсичных элементов в зерне в процессе подготовки к производству зернового хлеба показало, что исследуемый прием позволяет повысить степень безопасности зерновой массы. Степень дисперсности зерновой массы после замачивания в растворах ферментных препаратов повысилась в 1,5–2 раза. Это позволило получить хлеб из целого нешелушенного зерна пшеницы повышенного качества.

Ключевые слова: биокатализаторы на основе целлюлаз, зерно пшеницы, показатели качества

INFLUENCE BIOCATALYST ON BASE CELLULAZ ON CHANGE OF SOME FACTORS QUALITY GRAIN OF THE WHEAT

Kuznetsova E., Koryachkina S.

The Oryol state technical university, Oryol, e-mail: hleb@ostu.ru

The results of research of influence of fermentativnoy treatment are resulted at the soakage of grain of wheat in the process of preparation to the production of corn bread on the change of maintenance of polysaccharidess, albumen and toxic elements (lead, cadmium and nickel) in corn mass. It is set that the use of biocatalysts on the basis of cellulases causes the change of microstructure of fruit shell of grain. Applied enzymic preparations, kataliziruyut the change of native structure and destruction of fibrils of cellulose, release the microfibrils of cellulose from connection with the matrice of cellular wall and destroy gemicellyulozy. As a result of zymohydrolysis maintenance of cellulose goes down in grain of wheat on 12,7–22,3%, gemicellyuloz – on 1,8–15,5%, starch – on 1,5–9,6%; the amount of vodorastvorimyykh pentozanov increases – on 27,4–69,8% as compared to grain, bedabbled in water. Research of influence of the applied biocatalysts on the basis of cellulases on the change of maintenance of toxic elements in grain in the process of preparation to the production of corn bread rotined that the probed reception allowed to promote the degree of safety of corn mass. The degree of dispersion of corn mass after a soakage in solutions of enzymic preparations rose in 1,5–2 times. It allowed to get bread from whole neshelushennogo grain of wheat of enhanceable quality.

Keywords: biocatalysts on base cellulaz, grain of the wheat, factors quality

Продуктам из зерна принадлежит первостепенная роль в обеспечении организма неусваиваемыми растительными волокнами. Традиционные схемы переработки зернового сырья для хлебопечения предусматривают помол зерна, включающий его шелушение. С отрубями удаляется около четверти всего белка, две трети минеральных веществ, почти все растительные волокна, большая часть витаминов группы В и РР. В связи с этим большую популярность приобретают сорта хлеба на основе целого зерна.

Одним из этапов подготовки зерна в технологии зернового хлеба является его замачивание с целью набухания и размягчения оболочек. Замачивание зерна проводят, как правило, в течение 10–24 часов. В это время происходит набухание зернов-

ки, увеличивается активность собственных ферментов и начинается расщепление сложных запасных веществ на более простые. Чрезмерная активность гидролитических ферментов затрудняет получение зернового хлеба удовлетворительного качества. Поскольку скорость активизации ферментных систем зависит от продолжительности замачивания, целесообразно ускорить процесс набухания зерна до достижения требуемой для диспергирования влажности.

С целью ускорения процесса набухания зерна применяли биокатализаторы на основе целлюлаз (ферментные препараты). В качестве ферментных препаратов использовали:

– отечественный препарат серии «Целловиридин Г20х», содержащий целлобио-

гидролазу, β -глюканазу и ксиланазу, продуцируемые грибной культурой *Trichoderma reesei*;

- комплексный ферментный препарат на основе фитазы, содержащий целлюбогидролазу, β -глюканазу, ксиланазу и фитазу, продуцируемые грибной культурой *Penicillium canescens*;

- ферментный препарат Biobake 721 фирмы «Quest», имеющий набор ферментов гемицеллюлаз, ксиланазная активность;

- ферментный препарат Pentopan 500 BG фирмы «Novo Nordisk», имеющий набор гемицеллюлаз, в основном представленный ксиланазами;

- ферментный препарат Fungamil Super AX фирмы «Novo Nordisk», представляющий собой ферментный комплекс ксиланазы и α -амилазы.

Подбор оптимальной дозы препарата осуществляли при проведении пробных выпечек зернового хлеба. При производстве хлеба из зерна пшеницы доза препарата Целловиридин Г20х составляет 0,08%, препарата на основе фитазы – 0,09%, препаратов Biobake 721 – 0,09%, Pentopan 500 BG – 0,004%, Fungamil Super AX – 0,01% от массы сухих веществ зерна. Зерно пшеницы замачивали при оптимальных режимах для действия биокатализаторов: температура 50 °С (в условиях термостата) и pH 4,5 (для поддержания pH использовали цитратный буфер).

Для получения зерновой массы, способной подвергаться диспергированию, влажность зерна доводили до 40–45%. Было установлено, что оптимальная продолжительность замачивания в присутствии ферментных препаратов составляет 12 часов. Оболочки зерна хлебных злаков обладают пониженной гигроскопичностью. Динамику поглощения воды зерном пшеницы, ржи и тритикале определяет состав ферментных комплексов препаратов и удельный расход воды при замачивании (гидро модуль). Установлено, что увеличение соотношения зерно:вода более 1:1,5, не приводит к значительному изменению динамики влажности зерна при замачивании.

Применяемые ферментные препараты, катализируют изменение нативной структуры и деструкцию фибрилл целлюлозы, освобождают микрофибриллы целлюлозы от связи с матриксом клеточной стенки и разрушают гемицеллюлозы. На рисунке представлено изображение поверхности поперечного среза зерна пшеницы, выполненное при помощи электронного сканирующего микроскопа Jeol JSM 6390 с увеличением $\times 500$. Нативное зер-

но пшеницы имеет суммарную толщину плодовой и семенной оболочек в среднем 23,83 мкм [7]. Оболочки зерна пшеницы представляют собой многослойные образования. Пустотелые омертвевшие клетки и область деградированного слоя трубчатых клеток образует пустоты.

При замачивании зерна пшеницы в воде в течение 12 часов происходит набухание плодовой и семенной оболочек, их суммарная толщина возрастает и составляет в среднем 32,26 мкм [1], что на 8,43 мкм больше толщины оболочек нативного зерна. Просматриваются практически неповрежденные слои. В некоторых местах наблюдается незначительное отслоение семенной оболочки из-за внедрения молекул воды в пространство между слоями. Использование ферментного препарата Целловиридин Г20х [2] приводит к тому, что плодовая оболочка изменяет свою микроструктуру. Под действием комплекса целлюлолитических ферментов происходит последовательный гидролиз некрахмальных полисахаридов матрикса клеточных стенок, образуются продукты гидролиза – поли- и олигосахариды, пентозаны, обладающие более высокой водопоглотительной способностью. Продукты гидролиза набухают, заполняя межклеточные пространства. Слоистость на микрофотографии слабо выражена. Оболочки представляют собой аморфные образования. Между плодовой и семенной оболочкой образуется полость. Толщина плодовой оболочки после обработки зерна пшеницы ферментным препаратом Целловиридин Г20х составила 16,11 мкм, семенной оболочки – 17,0 мкм, ширина полости, образованной между плодовой и семенной оболочками, варьируется от 16,64 до 34,93 мкм.

Под действием препарата на основе фитазы [4] плодовая оболочка, отделяющаяся от семенной, несколько толще и в среднем составляет 20,64 мкм за счет образовавшихся промежуточных отслоений и полостей между составными частями плодовой оболочки. Расстояние между плодовой и семенной оболочками 30, 32–35, 15 мкм, толщина семенной оболочки – 14,99 мкм. Ферментные препараты Biobake 721 [3], Fungamil Super AX [5] и Pentopan 500 BG [6] проникают в более глубокие слои оболочек. Продукты гидролиза гемицеллюлоз клеточных стенок зерна набухают более интенсивно, заклинивая микрокапилляры, что затрудняет перемещение влаги. Полости, образуемые между плодовой и семенной оболочками, имеют размеры в среднем 80,1 и 79,14 мкм соответственно.



Замачивание при температуре 50 °С в течение 12 часов неизбежно приводит к изменениям, происходящим в белково-протеиназном и углеводно-амилазном комплексах зерна. При применении биокатализаторов на основе целлюлаз эти изменения носят более выраженный характер по сравнению с изменениями, происходящими в зерне, замоченном в воде в

тех же условиях. При использовании ферментных препаратов целлюлолитического действия снижается содержание целлюлозы в зерне пшеницы на 12,7–22,3 %, гемицеллюлоз – на 1,8–15,5 %, крахмала – на 1,5–9,6 %; возрастает количество водорастворимых пентозанов – на 27,4–69,8 % по сравнению с зерном, замоченным в воде (табл. 1).

Таблица 1

Изменение содержания углеводов и белка в зерне пшеницы при замачивании в растворах ферментных препаратов, %

Вариант опыта	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Водорастворимые пентозаны	Крахмал	Белок
Исходное зерно без замачивания	2,13	6,26	4,38	62,49	13,04
Зерно, замоченное в воде	2,06	5,11	4,96	60,23	12,15
<i>Зерно, замоченное в растворе ферментных препаратов</i>					
Целловиридин Г20х	1,75	4,32	7,26	56,36	11,96
Biobake 721	1,67	4,44	7,47	56,56	11,34
Pentopan 500 BG	1,81	5,02	6,32	58,14	11,28
Fungamil Super AX	1,78	4,85	6,12	54,47	11,06
На основе фитазы	1,78	4,48	7,06	57,18	11,84

Длительное нахождение зерна в воде приводит к увеличению активности амилолитических ферментов. Это может ухудшить хлебопекарные свойства зерна и привести к получению хлеба с липким и заминающимся мякишем.

С помощью информационно-измерительного комплекса «Амилотест» было установлено изменение состояния углеводно-амилазного комплекса зерновой массы в процессе замачивания. Наблюдалось повышение автолитической активности зерновой массы под действием препаратов целлюлолитического действия. Показатель «число падения» под действием биокатализаторов снижается для зерна пшеницы на 1,0–9,5 % по сравнению с контролем. По окончании процесса замачивания величины показателя «число падения» составляют 248–271 с.

Длительное пребывание зерна пшеницы в воде приводит к снижению содержания белка и изменению его фракционного состава. Проведенные исследования показали, что менее других подвергается изменению фракция глютелинов. Содержание остальных фракций снижается на 13,8–36,1 %. Наибольшим изменениям подвергаются белки зерна пшеницы под действием ферментного препарата Fungamil Super AX.

В эпоху глобального загрязнения окружающей среды зольный состав растений рассматривается как один из существенных показателей качества, без которого невозможна оценка сырья для производства продуктов питания. Поэтому было исследовано

влияние применяемых биокатализаторов на основе целлюлаз на изменение содержания токсичных элементов в зерне в процессе подготовки к производству зернового хлеба.

Результаты проведенных исследований показали, что под действием применяемых ферментных препаратов содержание свинца, кадмия и никеля в зерне пшеницы снизилось (табл. 2). Это объясняется тем, что процессы мацерации и солубилизации структур оболочек зерна сопровождаются десорбцией ионов металлов, связанных с молекулами некрахмальных полисахаридов и фитиновой кислоты. В результате произошел сдвиг равновесия концентрации ионов изучаемых химических элементов в сторону жидкой фазы. Вследствие того, что органические кислоты являются активными хелатирующими агентами для микроэлементов, использование цитратного буфера для поддержания pH раствора для замачивания способствует повышению подвижности и активной мобилизации тяжелых металлов. В случае загрязнения зернового сырья токсичными элементами на грани ПДК возможно применение операции промывания зерна проточной водой, которая позволяет вынести ионы токсичных элементов с промывными водами за пределы твердой фазы.

Подготовленное к производству хлебобулочных изделий зерно диспергировали. Степень дисперсности зерновой массы после замачивания в растворах ферментных препаратов повысилась в 1,5–2 раза. Это позволило получить хлеб из целого неше-

лушенного зерна пшеницы повышенного качества. Анализ результатов балльной оценки органолептических показателей качества показал, что хлеб, полученный с использованием биокатализаторов на основе целлюлаз, обладает улучшенными органолептическими свойствами. Образцы хлеба имели правильную форму, выпуклую, слегка шероховатую поверхность, равно-

мерно окрашенную корку от светло-коричневого до золотисто-коричневого цвета, поры равномерно развитые, однородной величины и толщины без пустот, запах и вкус – свойственный соответствующему виду изделий. Удельный объем опытных образцов хлеба увеличился на 7,6%, пористость мякиша на 2,7% по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 2

Влияние ферментных препаратов целлюлолитического действия на содержание токсичных элементов в зерне пшеницы

Вариант опыта	Содержание элементов в зерне, мг/кг				
	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu
Контроль (без ферментных препаратов)	0,653 ± 0,010	0,259 ± 0,013	0,454 ± 0,012	23,230 ± 0,041	2,133 ± 0,026
Целловиридин Г20х	0,225 ± 0,015	0,167 ± 0,011	0,333 ± 0,014	18,812 ± 0,047	1,721 ± 0,019
Biobake 721	0,359 ± 0,018	0,206 ± 0,014	0,364 ± 0,017	20,823 ± 0,056	1,864 ± 0,022
Pentopan 500 BG	0,438 ± 0,011	0,243 ± 0,016	0,403 ± 0,016	22,607 ± 0,051	2,097 ± 0,033
Fungamyl Super AX	0,416 ± 0,013	0,230 ± 0,013	0,416 ± 0,013	21,984 ± 0,049	1,996 ± 0,021
Препарат на основе фитазы	0,204 ± 0,010	0,154 ± 0,013	0,327 ± 0,012	20,036 ± 0,179	1,804 ± 0,028

Применение биокатализаторов на основе целлюлаз замедляет процесс черствения зерновых хлебобулочных изделий. Это связано с высокой водоудерживающей способностью продуктов частичного гидролиза гемицеллюлоз и замедлением процесса ретроградации крахмала, обусловленного повышенным образованием пентозанов за счет ведения процесса замачивания зерна в присутствии ферментных препаратов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение биокатализаторов на основе целлюлаз при замачивании зерна пшеницы, оказывает влияние на содержание углеводов, белка и токсичных элементов, а также приводит к повышению качества зернового хлеба.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. – Воронеж.: ВГУ, – 2000

2. Козубаева Л.А. Ускорение процесса увлажнения зерна при производстве зернового хлеба / Л.А. Козубаева, С.С. Кузьмина. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – №5.

3. Новикова А.Н. Современная технология хлеба из целого зерна пшеницы: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004.

4. Кузнецова Е.А. Изменение биохимических свойств зерна пшеницы при подготовке к производству зернового хлеба с использованием ферментативного гидролиза // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – №5.

5. Кузнецова Е.А. Изменение микроструктуры зернового сырья при подготовке к производству зернового хлеба в условиях ферментативного гидролиза // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – №6.

6. Байхожаева Б.У. Влияние различных способов технологической обработки на снижение токсичных веществ в зерновом сырье // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2003. – №4.

Рецензент –

Иванова Т.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология и товароведение продуктов питания» ГОУ ВПО «Орловский государственный технический университет», г. Орел.

Работа поступила в редакцию 22.08.2011.