

## РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

УДК 664.786

### ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА НА ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЯЧМЕННОЙ МУКЕ ПРИ ХРАНЕНИИ, И ПОКАЗАТЕЛИ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ

А.А. Выборнов, Л.В. Анисимова

*Исследованы активность ферментов, определяемая показателями кислотности и кислотного числа жира, микрофлора ячменной муки, полученной из зерна, прошедшего гидротермическую обработку (ГТО), и из зерна, не подвергавшегося ГТО, в процессе хранения. Приведены результаты проверки соответствия ячменной муки регламентируемым показателям безопасности пищевой продукции.*

*Ключевые слова: ячменная мука, гидротермическая обработка, кислотность, кислотное число жира, безопасность пищевой продукции.*

По данным Всемирной организации здравоохранения, состояние здоровья человека лишь на 15 % зависит от организации медицинской службы, столько же приходится на генетические особенности, а 70 % определяется образом жизни и питанием, которое является важнейшей физиологической потребностью человека. Обмен веществ, лежащий в основе жизнедеятельности организма, находится в прямой зависимости от характера питания [1].

Исходя из значимости здоровья нации для безопасности страны и важности полноценного здорового питания, а также из необходимости принятия мер по повышению уровня обеспеченности населения функциональными и специализированными продуктами питания, органами государственной власти разработаны и утверждены «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» и «Здоровое питание населения Алтайского края» на 2013–2017 годы». Одной из важнейших задач, сформулированных в обоих документах, является наращивание производства и расширение ассортимента пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, а также продуктов функционального и лечебно-профилактического назначения [2, 3].

Перспективным направлением инновационных технологий является создание на основе классических рецептур новых продуктов питания с повышенной пищевой ценностью. Наибольший интерес представляют результаты, достигнутые при разработке рецептур обо-

гащенных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Это связано с тем, что именно хлеб и другие изделия из муки являются пищевыми продуктами повседневного употребления для всех слоев населения. Имеются положительные результаты использования муки из зерна крупяных культур в качестве добавок к пшеничной муке при выработке хлеба и кондитерских изделий. Однако производство данных продуктов значительно уступает объемам выпуска традиционных товаров из пшеничной и ржаной муки [4].

Для Алтайского края зерновое производство – важнейшая составляющая агропромышленного комплекса. Это связано с необходимостью обеспечения населения мукой и различными видами крупяной продукции. При этом значительная доля продуктов переработки зерна, вырабатываемых в крае, поставляется в другие регионы России, а также поступает на экспорт [5]. Ячмень, наряду с пшеницей, гречихой и овсом является основой полеводства в Алтайском крае, занимая четвертое место по объемам посевных площадей. Регион стабильно входит в десятку ведущих производителей ячменя в России. Так, в 2013 году здесь было собрано более 610 тысяч тонн данного злака, что составляет 4 % от общероссийского объема [6].

С учетом физико-химических особенностей ячменя, его высокой пищевой ценности, а также большого потенциала использования данной культуры в пищевой промышленности [7], внедрение новых технологий продуктов переработки зерна ячменя и расширение ассортимента изделий на их основе весьма

## ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА НА ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЯЧМЕННОЙ МУКЕ ПРИ ХРАНЕНИИ, И ПОКАЗАТЕЛИ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ

перспективно. Авторами данной статьи разработана технология производства муки из ячменя, отличительная особенность которой – использование интенсивной гидротермической обработки (ГТО) с увлажнением зерна под вакуумом [8]. Под действием вакуума капилляры на всей поверхности зерна частично освобождаются от воздуха и становятся более доступными для воды, что интенсифицирует увлажнение и позволяет влаге проникнуть в наружные слои эндосперма при равномерном захвате влаги каждой зерновкой. При последующей сушке в ячмене проходят такие химические процессы как частичная денатурация белка, клейстеризация крахмала, что позволяет повысить технологическую эффективность процесса шелушения и улучшить потребительские свойства готовой продукции.

Известно, что при хранении муки в ней протекают различные физические, химические, биохимические и биологические процессы, среди которых можно выделить как положительные (созревание), так и отрицательные (прогоркание, прокисание, плесневение, самосогревание и др.). На интенсивность указанных процессов влияют как условия хранения, так и исходное качество муки, в первую очередь, активность ферментов и обсемененность микроорганизмами. В связи со сказанным нами было изучено влияние способов получения ячменной муки на ее исходное качество (кислотность, кислотное число жира, содержание микроорганизмов), изменение качества муки в процессе хранения. Кроме того, была проведена проверка на соответствие полученной продукции регламентируемым показателям безопасности.

В опытах использовали зерно ячменя сорта Задел селекции Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Ячменную муку (проход сита № 41/43 ПА) получали путем измельчения шелушеного зерна (пенсака) на лабораторной мельнице. На хранение закладывали образцы муки, выработанной из зерна ячменя, прошедшего ГТО с увлажнением (как при атмосферном давлении, так и под вакуумом), отволаживанием и сушкой. Для сравнения параллельно проводили исследование стойкости при хранении ячменной муки, полученной из исходного зерна, не подвергавшегося ГТО [9].

В связи с тем, что существенное влияние на сохранность пищевой продукции оказывают условия хранения, для моделирования изменений качества за более короткий промежуток времени, чем фактический срок годности, образцы ячменной муки хранили в

тканевых мешочках двумя способами: в лабораторных условиях, приближенных к условиям производства и торговли, при температуре воздуха  $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  и с использованием метода «ускоренного старения» при температуре воздуха  $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ . В обоих способах хранения относительную влажность воздуха поддерживали на уровне 65 %. Муку хранили в тканевых мешочках. Качество муки оценивали по кислотному числу жира (КЧЖ) согласно ГОСТ 31700-2012 и кислотности по водно-спиртовой вытяжке. Микробиологические исследования проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 10444.15-94.

Кислотность муки характеризует степень ее свежести. Увеличение содержания веществ, имеющих кислый характер, в процессе хранения происходит за счет окисления природных органических соединений при свободном доступе кислорода воздуха, их ферментативного гидролиза до простых веществ.

Исходная кислотность образцов ячменной муки, выработанной из зерна, прошедшего ГТО, значительно меньше кислотности ячменной муки из зерна, не подвергавшегося данной обработке (рисунок 1).

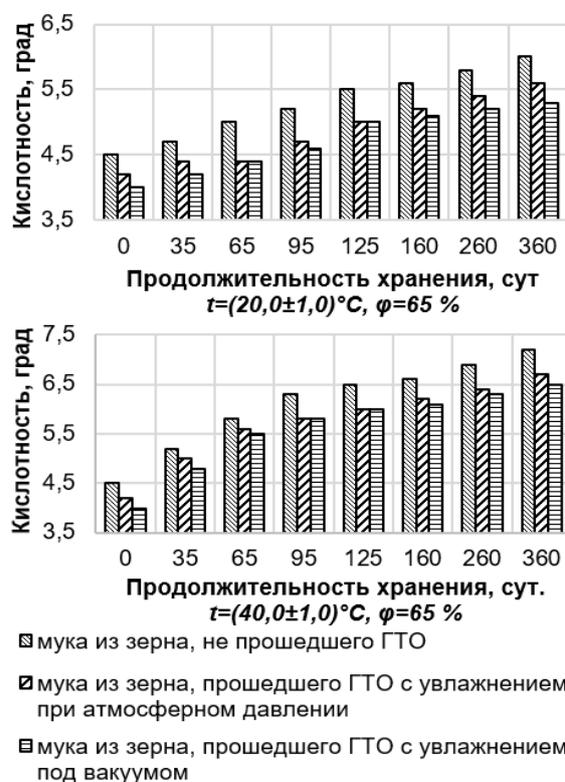


Рисунок 1 – Влияние способов обработки зерна на кислотность ячменной муки в процессе хранения

Полученные результаты можно объяснить особенностями химического состава данных продуктов. Зерно, не прошедшее ГТО, шелушится хуже, при этом в нем сохраняются периферийные части, богатые кислореагирующими веществами. Кроме того, термическое воздействие на зерно при ГТО приводит к частичной инаktivации ферментов и частичной стерилизации зерна, что должно повышать стойкость при хранении выработанной из него муки.

Из приведенных данных также видно, что наиболее интенсивный рост кислотности наблюдается в первый период хранения: при температуре 40 °С – в течение первых 95 суток для муки из зерна, не прошедшего ГТО, и 125 суток для муки из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением как при атмосферном давлении, так и под вакуумом; при температуре 20 °С – в течение первых 125 и 160 суток соответственно. Более быстрый рост титруемой кислотности при «ускоренном старении» объясняется интенсификацией окислительных процессов в муке при повышенной температуре хранения.

Уровень кислотного числа жира характеризует содержание свободных жирных кислот, накапливающихся в процессе хранения продукта вследствие ферментативного гидролиза жиров. Чем выше активность липолитических ферментов, тем вероятнее развитие процесса прогоркания муки. В результате исследования установлено, что с увеличением продолжительности хранения наиболее интенсивно возрастает КЧЖ ячменной муки, выработанной из зерна, не прошедшего ГТО. Кислотное число жира муки, полученной из зерна, подвергнутого ГТО с увлажнением, как при атмосферном давлении, так и под вакуумом, отволаживанием и сушкой, в течение первых 80 суток изменяется в одинаковой степени. При дальнейшем хранении КЧЖ муки из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением при атмосферном давлении, возрастает более интенсивно, чем КЧЖ муки из зерна после ГТО с увлажнением под вакуумом. При достижении данным показателем величины более 80 мг КОН на 1 г жира дальнейший его рост у всех анализируемых образцов замедляется, что, вероятно, свидетельствует о затухании процессов гидролитического распада.

Таким образом, установлено, что ячменная мука, выработанная из зерна, подвергнутого ГТО, хранится лучше, чем мука из зерна без ГТО. Повышение стойкости муки при хранении можно объяснить снижением активности ферментов в зерне в процессе гидротермической обработки и лучшим отделением

при шелушении жиросодержащих частей зерновок, например, зародыша, вследствие обработки зерна под вакуумом.

Количество микроорганизмов в свежемолотой муке зависит от содержания их в зерновой массе, из которой получена мука, степени и характера очистки зерновой массы перед размолотом, выхода муки. Микробиологические процессы в муке развиваются раньше и протекают интенсивнее, чем в зерне вследствие того, что частички муки лишены защитных оболочек и сильно измельчены. Поэтому мука является более благоприятной и доступной средой для микробов. Активная жизнедеятельность микроорганизмов приводит к снижению качества муки и возникновению болезней хлебобулочных изделий после выпечки.

В соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в муке из зерновых культур не должно превышать  $5,0 \cdot 10^4$  КОЕ/г, плесеней – 200 КОЕ/г.

Согласно результатам проведенных исследований (таблица 1), начальная микробиологическая обсемененность муки из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением, как при атмосферном давлении, так и под вакуумом, меньше, а развитие КМАФАнМ и плесеней происходит значительно медленнее, чем в муке из зерна, не подвергнутого ГТО. Следовательно, повышение эффективности шелушения зерна в результате ГТО приводит к тому, что в муку попадает меньшее количество периферийных слоев зерна и зародыша, что снижает ее микробиологическую обсемененность. Кроме того, термическое воздействие при ГТО обеспечивает гибель части микроорганизмов зерна.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что хранение продукции в условиях повышенной температуры ускоряет развитие микрофлоры в ячменной муке, что объясняется созданием более благоприятных условий для ее жизнедеятельности. Необходимо отметить, что важнейшим фактором, определяющим интенсивность развития данного процесса, является влажность продукта. Низкая равновесная влажность хранящейся ячменной муки (не более  $12,0 \pm 0,2$  %) обеспечивает высокую степень стойкости при хранении.

По содержанию токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов, загрязненности и зараженности продукты переработки зерна должны соответствовать требованиям ТР ТС 021/2011.

**ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА НА ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЯЧМЕННОЙ МУКЕ ПРИ ХРАНЕНИИ, И ПОКАЗАТЕЛИ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ**

Таблица 1 – Влияние способов обработки зерна на микробиологические показатели безопасности ячменной муки в процессе хранения

Способ обработки зерна	Наименование показателя	Продолжительность хранения, сут.							
		0	35	65	95	125	160	260	360
<i>t=(20,0±0,5)°C, φ=65 %</i>									
Без ГТО	КМАФАнМ, КОЕ/г·10 <sup>3</sup>	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0
	Плесени, КОЕ/г	10	10	10	10	10	10	20	30
ГТО с увлажнением зерна при атмосферном давлении	КМАФАнМ, КОЕ/г·10 <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5
	Плесени, КОЕ/г	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	10	10	20
ГТО с увлажнением зерна под вакуумом	КМАФАнМ, КОЕ/г·10 <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0
	Плесени, КОЕ/г	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	10	10
<i>t=(40,0±0,5)°C, φ=65 %</i>									
Без ГТО	КМАФАнМ, КОЕ/г·10 <sup>3</sup>	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
	Плесени, КОЕ/г	не обн.	не обн.	20	20	20	20	30	40
ГТО с увлажнением зерна при атмосферном давлении	КМАФАнМ, КОЕ/г·10 <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
	Плесени, КОЕ/г	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	10	20	20
ГТО с увлажнением зерна под вакуумом	КМАФАнМ, КОЕ/г·10 <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	3,5	3,5
	Плесени, КОЕ/г	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	10	10	20

На базе лаборатории Алтайского филиала ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» было проведено исследование содержания токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов в опытных партиях ячменной муки, полученной по разработанной технологии (с использованием ГТО зерна с увлажнением под вакуумом, отволаживанием и сушкой).

Результаты анализа представлены в таблице 2. Кроме того, в продукте было определено содержание микотоксинов, являющихся природными загрязнителями зерна различных культур и вызывающих серьезные отравления у человека и животных.

Из приведенных в таблице 2 данных видно, что уровни регламентированных показателей безопасности гораздо ниже предельно допустимых. Это позволяет говорить о высокой степени безопасности ячменной муки, выработанной по предлагаемой технологии.

В целом, на основе результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– способ гидротермической обработки с

увлажнением, отволаживанием и сушкой зерна, используемый в технологии ячменной муки, способствует инаktivации ферментов, приводящих к повышению кислотности и прогорканию продукта в процессе хранения, а также значительно замедляет развитие микроорганизмов, что обеспечивает повышение стойкости готовой продукции при хранении;

– способ увлажнения зерна под вакуумом при гидротермической обработке зерна дал несколько лучшие результаты по сохранности ячменной муки, чем способ ГТО с увлажнением зерна при атмосферном давлении;

– ячменная мука из зерна, прошедшего гидротермическую обработку с увлажнением под вакуумом, отволаживанием и сушкой, соответствует всем регламентируемым ТР ТС 021/2011 показателям безопасности, является доброкачественным продуктом и может быть рекомендована для использования в производстве широкого ассортимента пищевой продукции для здорового питания, в том числе лечебно-профилактического и функционального назначения.

Таблица 2 – Содержание токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов и микотоксинов в ячменной муке

Наименование показателей безопасности	Единица измерения	Фактическое значение показателей по результатам испытаний проб	Допустимый уровень значений определяемых показателей	Предел количественного определения
<b>Токсичные элементы</b>				
Кадмий	мг/кг	0,033	Не более 0,1	0,001
Свинец	мг/кг	0,08	Не более 0,5	0,01
Мышьяк	мг/кг	0,045	Не более 0,2	0,0003
Ртуть	мг/кг	Менее 0,02	Не более 0,03	0,02
<b>Пестициды</b>				
Гексохлоран (α, β, γ – изомеры)	мг/кг	Менее 0,002	Не более 0,5	0,002
ДДТ и его метаболиты	мг/кг	Менее 0,004	Не более 0,02	0,004
2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	мг/кг	Не обнаружены при пределе обнаружения 0,02	Не допускаются	0,02
Ртутьорганические пестициды	мг/кг	Не обнаружены при пределе обнаружения 0,005	Не допускаются	0,005
<b>Радионуклиды</b>				
Активность цезия-137	Бк/кг	Менее 3,0	Не более 60,0	3,0
<b>Микотоксины</b>				
Афлатоксин В <sub>1</sub>	мг/кг	Менее 0,003	Не более 0,005	0,003
Т-2 токсин	мг/кг	Менее 0,05	Не более 0,1	0,05
Охратоксин А	мг/кг	Менее 0,0001	Не более 0,005	0,0001
Дезоксиниваленол	мг/кг	Менее 0,15	Не более 1,0	0,15
Зеараленон	мг/кг	Менее 0,06	Не более 0,2	0,06

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шилов, В. Н. Здоровое питание. Практические советы [Текст] / В. Н. Шилов, В. П. Мицьо. – Москва : Парус, Равновесие, 2006. – 237 с.
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. N 1873-р г. Москва «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» [Электронный ресурс] URL: <http://www.rg.ru/2010/11/03/pravila-dok.html> (дата обращения 01.04.2015 г).
3. Постановление Администрации Алтайского края от 11.06.2012 № 314 г. Барнаул «Здоровое питание населения Алтайского края» на 2013-2017 годы» [Электронный ресурс] URL: [http://www.altairregion22.ru/upload/iblock/4e8/314\\_12.PDF](http://www.altairregion22.ru/upload/iblock/4e8/314_12.PDF) (дата обращения 01.07.2015 г).
4. Инновационные технологии в области пищевых продуктов и продукции общественного питания функционального и специализированного назначения [Текст]: Коллективная монография / ФГБОУ ВПО «СПбГТЭУ»; под общ. ред. Н. В. Панковой. – Санкт-Петербург. : Изд-во «ЛЕМА», 2012. – 314 с.
5. Часовских, В. П. Основные направления развития зернового производства в АПК Алтайского края [Текст] / В. П. Часовских, М. Л. Цветков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 12 (86). – С. 33–38.
6. Российский рынок ячменя в 1990-2013 гг. [Электронный ресурс] URL: <http://ab-centre.ru/articles/rossiyskiy-rynok-yachmenya-v-1990-2013-gg> (дата обращения 21.08.2015 г).
7. Ullrich, S. E. Barley Production, Improvement, and Uses [Text] / S. E. Ullrich. – Blackwell Publishing Ltd. – 2011. – 603 p.
8. Анисимова, Л. В. Технологические свойства зерна ячменя при переработке в крупу и муку [Текст] / Л. В. Анисимова, А. А. Выборнов // Ползуновский вестник. – 2014. – № 4/4. – С. 151–155.
9. Анисимова, Л. В. Влияние обработки зерна под вакуумом на активность ферментов и микробиологические показатели безопасности ячменной муки [Текст] / Л. В. Анисимова, А. А. Выборнов // Биотехнология и общество в XXI веке: сборник статей. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. – 226 с. – С. 111–114.

**Выборнов А.А.**, главный специалист управления Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям, тел.: 8 (3852) 63-63-58.

**Анисимова Л.В.**, к.т.н., доцент, профессор кафедры ТХПЗ ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8 (3852) 29-07-55.