

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПОМОЛУ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ

И.С. Косцова, Т.М. Гончаренко, Н.А. Дуктова, В. В. Павловский

Проведена оптимизация процесса гидротермической обработки зерна твердой пшеницы белорусской селекции. Установлены оптимальные параметры процесса. Изучено влияние кратности увлажнения на основном этапе гидротермической обработки на мукомольные свойства зерна твердой пшеницы. Даны конкретные рекомендации по выбору технологической влажности, длительности отволаживания и кратности увлажнения для исследуемого зерна.

Введение

Эффективность проведения процесса гидротермической обработки зерна (ГТО) оказывает большое влияние как на технологические, так и технико-экономические показатели работы мукомольных заводов. При высокой эффективности проведения процесса гидротермической обработки зерна достигается более легкое и более полное отделение оболочек от эндосперма, облегчается процесс крупкообразования, улучшается качество круподунстового продукта, уменьшается расход энергии на размол.

Высокую эффективность проведения процесса ГТО обеспечивают правильно подобранные режимы кондиционирования (влажность зерна перед I драной системой и длительность отволаживания).

Ранее авторами были проведены исследования влияния влажности и длительности отволаживания на степень разрыхления эндосперма зерна твердой пшеницы белорусской селекции [1]. Посредством регистрации образующихся микротрещин, изменения плотности, стекловидности и удельного объема было установлено, что максимальная степень разрыхления эндосперма наблюдается при влажности зерна 16 % – 16,5 % и длительности отволаживания 18–20 часов.

Для хлебопекарных помолов, при которых стараются добиться уменьшения выхода крупных фракций и увеличения выхода мелких фракций продуктов помола, период активного разрыхления может быть принят за необходимую продолжительность отволаживания зерна при кондиционировании. Несколько иные требования предъявляются к организации процесса кондиционирования пшеницы при макаронных помолах. Специфика макаронных помолов – получение крупитчатой муки высокого качества заданного гранулометрического состава – предусматривает вполне определенное воздействие на эндосперм зерна в процессе отволаживания, исключающее его интенсивное разрыхление. Оптимальные режимы процесса ГТО при макаронных помолах подбирают так, чтобы в процессе размола получить максимальный выход средних фракций круподунстовых продуктов с наименьшей зольностью [2].

Поэтому цель данной работы – оптимизация процесса гидротермической обработки зерна и установление оптимальных режимов кондиционирования твердой пшеницы белорусской селекции.

Результаты исследований и их обсуждение

Обзор литературных источников показал, что основной этап кондиционирования зерна твердой пшеницы для макаронного помола возможно проводить, применяя однократное или двукратное увлажнение зерна [2–6].

При холодном кондиционировании с однократным увлажнением и отволаживанием зерно сразу увлажняется до оптимальной влажности и выдерживается в бункерах для отволаживания установленный период времени. При двукратном увлажнении и отволаживании внесение влаги происходит в два этапа, продолжительность отволаживания при этом различна. В слу-

чае двукратного увлажнения зерна необходимо установить оптимальную продолжительность первого и второго периодов отволаживания. Следует отметить, что в обоих случаях применяется доувлажнение зерна на 0,3 % – 0,5 % перед первой драной системой. Дополнительное увлажнение необходимо для придания пластичности оболочкам зерна, что в последующем снизит степень их измельчения и, как следствие, зольность круподунстового продукта. В качестве объекта исследования использовали зерно твердой пшеницы сорта Вероника урожая 2012 года.

Для выбора оптимальных режимов холодного кондиционирования зерна твердой пшеницы белорусской селекции был реализован план двухфакторного эксперимента.

Для оптимизации процесса ГТО с однократным увлажнением и отволаживанием в качестве факторов были выбраны влажность зерна перед I драной системой и длительность отволаживания. В качестве параметра оптимизации был использован технологический коэффициент K, представляющий собой отношение выхода макаронной крупки к ее зольности, так как он в полной мере отражает количественные (выход) и качественные (зольность) характеристики готовой продукции.

Из полученных ранее данных [1] были установлены исходные точки для построения плана эксперимента и интервалы варьирования для первого фактора, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для построения плана эксперимента

Условия планирования	Влажность (W), %	Длительность отволаживания (τ), ч
Основной уровень	15,5	12
Интервал варьирования	1,5	10
Верхний уровень	17,0	22
Нижний уровень	14,0	2

В соответствии с планом эксперимента в лабораторных условиях проводили помолы зерна твердой пшеницы белорусской селекции. Размол зерна осуществляли на лабораторных вальцовых станках на трех драных системах. Определяли выход круподунстовых продуктов и их зольность.

Полученные экспериментальные значения технологического коэффициента для каждого варианта подвергались математической обработке. Обработку экспериментальных данных, а также графическую интерпретацию многофакторных математических моделей проводили с использованием программного приложения Statgraphics Plus for Windows 5.1 для Windows XP.

В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, адекватно описывающее в стандартизированных переменных зависимость технологического коэффициента от выбранных факторов (влажности и длительности отволаживания)

$$K = -243,73 + 34,59 \cdot W + 2,48 \cdot \tau - 1,05 \cdot W^2 - 0,12 \cdot W\tau - 0,03 \cdot \tau^2$$

Анализ карты Парето позволил определить, что все коэффициенты уравнения регрессии являются значимыми.

Анализ графических моделей влияния факторов на параметр оптимизации показал, что оптимальной влажностью и длительностью отволаживания, при которых технологический коэффициент имеет максимальное значение, являются $W = 15,5 \% - 16 \%$ и $\tau = 12-13$ ч.

Следующим этапом работы было определение оптимальной длительности отволаживания при двукратном увлажнении зерна при макаронном помоле твердой пшеницы белорусской селекции при установленной оптимальной влажности 15,5 % – 16 %.

Для оптимизации процесса ГТО с двукратным увлажнением и отволаживанием в качестве факторов были выбраны длительность первого этапа отволаживания (τ_1) и длительность второго этапа отволаживания (τ_2). В качестве параметра оптимизации был выбран технологический коэффициент K. На первом этапе зерно увлажняли до влажности

14 % – 14,5 %, на втором этапе – до влажности 15,5 % – 16 %.

Исходные точки для построения плана эксперимента и интервалы варьирования первого и второго факторов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для построения плана эксперимента

Условия планирования	Длительность первого этапа отволаживания (τ_1), ч	Длительность второго этапа отволаживания (τ_2), ч
Основной уровень	7	3
Интервал варьирования	5	2
Верхний уровень	12	5
Нижний уровень	2	1

При статистической обработке экспериментальных данных получено уравнение регрессии, описывающее в стандартизованных переменных зависимость технологического коэффициента от выбранных факторов:

$$K = 24,44 + 5,33 \cdot \tau_1 + 3,24 \cdot \tau_2 - 0,31 \cdot \tau_1^2 - 0,28 \cdot \tau_1 \tau_2 - 0,34 \cdot \tau_2^2$$

Согласно карте Парето все коэффициенты полученного уравнения регрессии являются значимыми.

Анализ контурного графика поверхности отклика технологического коэффициента К от влажности и длительности отволаживания показал, что оптимальная длительность отволаживания первого этапа составила 8–9 часов, длительность второго этапа отволаживания – 1,5–2 часа.

Далее в работе изучали влияние кратности увлажнения зерна на основном этапе гидро-термической обработки на мукомольные свойства зерна твердой пшеницы.

Для этого проводили пробные лабораторные помолы твердой пшеницы белорусской селекции сортов Вероника, Славица, Розалия и Елена (урожая 2012 года), прошедшего гидро-термическую обработку при полученных оптимальных режимах, и определяли выход и качество полученных круподунстовых продуктов. Результаты исследования представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Выход круподунстового продукта и муки при помоле зерна твердой пшеницы белорусской селекции (%)

Сорт	Славица		Вероника		Елена		Розалия	
	кратность увлажнения							
Фракция продукта	одно-кратно	дву-кратно	одно-кратно	дву-кратно	одно-кратно	дву-кратно	одно-кратно	дву-кратно
Крупная	8,1	8,9	8,3	9,2	8	9	8,2	8,7
Средняя	14,8	15,1	14	14,5	13,9	14,3	14,1	14,7
Мелкая	13,1	13,3	13,2	13,8	13	13	12,5	12,9
Жесткий дунст	15,5	16,7	15	16	15,7	16,5	15,5	16,4
Мягкий дунст	11,3	11,3	11,7	12	11,2	11,5	11,7	11,8
Мука 2 сорта	12,5	11,1	11,5	10,8	11,6	11,3	11,7	11,2

Из таблицы 3 видно, что динамика изменения выхода круподунстовых продуктов для всех сортов примерно одинакова.

Результаты исследования показали, что преобладающими являются следующие фракции крупности: средняя крупка (14 % – 15 %), мелкая крупка (12,5 % – 13,8 %) и жесткий дунст (15 % – 16,7 %). Выход крупной крупки невысокий и составляет 8 % – 9 %, выход мягкого дунста и муки находится на уровне 11 % – 12 % в зависимости от сорта. Было установлено, что во всех образцах выход муки в драном процессе превышает рекомендуемый на 5 % – 6 %.

Общее извлечение в зависимости от сорта и кратности увлажнения изменяется в пределах 73,4 % – 76,4 %, что соответствует ориентировочным извлечениям на I–III драных системах

при макаронном помоле твердой пшеницы [2,3]. Следует отметить, что выход круподуновых продуктов при помоле зерна, прошедшего двукратное увлажнение, несколько выше, чем при помоле этого же зерна, увлажненного однократно.

Таблица 4 – Зольность круподунового продукта, полученного при помоле зерна твердой пшеницы белорусской селекции (%)

Сорт	Славица		Вероника		Елена		Розалия	
	кратность увлажнения							
	одно-кратно	дву-кратно	одно-кратно	дву-кратно	одно-кратно	дву-кратно	одно-кратно	дву-кратно
Крупная	1,90	1,87	1,87	1,80	1,88	1,88	1,85	1,83
Средняя	1,51	1,49	1,47	1,47	1,40	1,39	1,45	1,38
Мелкая	1,40	1,38	1,35	1,31	1,37	1,28	1,33	1,25
Жесткий дунст	1,20	1,19	1,24	1,24	1,23	1,21	1,25	1,20
Мягкий дунст	1,01	1,00	1,01	1,05	1,03	1,00	1,02	1,08
Мука 2 сорта	0,87	0,87	0,89	0,89	0,87	0,92	0,86	0,85

Анализ изменения зольности круподуновых продуктов и муки в зависимости от сорта зерна и крупности продукта показал, что с уменьшением крупности продукта зольность снижается. Установлено, что зольность круподунового продукта при помоле зерна, увлажнение и отволаживание которого осуществляли в два этапа, несколько ниже. Это свидетельствует о более полном отделении оболочек от эндосперма. Средневзвешенная зольность круподунового продукта, полученного при помоле зерна, основной этап увлажнения которого осуществляли однократно, составляет в среднем 1,28 %, при двукратном увлажнении – 1,26 %.

В качестве комплексного оценочного параметра процесса помола исследуемого зерна твердой пшеницы был выбран технологический коэффициент К. На рисунке 1 представлена диаграмма, отражающая величину технологического коэффициента К при помоле зерна твердой пшеницы различных сортов, прошедшего ГТО при оптимальных режимах однократного и двукратного увлажнения. Из рисунка видно, что технологический коэффициент помола твердой пшеницы, однократно увлажненной на основном этапе ГТО, изменяется в пределах от 57,4 до 58,5; при помоле зерна, основной этап ГТО которого проводили в два этапа, технологический коэффициент 59,5–60,8.

Сравнительный анализ показал, что двукратное увлажнение зерна на основном этапе ГТО дает более высокий технологический эффект при том, что длительность процесса сокращена.

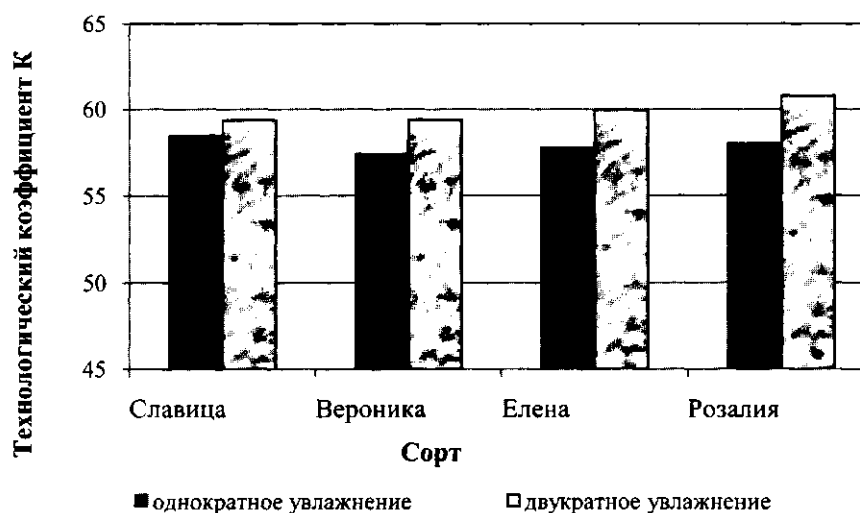


Рисунок 1 – Технологический коэффициент К помола зерна твердой пшеницы различных сортов, прошедшего ГТО при оптимальных режимах однократного и двукратного увлажнения

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что максимальная эффективность проведения процесса гидротермической обработки зерна твердой пшеницы белорусской селекции достигается при двукратном увлажнении (на первом этапе до влажности 14,0 % – 14,5 %, на втором – до влажности 15,5 % – 16,0 %) при длительности первого периода отволаживания – 8–9 часов, второго – 1,5–2 часа.

Литература

- 1 Косцова, И.С. Влияние влажности и длительности отволаживания на физические свойства зерна твердой пшеницы белорусской селекции/ И.С. Косцова, Т.М. Гончаренко // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2013 – № 2 (15). – С. 44–49.
- 2 Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов/ О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шазо, Я.Ф. Мартыненко. – М.: ИКЦ «Март», 2004. – 688 с.
- 3 Егоров, Г.А. Управление технологическими свойствами зерна/ Г.А. Егоров. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2005. – 292 с.
- 4 Егоров, Г.А. Технология муки, крупы и комбикормов / Г.А. Егоров, Е.М. Мельников, Б.М. Максимчук. – М.: Колос, 1984. – 376 с.
- 5 Козьмина, Н.П. Новое в изучении твердой пшеницы и производство макаронной муки за рубежом: обзорная информация / Н.П. Козьмина. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1973. – 32 с.
- 6 Медведев, Г.М. Технология макаронного производства/ Г.М. Медведев. – М.: Колос, 2000. – 272 с.

Поступила в редакцию 01.12.2014