

## НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАМАЧИВАНИЯ РЖИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЖАНОГО СОЛОДА

А.М. Мазур, докт. техн. наук (БГАТУ)

### Аннотация

*Исследовано влияние качества обработки поверхности ржи на условия замачивания зерна, установлены технологические параметры процесса обработки поверхности ржи на абразивной установке. Исследовано содержание влаги в различных анатомических частях ржи в зависимости от продолжительности замачивания, влияние температуры замочной воды и размеров зерна на водопоглощение, влияние аэрации воды на содержание CO<sub>2</sub> в замачиваемом зерне. Уточнены и доработаны научно-практические основы замачивания ржи при производстве ржаного солода, определены потери зерна при замачивании.*

*The influence of surface quality rye on the condition of soaking the grain established technological process parameters on the abrasive surface of the rye plant. It was investigated: water maintenance in different parts of rye depending on the soaking, the influence of water temperature and grain size on the water absorption, the impact of aeration of water on the CO<sub>2</sub> content in the soaking grain. The scientific and practical bases of rye soaking in the process of rye malt manufacturing were clarified and improved.*

### Введение

В Республике Беларусь выпускается два вида ржаного солода – ферментированный и неферментированный, который получают в строго регламентируемых условиях температуры и влажности путем гидротации зерна в воде, с последующим проращиванием, томлением (для ферментированного солода), сушкой и дроблением.

Потребность пищевых предприятий республики в ржаном солоде около 3000 т в год и полностью за счет собственного производства пока не удовлетворяется.

Проводимая техническая модернизация существующих предприятий предусматривает разработку и совершенствование технологий производства солода, обеспечивающих его интенсификацию за счет сокращения времени прохождения отдельных стадий процесса, экономии материальных и энергетических ресурсов, а также повышения качества солода является актуальной задачей для Беларуси.

Для выполнения поставленной задачи необходимо провести исследование, уточнить и доработать научно-практические основы одного из главных процессов производства ржаного солода – замачивания.

Исследования проводились в лабораторных условиях ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси», в лабораторных и производственных условиях ОАО «Машпищепрод» (г. Марьина Горка) в рамках государственной научно-технической программы «Промышленные биотехнологии».

### Основная часть

На условие замачивания зерна влияет качество обработки поверхности ржи перед замачиванием. Это очистка зерна от органической и неорганической пы-

ли, создание неблагоприятных условий для развития плесневых грибов, а также обеспечение достаточного количества трещин в зерне для ускорения проникания воды внутрь зерна.

При этом необходимо сохранить жизнеспособность и энергетичность прорастания зерна, обеспечить нормальный процесс диффузии влаги в зерновку, избегая травм при образовании микротрещин на поверхности ржи.

В лабораторных условиях исследовались факторы, влияющие на процесс механической обработки поверхности зерна ржи, определялись режимы и параметры обработки ржи. В качестве истирающей поверхности применялась наждачная бумага № 8, 10, 12, 16, 20, 24 с размерами зерен абразива 2,0-2,38; 1,66-2,00; 1,19-1,68; 0,84-1,10; 0,71-0,81; 0,50-0,71 мм соответственно. Число оборотов насадки, придающей зерну движение в чаше комбайна, составляло 400 об/мин. Исходное количество зерна составляло 100 г. На первом этапе исследовалось влияние размера применяемого абразива на набухаемость зерна и количество измельченной его части. Коэффициент набухаемости определялся из соотношения:

$$K = V_k / V_n,$$

где  $K$  – коэффициент набухаемости;

$V_k$  – объем зерна конечный, см<sup>3</sup>;

$V_n$  – объем зерна начальный, см<sup>3</sup>.

Результаты исследований представлены на рис. 1.

Из приведенных данных видно, что наиболее оптимальным является абразив № 16 и 20, которые дают наименьшее количество измельченной части зерна, при этом набухаемость растет с уменьшением размеров зерен абразива и достигает постоянства при использовании абразива от 16-го до 20-го номера, следовательно, принимаем номер абразива 16-20.

Результаты исследований по определению оптимальной величины окружной скорости движения зерна ржи при его механической обработке представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что с увеличением окружной скорости увеличивается масса измельченной части зерна, а коэффициент набухаемости уменьшается незначительно. Из результатов проведенных исследований за оптимальную окружную скорость движения зерна принимаем скорость ( $W$ ) в пределах от 1,3 до 1,7 м/с.

Исследования зависимости величины коэффициента набухаемости от продолжительности механической обработки зерна представлены на рис. 3.

Зависимость коэффициента набухания представ-



Рисунок 1. Влияние размера применяемого абразива  $N$  на набухаемость зерна  $K$  (1) и количество измельченной его части  $M$  (2)

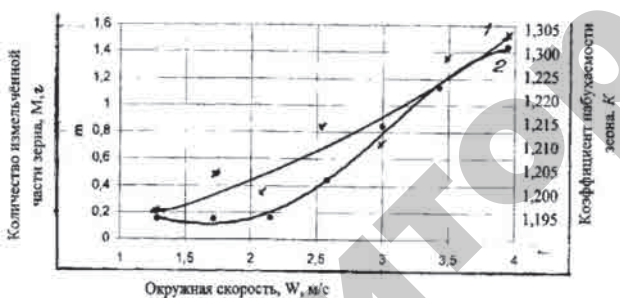


Рисунок 2. Влияние окружной скорости движения зерна  $W$  на набухаемость зерна  $K$  (1) и количество измельченной его части  $M$ , г

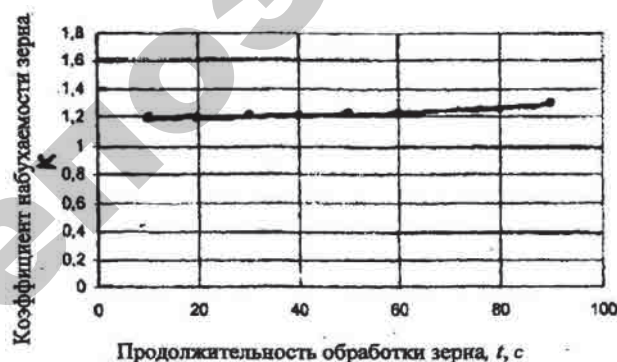


Рисунок 3. Зависимость коэффициента набухания  $K$  от продолжительности обработки зерна абразивом  $t$ , с.

лена выражением

$$K = 2E - 0,5 t^2 - 0,0004 t + 1,2043, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент набухаемости;

$t$  – продолжительность процесса, с.

Среднее квадратическое отклонение  $R^2 = 0,9667$ .

Из рис. 3 и уравнения 1 видно, что оптимальная продолжительность процесса механической обработки зерна равна 40-50 с.

Исследования проверены в промышленных условиях на установке для обработки сельскохозяйственного сырья марки Ш 12-КОУ, которая имеет окружную скорость разгонного диска 1,52 м/с, размер зерен абразива №16 (0,84-1,19 мм). Результаты испытаний показали эффективную очистку зерна.

Установлены технологические параметры работы абразивной установки для обработки поверхности ржи перед замачиванием:

- окружная скорость движения зерна в пределах 1,3-1,7 м/сек;

- номер абразива 16-20 с размерами зерен абразива 0,84-1,19, 0,71-0,81, 0,50-0,71 мм;

- продолжительность обработки 40-50 с, что обеспечивает количество измельченной части зерна не более 0,15 г (0,0015 %) и увеличивает набухаемость зерна на 10-20 %.

При замачивании ржи вода попадает внутрь зерна, и благодаря этому имеющиеся ферменты активируют процесс прорастания, и при 30 %-м содержании влаги жизненные проявления становятся заметными. Быстрее и равномернее рожь прорастает при влажности 46-48 %, а максимальная влажность зерна (48-50 %) достигается на стадиях проращивания. Семенная оболочка ржи полупроницаема – она позволяет диффундировать внутрь зерна воде, но задерживает, например, 10 %-й раствор серной кислоты. Соляная кислота проникает через нее частично, а органические кислоты легко диффундируют через оболочку внутрь зерна. Ионы также проникают через трещины семенной оболочки и воздействуют на зародыш, так нитраты при концентрации 0,01  $N$  оказывают неблагоприятное воздействие на солевой состав зародыша [1, 2].

При замачивании ржи усиливается дыхание зерна, а с ним и потребность в кислороде, поэтому при замачивании ржи следует обеспечить процесс как водой, так и кислородом, при этом необходимо учесть, что зерно очищается.

Водопоглощение происходит в основном через капилляры, выходящие в основание зерна, вследствие чего в первые часы замоченный зародыш, начиная от щитка, поглощает воду значительно быстрее, чем другие части зерна, такие как плодово-семенная оболочка, алейроновый слой, эндосперм (табл. 1).

Водопоглощение зависит от температуры замочной воды. Для достижения влажности – 40 % требуется:

- при 6° – 95 ч;

- при 12° – 72 ч;

- при 16° – 48 ч;

- при 18° – 42 ч.

Динамика поглощения воды при замачивании и зависимость между температурами и продолжительностью замачивания показана на рис. 4.

**Таблица 1. Содержание влаги в различных частях ржаного зерна при замачивании**

Часть зерна	Содержание влаги, %			
	1,5 ч	3 ч	6 ч	24 ч
Щиток	17,6	30,8	48,5	56,8
Зародыш	31,2	38,3	50,3	56,8
Плодово-семенная оболочка, алейроновый слой	11,4	13,6	25,9	35,9
Крахмалосодержащий эндосперм	10,5	11,8	20,4	34,8
Зерно в целом	21,1	23,2	28,1	38,1

На скорость водопоглощения оказывает влияние размер ржи, для полных и крупных зерен требуется больше времени, чем для щуплых и мелких (рис. 5).

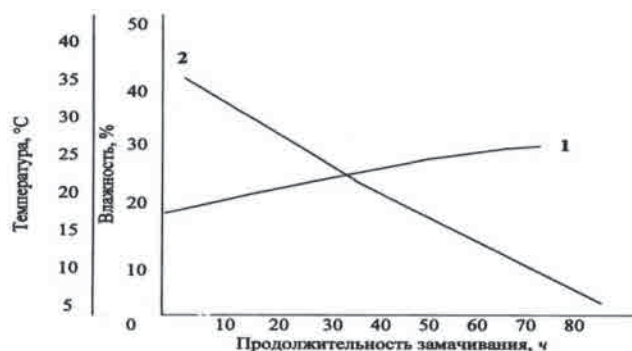


Рисунок 4. Динамика поглощения воды при замачивании (1) и зависимость между температурами и продолжительностью замачивания (2)

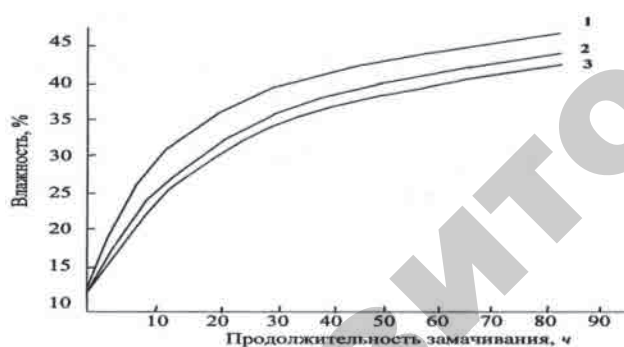
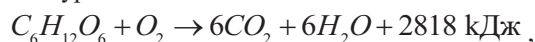


Рисунок 5. Влияние толщины зерна на водопоглощение: 1 – толщина 1,8-2,2 мм; 2 – толщина 2,2-2,6 мм; 3 – толщина 2,6-3,0 мм

Так, мелкие зерна при продолжительности замачивания в течение 50 часов приобретают влажность 35,5 %, крупные – 34,7 %. На водопоглощение влияет сорт ржи и условия ее выращивания, так как структура зерна зависит от теплых, сухих условий роста и погодных условий при уборке урожая. При этих условиях достигается плотная структура эндосперма [3, 4].

Учитывая, что на производство солода поступает рожь различного качества – смесь сортов, были проведены исследования по замачиванию этой ржи с длинными воздушными паузами, при этом во время них получили выравнивание скорости водопоглощения (рис. 6).

При замачивании рожь увеличивает свой объем на 40-45 %, что необходимо учитывать при проведении технологического процесса. При водопоглощении происходит интенсивное дыхание с увеличением потребности ржи в кислороде. Процесс этот описывается уравнением



при котором на каждую молекулу потребляемого кислорода образуется одна молекула диоксида углерода. При недостатке кислорода образуется избыток  $CO_2$ , что порождает спиртовое брожение, при котором может произойти отравление зародыша продуктами обмена веществ – спиртом и диоксидом углерода.

Диоксид углерода оказывает тормозящее действие на рост, препятствуя полному использованию кислорода, поэтому необходимо постоянно удалять  $CO_2$ , иначе продукты анаэробного обмена веществ вызывают повреждение зародыша. При этом материал приобретает кислотный запах, а затем и гнилостный запах, зерно теряет прочность и способность к прорастаемости.

При замачивании ржи необходимо обратить внимание на водочувствительность зерна, и при необходимости, подводить кислород в период воздушных пауз.

Исследования по содержанию  $CO_2$  в замачиваемом зерне проводили в аппарате с коническим днищем вместимостью 30 м<sup>3</sup> с подачей воздуха через барботер, что улучшает снабжение материала кислородом и способствует более быстрому поглощению воды, сокращая процесс замачивания на 2-4 часа, и снижает содержание  $CO_2$  до 15-20 % от начального – 1,7-1,9 г/дм<sup>3</sup> [5, 6].

При этом установили, что образование  $CO_2$  в замочном аппарате зависит от температуры замочной воды. Так, при температуре 13° С образуется 1,8-5,9 %  $CO_2$ /ч, а при температуре 16-17 °С – 9 – 11,5 %  $CO_2$ /ч.

При этом эффект аэрации повышается при орошении и промывании ржи, не прерывая процесс поглощения влаги.

Испытаны возможности использования для нагревания ржи при первом замачивании в теплой воде с температурой около 24 °С в зимний период, что способствовало ускоренному водопоглощению.

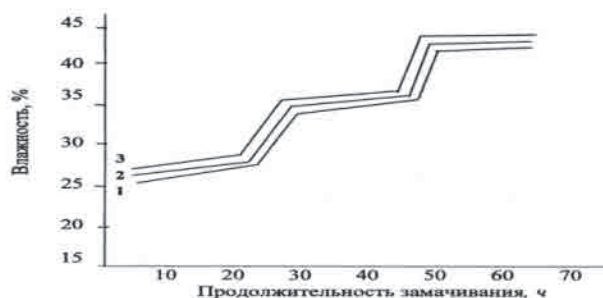


Рисунок 6. Водопоглощение ржи при замачивании смеси зерен различной толщины: 1 – толщина зерна 1,8-2,2 мм; 2 – толщина зерна 2,2-2,6 мм; 3 – толщина зерна 2,6-3,0 мм при количестве зерна: 1 – 32 %; 2 – 43 %; 3 – 25 %

Во избежание температурного шока замачивание теплой водой проводилось через 2-3 часа от начала процесса, при влажности зерна – 30-31 %. При этом особое внимание обращалось на тщательное перемешивание зерна, чтобы избежать возникновения зон различных температур в массе зерна.

Замачивание проводилось по способу замачивания с «орошением» при четкой границе между периодами мокрого замачивания и воздушными паузами. Данная технология осуществлялась воздушно-оросительным способом, который обеспечивает быстрое и равномерное увлажнение зерна при хорошей его аэрации.

На первом этапе при замачивании рожь периодически ворошили через каждые 4-8 часов, орошая при этом водой температурой 15-16 °С через форсунки, установленные на ворошителе.

Снабжение кислородом осуществлялось при периодической продувке зерна воздухом температурой 14-16 °С нагнетаемым вентилятором в течение 20-25 минут. Первая продувка зерна проводилась через 4-5 часов после загрузки. Последующие продувки проводили через 1,5-2 часа в течение всего периода замачивания, поддерживая температуру в слое зерна 14-16° С. Длительность замачивания при таких условиях проведения технического процесса составила 18-24 ч в зависимости от качества зерна и температуры воды. Такая технология замачивания обеспечивала также высокую степень очистки ржи. Исследованиями установили, что для получения влажности зерна 46-48 % потребность воды составила от 1-1,2 м<sup>3</sup>/т.

Начало прорастивания проходило равномерно, количество корешков к концу процесса достигло 85-90 %.

Проведены исследования по определению потерь при замачивании, которые возникают вследствие наличия загрязнений на поверхности зерна, выщелачивания плодово-семенной оболочки, дыхания ржи в процессе замачивания.

Замачивание проводили в чане при полном заполнении водой, но небольшая часть замачиваемого зерна не погружалась под воду, несмотря на движение. Это мертвые зерна, которые собирались в переливе.

При этом для облегчения всплытия при замачивании целесообразно перемешивать плавающие на поверхности зерна так, чтобы не всплывали полные зерна. В зависимости от степени очистки ржи слав составлял от 0,2 до 1,1 % перерабатываемого зерна. Слав не относится к потерям, его необходимо собирать и отправлять на корм скоту. Потери от поверхностных загрязнений составили не более 0,08 %. Потери при выщелачивании достигали до 1 %, это грязь и вещества, входящие в состав плодово-семенной оболочки, – минеральные и дубильные вещества плодовой оболочки, белки. Потери при дыхании при замачивании в зависимости от качества ржи достигали 0,8-1,2 %.

Общие потери при замачивании составили от 1 до 2 %.

### **Выводы**

На условие замачивания зерна влияет качество обработки поверхности ржи перед замачиванием. В ре-

зультате проведенных исследований установлены технологические параметры работы абразивной установки для обработки поверхности ржи перед замачиванием: окружная скорость движения зерна – 1,3-1,7 м/с; размер зерен абразива – 0,50-1,19 мм; продолжительность обработки – 40-50 с., что обеспечивает минимальное количество измельченной части зерна, равной 0,0015 %, и увеличивает набухаемость ржи на 10-20 %.

При замачивании вода диффундирует внутри зерна через семенную оболочку, что усиливает дыхание ржи, вызывая потребность в кислороде. В первые часы замачивания щиток и зародыш поглощают воду значительно быстрее, чем эндосперм, алейроновый слой и плодово-семенная оболочка, интенсивность поглощения воды снижается по мере приближения к точке насыщения.

Водопоглощение ускоряется при увеличении температуры замочной воды, с уменьшением толщины зерна и использовании щуплых и мелких зерен. Лучшему снабжению замачиваемого зерна кислородом и более быстрому поглощению воды способствует аэрация воды при орошении и промывании ржи, при этом сокращается процесс замачивания на 2-4 часа.

Использование при первом замачивании теплой воды с температурой около 24 °С способствует ускоренному водопоглощению, которое следует проводить через 2-3 часа от начала процесса при влажности зерна 30-31 % и тщательном перемешивании ржи во избежание образования в зерне зон с различными температурами.

Проводимое замачивание с орошением и периодическим ворошением зерна через каждые 4-8 часов и орошением водой с температурой 15-16° С, периодической продувкой зерна (первая через 4-5 часов после загрузки, последующие – через 1,5-2 часа) в течение всего периода замачивания обеспечивает сокращение процесса замачивания до 18-24 часов.

Определены общие потери зерна при замачивании, которые составили от 1 до 2 %.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Калунянц, К.А. Химия солода и пива / К.А. Калунянц. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 176.
2. Калинин, Ф.Л. Биологически активные вещества в растениеводстве / Ф.Л. Калинин. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 318.
3. Солод ржаной сухой: ГОСТ 29272-92. – Введ. 01.06.93. – М.: Госстандарт СССР, 1993. – С. 22.
4. Нарцисс, Л. Технология солодоращения. Пивоварение / Л. Нарцисс. – 7-е изд.; пер. с нем. – СПб.: Профессия, 2007. – Т. 1. – С. 548.
5. Киселева, Т.Ф. Совершенствование технологии ржаного солода с применением ферментных препаратов / Т.В. Киселева, В.А. Помозова, А.Н. Кроль // Пиво и напитки, 2006. – № 2. – С. 22-24.
6. Мазур, А.М. Ржаной солод: применение, свойства, способы интенсификации производства / Л.И. Сапунова, И.О. Томкович, А.Т. Лобанок, В.П. Бойков, М.И. Котов, М.И. Болянова // Микробные биотехнологии: сб. науч. тр. – Мн.: Беларуская навука, 2009. – С. 345-359.