

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЖАРКИ СОЛОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЁМНЫХ СОРТОВ ПИВА

В.Я. Груданов, докт. техн. наук, профессор, В.М. Поздняков, канд. техн. наук, П. Д. И. Эбиенфа, аспирант, Республика Нигерия (БГАТУ)

Аннотация

В работе представлен обжарочный аппарат с комбинированным тепловым воздействием и интенсивным перемешиванием для производства карамельного солода с принципиально новыми конструктивными решениями. Определены основные факторы, влияющие на эффективность обжарки солода в аппарате. Приведены результаты серии отсеивающих экспериментов и определены диапазоны варьирования факторов для проведения многофакторного эксперимента.

This article presents a roaster with the combined effects of heat and vigorous agitation for caramel malt with a fundamentally new design solutions. The main factors affecting the efficiency of roasted malt in the machine are defined. The results of a series of screening experiments are given and the ranges of variation factors for multifactorial experiment are determined.

Введение

В условиях рыночной конкуренции производители пива вынуждены увеличивать ассортимент выпускаемой продукции. Увеличение ассортимента возможно за счет выпуска темных сортов пива, в состав которых наряду со светлыми сортами солода добавляются специальные сорта. В связи с этим, при производстве темных сортов пива возрастает потребность в высококачественных специальных сортах солода (карамельного и жжёного). Одним из основных процессов при производстве карамельного и жжёного солода является процесс его тепловой обработки, в результате которой продукт приобретает своеобразный цвет и аромат [1].

В настоящее время в Республике Беларусь используется специальный солод импортного производства. Одной из основных причин этого является отсутствие отечественного оборудования для его производства. В связи с этим, разработка отечественного высокоэффективного технологического оборудования для производства карамельного и жжёного солода является крайне актуальной задачей в рамках государственной программы «Импортозамещение».

Основная часть

Карамельный солод – это сильно окрашенный ароматический продукт, получаемый из свежепросоженного светлого солода путем осахаривания и обжаривания. Его готовят по следующей схеме: свежепросошенный светлый солод многократным орошением водой увлажняют до 50-60% и загружают в обжарочный барабан на 2/3 его вместимости. При частоте вращения барабана 30 мин⁻¹ солод нагревают до 70⁰С, выдерживают 40-50 мин, затем нагревают до

130-180⁰С, давая возможность солоду в это время высохнуть, и обжаривают до получения нужного цвета в течение 2,5-4,0 ч. Качество солода, в том числе и карамельного, регламентируется ГОСТом 29294 [2], в соответствии с которым карамельный солод должен соответствовать требованиям, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели карамельного солода согласно ГОСТ 29294-92

Наименование показателя	Норма для карамельного солода	
	I класса	II класса
Массовая доля влаги (влажность) не более, %	6,0	6,0
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %	75,0	70,0
Количество карамельных зёрен не менее, %	93,0	25,0
Массовая доля сорной примеси не менее, %	0,5	0,5
Цвет (величина Линтнера-Ли)	20,0	20,0

Оценка готовности солода, а, следовательно, и его качества в процессе термической обработки проводится с помощью органолептического метода и методами по ГОСТ 29294-92. Даже на современных обжарочных аппаратах, имеющих систему автоматического контроля, время и температуру обжаривания для каждой партии солода устанавливают опытным путем в зависимости, прежде всего, от начального влагосодержания сырья. Для солода отклонение начального влагосодержания от нормативного допускается в пределах 2,5-3%. Несмотря на заданное время обжаривания по

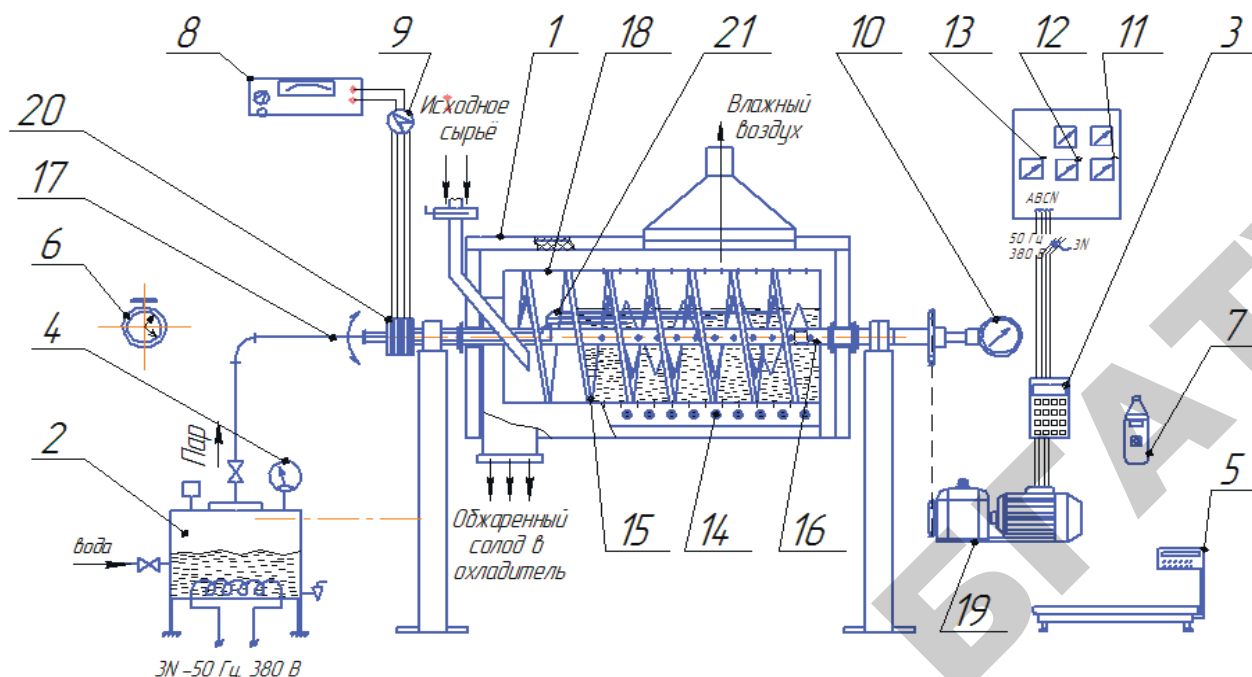


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда:

1 – обжарочный аппарат; 2 – парогенератор; 3 – частотный преобразователь E2 -8300-007H; 4 – манометр; 5 – весы электронные SC 4010; 6 – секундомер; 7 – пирометр оптический АК ИП 9303; 8 – милливольтметр; 9 – пакетный переключатель; 10 – тахометр; 11 – вольтметр; 12 – амперметр; 13 – ваттметр; 14 – ТЭНы; 15 – шнек; 16 – вал перфорированный; 17 – паропровод; 18 – обжарочный барабан с винтовыми направляющими; 19 – привод; 20 – контактная группа; 21 – термопары

программе, контроль готовности продукта в конце процесса все равно осуществляется с помощью органолептики. Определение цвета солода проводится согласно ГОСТ 29294 по цветности экстракта. Методика определения массовой доли экстракта в сухом веществе жженого и карамельного солода проводится по ГОСТ 29294 при помощи рефрактометра с контролем определения содержания сухих веществ. Применение этих показателей дает возможность своевременно регулировать процесс обжаривания и одновременно снижать потери в виде массы сухой основы, что увеличивает выход и улучшает качество готового продукта. Однако и для этих методов оценки качества готового продукта необходима серия опытов, с помощью которых было бы установлено время обжаривания и температурный режим.

В ряде работ [1, 3] предлагаемые время обжаривания и температурные режимы для одних и тех же сортов солодов различны, что указывает на разнообразие методов оценки готовности продукта в конце термической обработки и отсутствие единого подхода. Для разработки высокоэффективного обжарочного аппарата необходимо разработать обобщенную методику оценки качества готового продукта в конце процесса обжаривания и определить оптимальные параметры термической обработки солода.

Для проведения экспериментальных исследований процесса обжарки солода на кафедре «Технологии и техническое обеспечение переработки и хранения сельскохозяйственной продукции» БГАТУ был разработан и смонтирован экспериментальный стенд, схема которого представлена на рис.1, а на рис. 2 показан общий вид стенда.

Экспериментальный стенд основан на базе разработанного обжарочного аппарата с принципиально новыми конструктивными решениями [4, 5]. Цилин-



Рисунок 2. Общий вид экспериментального стенда :
1 – обжарочный аппарат; 2 – парогенератор; 3 – контрольно-измерительные приборы; 4 – персональный переносной компьютер ASUS 1005 PX

дрическая перфорированная поверхность обжарочно-го барабана 18 обогревается воздушными нагревательными элементами 14 (ТЭНами). Вращающийся вал 16 выполнен в виде шнека, закреплённого на валу обжарочного барабана 18 с направляющими на внутренней поверхности в виде винтовых линий с противоположным шнеку направлением витков, что обеспечивает высокую эффективность перемешивания солода во время работы аппарата. Отличительной особенностью разработанного обжарочного аппарата является наличие полого перфорированного вала 16, подключённого посредством паропровода 17 к парогенератору 2. Это позволяет производить обработку светлого солода в паровоздушной среде в обжарочном барабане 18, что не только интенсифицирует тепловой процесс, но и одновременно повышает качество готового (обжаренного) продукта за счёт получения надлежащего колера, а также удаления летучих составляющих («пригорелого» аромата и горечи).

Конструкция лабораторного обжарочного аппарата позволяет регулировать следующие режимно-конструктивные параметры процесса обжарки солода: частоту вращения шнека, температуру внутри рабочей камеры, расход и температуру греющего пара, время обжарки.

Одним из факторов, оказывающих значительное влияние на качественные характеристики готового продукта, является эффективность перемешивания солода во время термической обработки.

Эффективность смешивания рассматривают как стохастичный (случайный) процесс и определяют на основе статистических характеристик смеси. Такой характеристикой обычно служит коэффициент вариации распределения ключевого компонента в смеси.

Коэффициент вариации определяют по формуле

$$V = \frac{100}{X} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}}, \quad (1)$$

где X – среднее содержание ключевого компонента в смеси, %;

X_i – содержание ключевого компонента в каждой из проб, %;

n – число проанализированных проб.

Чем ниже значение коэффициента вариации, тем более равномерно распределен компонент в смеси. При идеальном распределении компонента в смеси коэффициент вариации стремится к нулю. Важную роль при количественной оценке качества смеси играет масса отбираемых проб. Анализируемые пробы должны иметь такую массу, при которой случайные отклонения контрольного компонента в них не затуманивали бы общую картину его распределения в объёме исследуемой смеси.

Определение однородности смеси сводится к следующему. Из образца солода отбирают среднюю пробу, по которой устанавливают количество определяемого ключевого компонента (окрашен-

ные зерна ячменя). Чем больше взято проб, тем точнее может быть определена однородность смеси. Число отбираемых навесок зависит от многих факторов, учесть которые довольно сложно. Практически требуется отобрать не менее 10...15 навесок по 100 г каждая. В нашей работе для упрощения можно ограничиться 5...8.

Данные, характеризующие эффективность перемешивания в обжарочном аппарате предложенной конструкции, представлены на рис. 3.

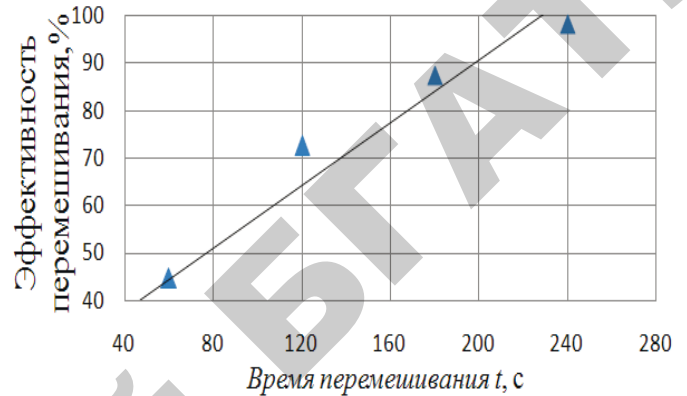


Рисунок 3. Зависимость эффективности перемешивания от времени

Как видно из данных, представленных в табл. 1, продукт достигает практически однородного перемешивания после 240 с вращения барабана. Так как тепловая обработка солода длится гораздо большее время, то считаем, что за время обжарки солод равномерно перемешивается и данный фактор можно исключить из параметров при проведении многофакторного эксперимента.

Одним из самых энергоёмких процессов по приготовлению карамельного солода является обжарка зерен, при этом качество обжарки во многом определяет конечные физико-химические и органолептические показатели карамельного солода. В табл. 2 представлены экспериментальные данные по определению влияния продолжительности обжарки (II этап) на органолептические показатели карамельного солода, при температуре в рабочей камере – 170 °С и частоте вращения барабана – 30 мин⁻¹.

На рис. 4 и 5 представлены экспериментальные данные по определению влияния продолжительности обжарки (II этап) на физико-химические показатели карамельного солода.

Как видно из приведенных выше данных, продолжительность обжарки 165 мин является оптимальной с точки зрения достижения требуемых органолептических и физико-химических параметров. Снижение продолжительности обжарки ведет к неудовлетворительным органолептическим и физико-химическим показателям, а увеличение времени обжарки приводит к возрастанию числа обгорелых зерен, что отрицательно сказывается на качестве готового пива (ухудшение цвета и аромата).

**Таблица 2. Влияние продолжительности обжарки
(II этап) на органолептические показатели
карамельного солода**

Наименование показателей	Продолжительность обжарки, мин				
	60	90	120	150	180
Внешний вид	Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей.				
Цвет	Светло желтый	Светло желтый	Светло желтый	От светло желтого до бурого	Бурый
Запах	солодовый	солодовый	солодовый	солодовый	пригорелый
Вкус	сладковатый	сладковатый	сладковатый	сладковатый	Сладковатый, встречаются пригорелые зерна
Вид зерна на срезе	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.

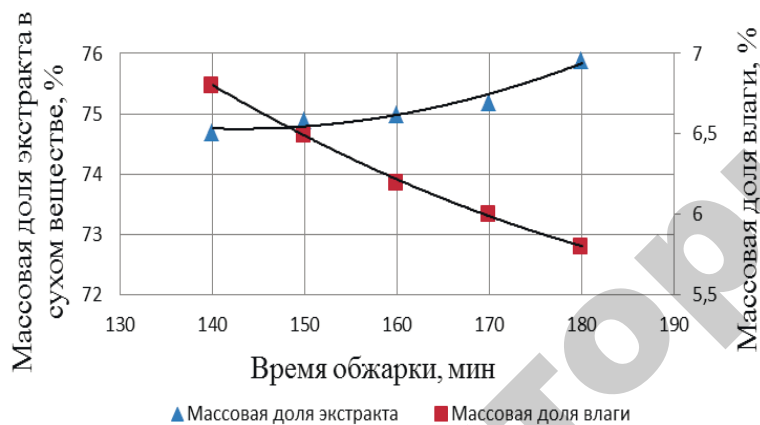


Рисунок 4. Влияние продолжительности обжарки (II этап) на массовую долю экстракта в сухом веществе и массовую долю влаги

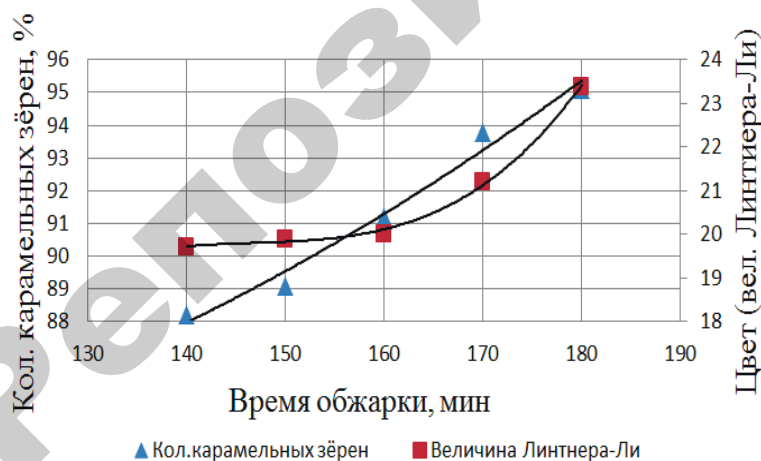


Рисунок 5. Влияние продолжительности обжарки (II этап) на количество карамельных зёрен и величину Линтнера-Ли

На качество готового солода существенное влияние оказывает температурный режим в рабочей камере обжарочного аппарата. С целью интенсификации процесса тепловой обработки продукта, в рабочую камеру обжарочного барабана подаётся влажный насыщенный пар, который вырабатывается в парогенераторе и по паропроводу подаётся во внутреннюю полость вала, и через отверстия перфорации выходит в рабочую зону с образованием паровоздушной среды. Паровоздушная среда по сравнению с воздушной обладает более высоким коэффициентом теплоотдачи, а водяной пар уже в перегретом состоянии интенсивно поглощает и переизлучает лучистую энергию, что в целом и обуславливает повышение тепловой эффективности обжарочного аппарата. Интенсификация процесса обжарки солода способствует и перфорированная поверхность обжарочного барабана (через отверстия перфорации воздух, нагретый ТЭНами, интенсивно циркулирует в зоне рабочей камеры).

Для определения влияния температуры второго этапа обжарки на физико-химические и органолептические параметры карамельного солода проводилась серия экспериментов при постоянной продолжительности обжарки – 165 мин. Влияние температуры обжарки (II этап) на органолептические показатели карамельного солода представлены в табл. 3.

Влияние температуры обжарки (II этап) на физико-химические показатели карамельного солода представлены на рис. 6 и 7.

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что для получения необходимых органолептических и физико-химических показателей карамельного солода температура в рабочей камере обжарочного аппарата должна находиться в пределах 160-170 °С. При этом дальнейшее увеличение температуры приводит к ухудшению качественных показателей карамельного солода и снижает энергоэффективность работы обжарочного аппарата в целом.

Заключение

На основе анализа литературных данных в области проектирования аппаратов для тепловой обработки солода предложена новая конструкция обжарочного аппарата с принципиально новыми

**Таблица 3. Влияние продолжительности обжарки
(II этап) на органолептические показатели
карамельного солода**

Наименование показателя	Температура, °C				
	140	150	160	170	180
Внешний вид	Однородная зерновая масса не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей.				
Цвет	Светло желтый	Светло желтый	Светло желтый	От светло желтого до бурого	Бурый
Запах	солодовый	солодовый	солодовый	солодовый	пригорелый
Вкус	сладковатый	сладковатый	сладковатый	сладковатый	Сладковатый, встречаются пригорелые зерна
Вид зерна на срезе	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.	Спекшаяся коричневая масса.

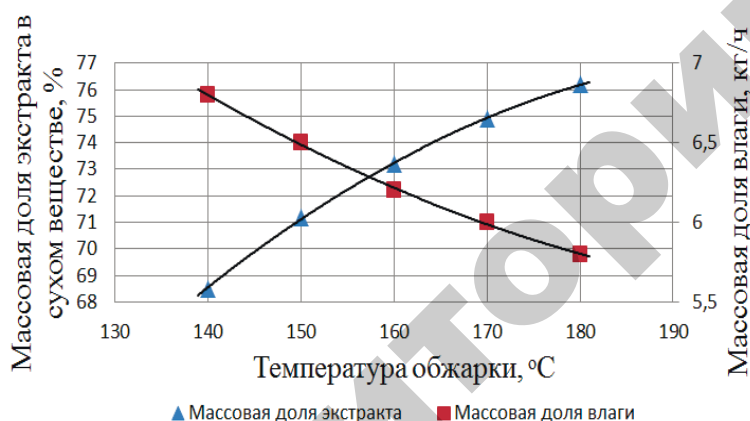


Рисунок 6. Влияние температуры обжарки (II этап) на массовую долю экстракта в сухом веществе и массовую долю влаги

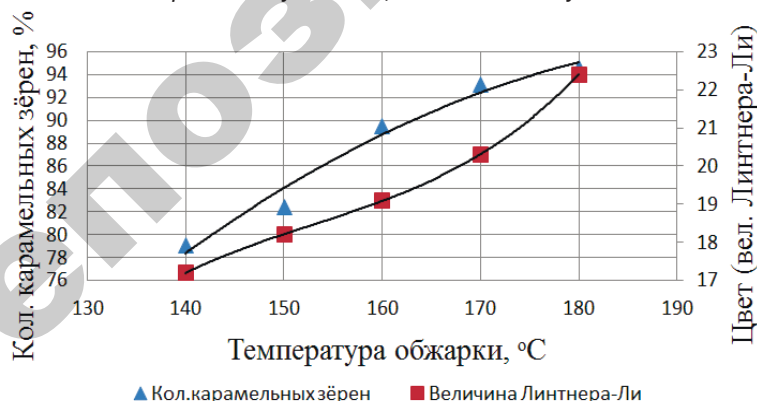


Рисунок 7. Влияние температуры обжарки (II этап) на количество карамельных зёрен и величину Линтнера-Ли

техническими решениями. Разработана и изготовлена лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований. Исследованы основные технологические параметры солода, изменяющиеся в процессе тепловой обработки и характеризующие его качество.

Полученные экспериментальные данные позволили определить основные факторы, влияющие на эффективность процесса обжарки солода, и их диапазон варьирования для проведения полнофакторного эксперимента по комплексному изучению процесса обжарки солода:

- частота вращения шнека – (20-30 мин⁻¹);
- температура внутри рабочей камеры – 160-180 °C;
- время обжарки – 140-180 мин.

Проведение полнофакторных экспериментальных исследований позволит определить оптимальные режимно-конструктивные параметры работы разработанного обжарочного аппарата, обеспечивающие максимальную производительность при достижении высокого качества готового продукта и минимальных удельных энергозатратах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кунце, В. Технология солода и пива: пер.с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2001. – 912 с., ил.
2. Мелетьев, А.Е. Технология пивоваренного и безалкогольного производства. Технологические расчеты/ А.Е. Мелетьев. – Киев, 1986. – 342 с.
3. Солод пивоваренный ячменный: ГОСТ 29294-92.
4. Обжарочный барабан: патент 8941 Респ. Беларусь, МПК7, А23 N12/10/ В.Я. Груданов, Д.Н. Иванов, А.М. Рабчинский; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – заявл. 20.10.2004, опубл. 30.06.2005// Афіцыйны бюл./ Нац. Цэнтр інтэл.уласн. – 2005, № 3.
5. Обжарочный барабан: патент 9008 Респ. Беларусь, МПК7, А23 F5/04, C12 C1/18/ В.Я. Груданов, Д.Н. Иванов, А.М. Рабчинский; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – заявл. 02.12.2004, опубл. 30.09.2005// Афіцыйны бюл./ Нац. Цэнтр інтэл. уласн. – 2005, № 4.