

# Высокотемпературная обработка солода в установке с интенсивным шнековым перемешиванием

**В. Я. Груданов**, д-р техн. наук, профессор;

**А. А. Бренч**, канд. техн. наук, доцент;

**Л. Т. Ткачева**, канд. техн. наук, доцент; **М. В. Бренч**, ассистент

Белорусский государственный аграрный

технический университет (г. Минск)

**Ключевые слова:** карамельный солод; обжарочный барабан; перемешивание; физико-химические показатели; температура; время обжарки.

**Keywords:** caramel malt; roasting drum; stirring; physicochemical data; temperature; roasting period.

Солод — пророщенное зерно злаковых культур (ячменя, ржи, риса, пшеницы) в специально созданных и регулируемых условиях. После высушивания свежепросоженного солода при температуре 40...85 °С получается ферментативно-активный светлый солод, при более высоких температурах высушивания (105 °С) образуется ферментативно-неактивный темный солод. По органолептическим показателям пивоваренный солод имеет свежий огуречный запах, цвет от светло-желтого до желтого и сладковатый вкус. Светлый солод высокого качества содержит не более 4,5% влаги с продолжительностью осахарива-

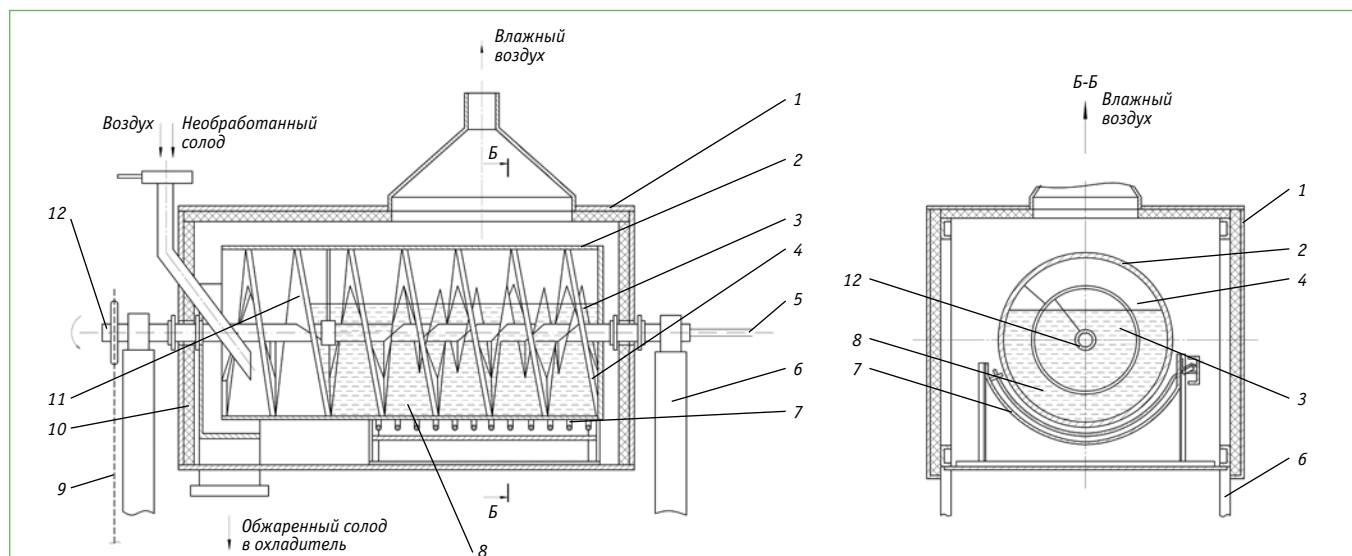
ния 15 мин и экстрактивность 79% на сухие вещества. Темный карамельный (жженный) солод содержит не более 6% влаги с экстрактивностью 70% на сухие вещества. Ржаной солод содержит не более 8% влаги с продолжительностью осахаривания 25 мин и экстрактивностью 80% на сухие вещества. Кроме светлого и темного солодов в пивоваренном производстве находят применение специальные ячменные солоды для интенсификации технологических процессов пивного сусла, брожения и дображивания или для улучшения цвета, вкуса и аромата пивного сусла и готового сусла (карамельный, жженный солоды).

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<sup>-1</sup> солод нагревают до 70 °С, выдерживают 40–50 мин, затем нагревают до 120...170 °С, давая возможность солоду в это время высохнуть, и обжаривают до получения нужного цвета в течение 2,5–4,0 ч. Для светлого карамельного солода температура обжаривания должна быть равной 110...120 °С, для солода средней цветности — 130...150 °С, для темного солода — 150...170 °С [1, 2, 3].

Цель настоящих исследований — разработка конструкции обжарочного аппарата для приготовления карамельного солода.

Изучая состояние вопроса по данной теме, было установлено, что на пивоваренных предприятиях Республики Беларусь такие установки практически отсутствуют, а сама пивоваренная промышленность использует темные сорта солода, закупаемые за рубежом. Таким образом, возникает необходимость в разработке и внедрении установок, которые позволяют производить качественный карамельный солод самостоятельно.

**Разработка конструкции обжарочного барабана с внутренним и внешним шнеками. Проанализи-**



**Рис. 1.** Принципиально-конструктивная схема обжарочного аппарата

ровав существующие конструкции обжарочных барабанов, их недостатки и преимущества, были разработаны новые технические решения в конструировании оборудования данного вида техники [4, 5].

На рис. 1 представлена принципиально-конструктивная схема обжарочного аппарата.

Обжарочный аппарат содержит корпус 1, помещенный в корпус 1 обжарочный барабан 2, с винтовыми направляющими 4 на внутренней поверхности. Внутри обжарочного барабана 2 проходит вал 12, выполненный в виде шнека с витками 3, направленными противоположно винтовым направляющим 4, при этом площадь нормального сечения канавки шнека равна площади нормального сечения канавки направляющих. Количество канавок шнека определяется по формуле

$$n_{\text{ш}} = \frac{n_{\text{б}} v_{\text{б}}}{v_{\text{ш}}}, \quad (1)$$

где  $n_{\text{ш}}$  — число канавок шнека;  $n_{\text{б}}$  — число канавок направляющих обжарочного барабана;  $v_{\text{б}}$  — поступательная скорость продукта по виткам направляющих обжарочного барабана, м/с;  $v_{\text{ш}}$  — поступательная скорость продукта по виткам шнека, м/с.

Вал 12 имеет устройство для отбора проб 5. Вал 12 и закрепленный на валу обжарочный барабан 2 помещены на каркас 6. Обжарочный барабан 2 обогревается ТЭНами 7. Вращение обжарочному барабану 2 и проходящему внутри него валу 12 передается от реверсивного мотор-редуктора через цепную передачу 9. Изоляция 10 нужна для сокращения потерь тепла в окружающую среду. Сплошным виток 11 предназначен для предотвращения высыпания продукта 8 из рабочей зоны обжарочного барабана 2 при загрузке продукта выше канавки винтовых направляющих 4.

Выполнение вала в виде шнека, а направляющих — в виде винтовой линии с противоположным шнеку направлением с равенством площади нормального сечения канавки шнека и площади нормального сечения канавки направляющих позволяет уравнивать производительности шнека  $Q_{\text{ш}}$  и винтовых направляющих  $Q_{\text{б}}$ , так как производительность шнека определяется по формуле

$$Q_{\text{ш}} = F v \varphi \rho, \quad (2)$$

где  $F$  — площадь нормального сечения канавки шнека, м<sup>2</sup>;  $v$  — скорость

продвижения продукта вдоль канавки винтовой линии, м/с;  $\varphi$  — коэффициент заполнения площади  $F$  продуктом;  $\rho$  — плотность продукта в насыпном виде, кг/м<sup>3</sup>.

Равенство производительностей шнека  $Q_{\text{ш}}$  и винтовых направляющих  $Q_{\text{б}}$  обеспечивает равномерное перемешивание и перемещение обжариваемого продукта вдоль оси вращения обжарочного барабана, что позволяет обеспечить одинаковое сопротивление по ходу движения обжариваемого продукта, дает возможность стабилизировать движение продукта, устранить нежелательное дополнительное его уплотнение и сжатие и, как следствие, повысить качество обжаривания.

Обжарочный аппарат работает следующим образом. Загрузка продукта осуществляется через трубопровод с заслонкой до 2/3 рабочего объема обжарочного барабана 2. Затем продукт поступает в зону винтовых направляющих 4 обжарочного барабана 2 и при вращении поступает в зону обжаривания, где встречно направленными витками 3, выполненными на валу 12, происходит его активное перемешивание и перемещение вдоль оси вращения обжарочного барабана 2.

Таким образом, выполнение вала в виде шнека, направляющих на внутренней поверхности обжарочного барабана в виде винтовой линии с противоположным шнеку направлением витков с площадью нормального сечения канавки шнека, равной площади нормального сечения канавки направляющих, позволяет обеспечить равномерное перемешивание и перемещение обжариваемого продукта вдоль оси вращения обжарочного барабана. Это, в свою очередь, позволяет достичь технического результата — обеспечить одинаковое сопротивление по ходу движения обжариваемого продукта, дает возможность стабилизировать движение продукта, устранить нежелательное дополнительное его уплотнение и сжатие и, как следствие, повысить качество обжаривания.

### Обжарочный барабан с контролируемым объемом продукта.

Наиболее целесообразное техническое решение для повышения эффективности определения объема продукта, загружаемого в обжарочный барабан, — обжарочный барабан с направляющей на внутренней поверхности, выполненный из набора

витков, один из которых загрузочный (загрузочный виток выполнен сплошным).

Загрузочный виток выполнен с вырезом, при этом площадь его сплошного сектора определяется по формуле

$$S_{\text{с}} = \pi R^2 - \pi r^2 - \frac{R^2}{2} \left( \frac{\pi \beta}{180} - \sin \beta \right), \quad (3)$$

где  $S_{\text{с}}$  — площадь сплошного сектора загрузочного витка, м<sup>2</sup>;  $R$  — радиус обжарочного барабана, м;  $r$  — радиус вала, проходящего внутри обжарочного барабана, м;  $\beta$  — угол, содержащий дугу кругового сегмента, град.

Определяя площадь сплошного сектора загрузочного витка по формуле (3), можно точно установить объем продукта, загружаемого в обжарочный барабан, так как загрузка продукта в обжарочный барабан осуществляется только сплошным сектором загрузочного витка в процессе вращения барабана, что, в свою очередь, позволяет достичь технического результата — избавиться от несоизмерительного оборудования, а значит, сократить материальные затраты.

На рис. 2 представлена принципиально-конструктивная схема обжарочного барабана, на рис. 3 — загрузочный виток, на рис. 4 схематично показан разрез обжарочного барабана.

Обжарочный барабан содержит цилиндрический корпус 1 с направляющей на внутренней поверхности 2, выполненной из набора витков, один из которых — 3 служит загрузочным для загрузки продукта 4 в процессе вращения барабана, при этом площадь сплошного сектора загрузочного витка 7 определяется по формуле (3). Загрузочный виток 7 приварен к втулке 5, которая, в свою очередь, приварена к опоре 6, предназначенной для закрепления вала, проходящего внутри обжарочного барабана. С торца цилиндрический корпус 1 оборудован стенкой 3.

Определение площади сплошного сектора загрузочного витка по формуле позволяет точно установить объем продукта, загружаемого в обжарочный барабан, так как загрузка продукта в обжарочный барабан осуществляется только сплошным сектором загрузочного витка в процессе вращения барабана, что, в свою очередь, позволяет достичь технического результата — избавиться от несоизмерительного оборудования, а значит, сократить материальные затраты.

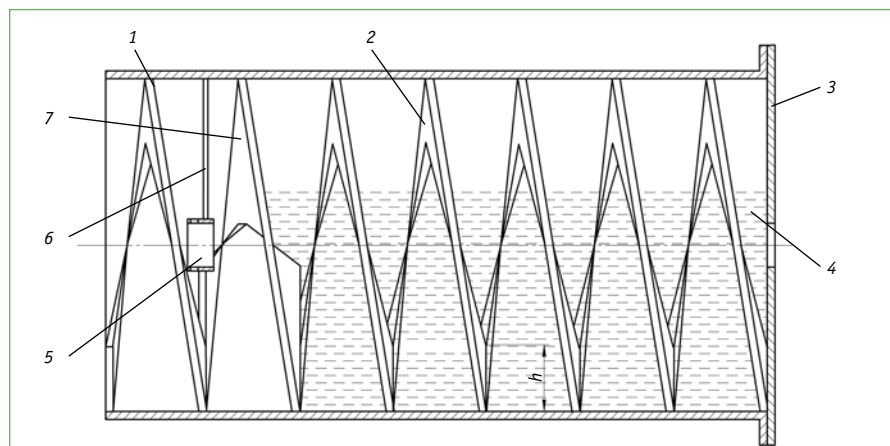


Рис. 2. Принципиально-конструктивная схема обжарочного барабана



Рис. 3. Загрузочный виток



Рис. 4. Разрез обжарочного барабана

энергоёмкость и технологические параметры солода в процессе обжарки.

Лабораторная установка работает следующим образом. Загрузка солода производится через трубопровод с заслонкой до 2/3 рабочего объема обжарочного барабана. Затем солод поступает в зону винтовых направляющих обжарочного барабана и при вращении поступает в зону обжаривания, где встречно направленными витками, выполненными на валу, происходит его активное перемешивание и перемещение вдоль оси вращения обжарочного барабана. Выгрузка солода осуществляется при вращении барабана в сторону, противоположную вращению загрузки.

**Определение оптимальных параметров производства карамельного солода.** Для образования ароматических и красящих веществ солод подвергается сушке нагретым воздухом. При этом нужно придать солоду вкус, который соответствует вкусу изготавливаемого из него пива. Вкус же сухого пивного солода обусловлен главным образом меланоидинами — окрашенными и ароматическими веществами, образующимися в результате взаимодействия сахаров и аминокислот при высоких температурах.

Ферментативный гидролиз сложных углеводов и белков протекает не только при проращивании зерна в солодовне, но и на первой стадии сушки, когда в солоде содержится еще доста-

**Результаты экспериментальных исследований.** Для проведения экспериментальных исследований разработана и изготовлена лабораторная экспериментальная установка для

приготовления карамельного солода (рис. 5). С помощью контрольно-измерительных приборов, смонтированных на экспериментальной установке, можно определять удельную

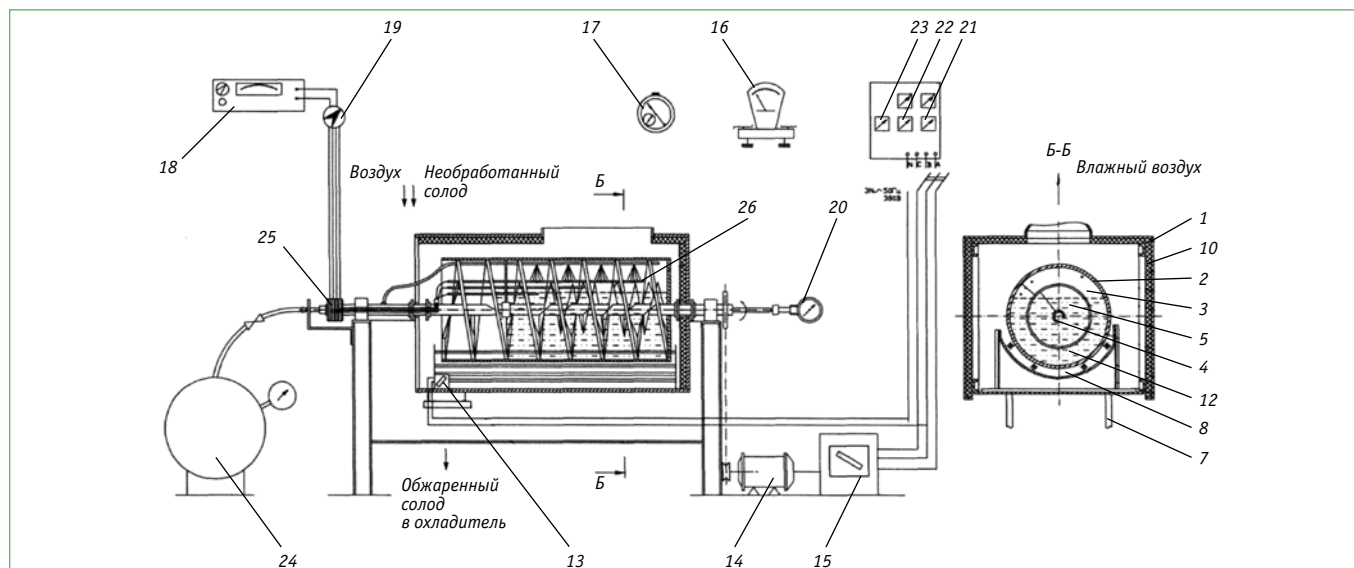


Рис. 5. Лабораторная экспериментальная установка: 1 — корпус; 2 — барабан обжарочный; 3 — винтовые направляющие, 4 — вал; 5 — витки; 6 — устройство для отбора проб; 7 — каркас; 8 — ТЭНы; 9 — цепная передача; 10 — теплоизоляция; 11 — сплошной виток; 12 — солод; 13 — однофазный переключатель; 14 — электродвигатель; 15 — латр; 16 — весы циферблатные; 17 — секундомер; 18 — милливольтметр; 19 — пакетный переключатель; 20 — тахометр; 21 — вольтметр; 22 — амперметр; 23 — ваттметр; 24 — парогенератор; 25 — блок контактов; 26 — термопара

точное количество влаги. При этом ферментативная активность проявляется значительно сильнее, чем при солодоращении, потому что здесь ферменты находятся ближе к своему температурному оптимуму, который для большинства ферментов находится между 37 и 70 °С. Поэтому при нагревании еще влажного солода образуется много продуктов ферментативного гидролиза. В зависимости от способа нагревания и максимальной температуры сушки получают различные типы солода.

Для придания пиву окраски и определенного вкуса приготавливают специальные сорта солода. К таким сортам относится карамельный солод. Он перерабатывается вместе с обычным солодом, так как не содержит ферментов (или содержит их в незначительном количестве) и поэтому при отдельном затирании не осахаривается. Карамельный солод в основном применяется для производств темного пива. Его использование придает пиву характерный карамельный аромат и привкус и одновременно темный цвет, несколько повышается кислотность и снижается степень сбраживания.

Показатели качества карамельного солода регламентируются ГОСТ 29294–92 «Солод пивоваренный ячменный».

К основным параметрам, характеризующим качество карамельного солода, относятся: органолептические показатели, влажность готового продукта, массовая доля экстракта в сухом веществе солода, количество карамельных зерен, цвет (величина Линтиера-Ли).

При выработке карамельного солода на качество готового продукта влияют температура, продолжительность обжарки и качество его перемешивания.

Один из факторов, оказывающих значительное влияние на качественные характеристики карамельного солода, — эффективность перемешивания солода в барабане. Данные, характеризующие эффективность перемешивания, в барабане предложенной конструкции представлены в табл. 1.

Как видно из данных, представленных в табл. 1, продукт достигает практически однородного перемешивания после 120 с вращения барабана, а так как тепловая обработка солода длится гораздо большее время, то считаем, что за время обжарки зерна солода равномерно перемешиваются.

Процесс обжарки солода складывается из двух этапов. Первый этап — выдерживание зерен ячменя в течении 30–45 мин и при температуре 60...75 °С. В это время происходит окончательное осахаривание солодового зерна. Признаком хорошего осахаривания служит разжиженное состояние эндосперма, который легко выжимается при раздавливании зерна. Во время второго этапа температура повышается до 170 °С. Зерно при такой температуре выдерживают до 2,0–2,5 ч в зависимости от требуемых показателей готового солода.

Один из факторов, определяющих качество получаемого карамельного солода, — частота вращения обжарочного барабана. Данные, полученные в

ходе эксперимента (продолжительность обжарки 2 ч, мощность ТЭНов 2 кВт), представлены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, наиболее оптимальная частота вращения обжарочного барабана — 40 мин<sup>-1</sup>. При ее уменьшении увеличивается количество обгоревших зерен, которые значительно ухудшают внешний вид готового солода, а повышение ведет к увеличению затрат энергии.

Необходимо было установить оптимальную продолжительность первого этапа обжарки солода. В табл. 3 приведены результаты, полученные в ходе эксперимента (на втором этапе зерна выдерживали при температуре 170 °С в течение 2 ч).

Согласно данным, представленным в табл. 3, оптимальная продолжительность первого этапа — 35 мин. При увеличении времени обжарки возрастает количество бракованных зерен.

Один из самых энергоемких процессов по приготовлению карамельного солода — обжарка зерен (второй этап). Поэтому в работе считали необходимым установить оптимальную продолжительность обжарки ячменных зерен (табл. 4).

Как видно из приведенных результатов, оптимальная продолжитель-

Таблица 1

| Время перемешивания, с | Эффективность перемешивания, % |
|------------------------|--------------------------------|
| 0                      | 0                              |
| 40                     | 56,0                           |
| 80                     | 81,7                           |
| 120                    | 93,4                           |
| 160                    | 97,6                           |

Таблица 2

| Показатель                                                   | Частота вращения барабана, мин <sup>-1</sup>                                     |                                                                             |                            |                             |                            |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                                                              | 10                                                                               | 20                                                                          | 30                         | 40                          | 50                         |
| <i>Органолептические показатели</i>                          |                                                                                  |                                                                             |                            |                             |                            |
| Внешний вид                                                  | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей |                                                                             |                            |                             |                            |
| Цвет                                                         | Бурый                                                                            | Бурый                                                                       | Буроватый                  | От бурого до светло-желтого | Светло-желтый              |
| Запах                                                        | Пригорелый                                                                       | Солодовый                                                                   | Солодовый                  | Солодовый                   | Солодовый                  |
| Вкус                                                         | Сладковатый, встречаются пригорелые зерна                                        | Сладковатый                                                                 | Сладковатый                | Сладковатый                 | Сладковатый                |
| Вид зерна на срезе                                           | Спекшаяся коричневая масса. Отдельные зерна представляют обуглившуюся массу      | Спекшаяся коричневая масса. Отдельные зерна представляют обуглившуюся массу | Спекшаяся коричневая масса | Спекшаяся коричневая масса  | Спекшаяся коричневая масса |
| <i>Физико-химические показатели</i>                          |                                                                                  |                                                                             |                            |                             |                            |
| Массовая доля влаги, %, не более                             | 6,2                                                                              | 6,1                                                                         | 6,1                        | 6,0                         | 5,9                        |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее | 74,5                                                                             | 74,8                                                                        | 74,9                       | 75,0                        | 75,3                       |
| Количество карамельных зерен, %, не менее                    | 25,0                                                                             | 35,4                                                                        | 62,1                       | 93,0                        | 94,0                       |
| Цвет (величина Линтиера-Ли), не менее                        | 24,2                                                                             | 23,1                                                                        | 22,5                       | 20,0                        | 20,0                       |

ность обжарки — 2,5 ч. 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).

Кроме продолжительности обжарки на качество готового солода влияет температурный режим производства. Данные, характеризующие влияние температуры обжарки на первом эта-

Таблица 3

| Показатель                                                   | Продолжительность обжарки, мин                                                   |                            |                            |                             |                                           |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
|                                                              | 20                                                                               | 25                         | 30                         | 35                          | 40                                        |
| <i>Органолептические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Внешний вид                                                  | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей |                            |                            |                             |                                           |
| Цвет                                                         | Светло-желтый                                                                    | Светло-желтый              | Светло-желтый              | От бурого до светло-желтого | 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                |
| <i>Физико-химические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Массовая доля влаги, %, не более                             | 6,1                                                                              | 6,0                        | 6,0                        | 6,0                         | 6,0                                       |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее | 74,5                                                                             | 74,8                       | 74,9                       | 75,0                        | 75,1                                      |
| Количество карамельных зерен, %, не менее                    | 88,0                                                                             | 89,2                       | 92,0                       | 93,0                        | 93,0                                      |
| Цвет (величина Линтиера-Ли), не менее                        | 19,5                                                                             | 19,8                       | 20,0                       | 20,0                        | 20,0                                      |

Таблица 4

| Показатель                                                   | Продолжительность обжарки, ч                                                     |                            |                            |                             |                                           |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
|                                                              | 1,0                                                                              | 1,5                        | 2,0                        | 2,5                         | 3,0                                       |
| <i>Органолептические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Внешний вид                                                  | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей |                            |                            |                             |                                           |
| Цвет                                                         | Светло-желтый                                                                    | Светло-желтый              | Светло-желтый              | От бурого до светло-желтого | 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                |
| <i>Физико-химические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Массовая доля влаги, %, не более                             | 6,05                                                                             | 6,05                       | 6,05                       | 6,0                         | 6,0                                       |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее | 74,7                                                                             | 74,9                       | 75,0                       | 75,0                        | 75,1                                      |
| Количество карамельных зерен, %, не менее                    | 88,2                                                                             | 89,1                       | 91,5                       | 93,0                        | 93,1                                      |
| Цвет (величина Линтиера-Ли), не менее                        | 19,7                                                                             | 19,9                       | 20,0                       | 20,0                        | 20,0                                      |

Таблица 5

| Показатель                                                   | Температура, °C                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
|                                                              | 55                                                                               | 60                         | 65                         | 70                          | 75                                        |
| <i>Органолептические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Внешний вид                                                  | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей |                            |                            |                             |                                           |
| Цвет                                                         | Светло-желтый                                                                    | Светло-желтый              | Светло-желтый              | От бурого до светло-желтого | 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                |
| <i>Физико-химические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Массовая доля влаги, %, не более                             | 6,2                                                                              | 6,15                       | 6,05                       | 6,0                         | 6,0                                       |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее | 74,5                                                                             | 74,8                       | 75,0                       | 75,0                        | 75,1                                      |
| Количество карамельных зерен, %, не менее                    | 85,1                                                                             | 88,4                       | 92,5                       | 93,0                        | 93,1                                      |
| Цвет (величина Линтиера-Ли), не менее                        | 18,7                                                                             | 19,4                       | 19,8                       | 20,0                        | 20,0                                      |

Таблица 6

| Показатель                                                   | Температура, °С                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
|                                                              | 130                                                                              | 140                        | 150                        | 160                         | 170                                       |
| <i>Органолептические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Внешний вид                                                  | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей |                            |                            |                             |                                           |
| Цвет                                                         | Светло-желтый                                                                    | Светло-желтый              | Светло-желтый              | От бурого до светло-желтого | 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                |
| <i>Физико-химические показатели</i>                          |                                                                                  |                            |                            |                             |                                           |
| Массовая доля влаги, %, не более                             | 6,8                                                                              | 6,5                        | 6,2                        | 6,0                         | 5,9                                       |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее | 68,5                                                                             | 71,2                       | 73,2                       | 74,9                        | 75,0                                      |
| Количество карамельных зерен, %, не менее                    | 78,1                                                                             | 81,4                       | 89,5                       | 93,0                        | 93,0                                      |
| Цвет (величина Линтиера-Ли), не менее                        | 17,5                                                                             | 18,4                       | 19,1                       | 20,0                        | 20,0                                      |

Таблица 7

| Показатель                                         | Характеристики солода                                                            | Соответствие ГОСТ 29294–92 |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <i>Органолептические показатели</i>                |                                                                                  |                            |
| Внешний вид                                        | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей | Соответствует              |
| Цвет                                               | Буроватый с глянцевым отливом                                                    | »                          |
| Запах                                              | Солодовый                                                                        | »                          |
| Вкус                                               | Сладковатый                                                                      | »                          |
| Вид зерна на срезе                                 | Спекшаяся коричневая масса                                                       | »                          |
| <i>Физико-химические показатели</i>                |                                                                                  |                            |
| Массовая доля влаги, %                             | 4,5                                                                              | »                          |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, % | 72,0                                                                             | »                          |
| Количество карамельных зерен, %                    | 90,0                                                                             | »                          |
| Цвет (величина Линтиера-Ли)                        | 22,0                                                                             | »                          |

изменяющиеся в процессе тепловой обработки и характеризующие его качество. На основании полученных экспериментальных данных установлено, что образцы солода по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству карамельного солода, а полученный на экспериментальной установке карамельный солод может быть использован для производства темных сортов пива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кретов, И. Т. Технологическое оборудование предприятий броидильной промышленности: учеб./И. Т. Кретов, С. Т. Антипов. — Воронеж: Изд-во гос. университета, 1997.
2. Антипов, С. Т. Машины и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов. Кн. 2. Т. 1/ под ред. В. А. Панфилова и В. Я. Груданова/С. Т. Антипов [и др.] — Минск: БГАТУ, 2008.
3. Тихомиров, В. Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств/В. Г. Тихомиров [и др.] — М.: Колос, 1998.
4. Патент № 8941 Республика Беларусь, МПК7, А23 N12/10/Обжарочный барабан/В. Я. Груданов, Д. Н. Иванов, А. М. Рабчинский; заявитель Могилевский государственный университет продовольствия. — Заяв. 20.10.2004, опубл. 30.06.2005 // Афіцыйны бюл./Нац. Центр інтэл. уласн. — 2005, № 3.
5. Патент № 9008 Республика Беларусь, МПК7, А23 F5/04, C12 C1/18/Обжарочный барабан/В. Я. Груданов, Д. Н. Иванов, А. М. Рабчинский; заявитель Могилевский государственный университет продовольствия. — Заяв. 02.12.2004, опубл. 30.09.2005 // Афіцыйны бюл./Нац. Центр інтэл. уласн. — 2005, № 4.

пе на качество карамельного солода, представлены в табл. 5 (продолжительность обжарки 30 мин). Параметры второго этапа: продолжительность обжарки 2,5 ч, температура 170 °С. Из данных таблиц видно, что наиболее оптимальная температура первого этапа 70 °С.

Наиболее энергоемкая фаза процесса обжарки солода — второй этап, поэтому определение оптимальной температуры обжарки во время данного этапа — крайне важная задача. В результате исследований было установлено, что оптимальная температура обжарки 160 °С (табл. 6).

Авторами статьи совместно с представителями ОАО «Холдинг» Могилевоблщепром» были проведены испытания лабораторной экспериментальной установки для приготовления карамельного солода.

Образцы солода, приготовленного на экспериментальной установке, исследовали в производственной лаборатории ОАО «Холдинг» Могилевоблщепром», при этом получены результаты, представленные в табл. 7.

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что образцы солода по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ 29294–92 «Солод пивоваренный ячменный», предъявляемым к качеству карамельного солода 2-го класса, и полученный карамельный солод может быть использован для производства темных сортов пива, а разработанная установка рекомендуется для изготовления промышленного образца и дальнейшего внедрения.

Таким образом, на основе анализа литературных данных в области конструирования аппаратов для тепловой обработки солода предложено новое направление в конструировании обжарочных барабанов. Разработана и изготовлена лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований. Исследованы основные технологические параметры солода,