

**УДК 633.43**

**Оксана Владимировна Бондарчук**

Белорусский государственный аграрный технический университет, кафедра энергетики, старший преподаватель, Республика Беларусь, г. Минск, e-mail: [guloks82@mail.ru](mailto:guloks82@mail.ru)

**Василий Антонович Пашинский**

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, доцент, кандидат технических наук, Республика Беларусь, г. Минск, e-mail: [pashynski@mail.ru](mailto:pashynski@mail.ru)

### **Электрообработка пивоваренного ячменя как способ интенсификации производства солода**

*Аннотация.* В статье приведены результаты исследований изменения показателей качества солода после электрообработки пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле промышленной частоты и высокой напряженности. Установлено, что при данном способе электроактивации происходит повышение энергии прорастания на 7...9 %, увеличение массовой доли экстракта в сухом веществе солода (экстрактивности) на 1...3 %, рост амилолитической активности на 20...40 %, снижение продолжительности осахаривания на 15...20 %, что приводит к приросту выхода пива на 3 %.

*Ключевые слова:* качество солода, экстрактивность, энергия роста, продолжительность осахаривания, пивоваренный ячмень, солод, пиво.

**Oksana Vladimirovna Bondarchuk**

Belarusian State Agrarian Technical University, Senior Lecturer of energy department, Republic of Belarus, Minsk, e-mail: [guloks82@mail.ru](mailto:guloks82@mail.ru)

**Vasily Antonovich Pashinsky**

Belarusian State University, ISEI BSU, associate professor, Candidate of technical sciences, Republic of Belarus, Minsk,

e-mail: [pashynski@mail.ru](mailto:pashynski@mail.ru)

### **Electrical treatment of malting barley as a way to intensify malt production**

*Abstract.* The article presents the results of research on changes in malt quality indicators after electrical treatment of malting barley in an alternating electric field of industrial frequency and high tension. It has been established that with this method of electroactivation, there is an increase in the germination energy by 7...9%, an increase in the mass fraction of the extract in the dry matter of malt (extractivity) by 1...3%, an increase in amylolytic activity by 20...40%, a decrease in the duration of saccharification by 15...20 %, which leads to an increase in beer yield by 3%.

*Keywords:* malt quality, extract, growth energy, duration of saccharification, malting barley, malt, beer.

Основным сырьем для производства солода является пивоваренный ячмень. От его класса и способа подготовки к солодоращению будет зависеть выход и свойства готового продукта.

Качество солода характеризуют совокупностью физико-химических и органолептических показателей [1]. Наиболее значимые – энергия прорастания пивоваренного ячменя, амилолитическая активность солода, массовая доля экстракта в сухом веществе солода, продолжительность осахаривания и другие показатели [1].

Показатели качества лежат в диапазоне: энергия прорастания 90...95 %; амилолитическая активность 300...500 ед./г; массовая доля экстракта от 76 до 83%; время осахаривания 15...20 минут [1]. Соответствие показателей качества солода данному диапазону гарантирует получение высококачественного пива.

Перечисленные характеристики показывают отсутствие единого показателя качества солода. Диапазон изменения этих параметров узок, а их влияние на конечный продукт значительно. Например,

повышение экстрактивности на один процент увеличивает выпуск пива на 50...60 литров с одной тонны солода [2].

Разработано большое количество способов обработки ячменя перед солодоращением. Наиболее эффективным, с точки зрения улучшения показателей качества солода и снижения энергоемкости процесса является электроактивация пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле [3].

В результате энергетического воздействия увеличивается ферментативная активность, которая активирует процессы прорастания и осолаживания ячменя.

Согласно технологии производства солода, началом соложения является гидролиз питательных веществ [4]. Процессы запускаются при появлении в объеме зерна свободной влаги, выделение которой приводит к образованию ферментов и разрушению крахмала. Влага растворяет в зерне определенные компоненты, создавая условия для оживания зародыша и его прорастания. Переход влаги из связанного в свободное состояние протекает наиболее интенсивно при воздействии на зерно электрическим полем низкой частоты [5].

Значимые эффекты взаимодействия ЭМП с живыми организмами были получены при весьма низкой интенсивности колебаний (50...200 Гц), что заставило предполагать их нетепловой характер (то есть в условиях повышения температуры не более чем на 1 градус) [6]. Доказано, что биоэффекты (активация ферментов, усиление обменных процессов, изменение морфологии клеток, усиление и подавление ростовой активности, изменение функциональных процессов в биосистемах) не зависят от интенсивности воздействия вплоть до тех значений удельной мощности ( $10^{-4}$  Вт/кг), при которой заметным становится тепловой эффект [6].

Способность вещества поглощать энергию зависит от величины его диэлектрической проницаемости, удельной электрической проводимости и частоты электрического поля. Напряженность электрического поля влияет на интенсивность и плотность энергии в веществе.

Зерно ячменя влажностью менее 15 % можно рассматривать как несовершенный диэлектрик, в котором практически отсутствуют свободные заряды и проводимость несущественна.

Приемниками энергии в этом случае являются полярные молекулы воды, связанные веществом зерна. Объемная электрическая энергия, поглощенная молекулами воды, Дж/м<sup>3</sup>:

$$\partial Q_v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_z \cdot E^2 \cdot \cos\varphi \cdot \partial\tau, \quad (1)$$

где  $2\pi f$  – круговая частота, рад/с;

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $\varepsilon_0 \approx 8,8542 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;

$\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость;

$E$  – напряженность электрического поля в зерне, В/м;

$\varphi$  – угол смещения между векторами  $j$  и  $E$ , град.;

$\tau$  – продолжительность действия поля на зерно, с.

Энергия (1) зависит от диэлектрической проницаемости, частоты и напряженности ЭП. Изменяя два последних фактора, можно регулировать величину объемной энергии. Ее количество должно превосходить значение, достаточное для освобождения воды и быть недостаточным для испарения свободной влаги из объема зерна.

Значение имеет не только количество свободной влаги, но и скорость ее образования. Излишне высокие дозы энергии и быстрое выделение влаги могут нарушить структуру вещества зерна и снизить его способность к прорастанию.

Исследования показали, что электрообработка пивоваренного ячменя в переменном электрическом поле промышленной частоты и высокой напряженности влияет на показатели качества солода (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительные показатели качества солода [7, 8, 9]

Образец	Показатели качества			
	экстрактивность, %	осахаривание, мин	энергия прорастания, %	амилолитическая активность, ед./г
Контроль	76,4...79,1	15...20	89...93	283...311
Электроактивированный	79,0...80,1	10...15	96...98	410...424

При данном способе электроактивации происходит повышение энергии прорастания на 7...9 % [7], увеличение амилолитической активности на 20...40 % [8], рост массовой доли экстракта в сухом веществе солода (экстрактивности) на 1...3 % [9], снижение продолжительности осахаривания на 15...20 % [10].

Наши исследования показали, что даже при незначительном увеличении экстрактивности солода, увеличивается выход горячего сула и, соответственно, товарного пива (рисунок 1) [11, 12].

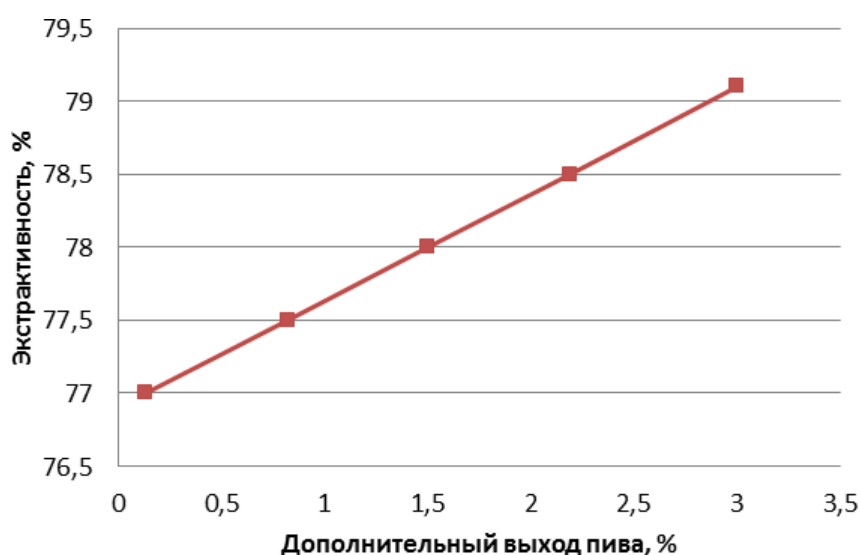


Рисунок 1 – Зависимость дополнительного выхода 12%-ого пива от изменения экстрактивности солода с 76,9 % до 79,1 %

Экономический эффект от электроактивации биологической системы ячменя состоит в увеличении выхода товарного пива.

Наряду с экономической целесообразностью предлагаемой технологии существует также вполне аргументировано экологический эффект от применения электроактивации биологической системы ячменя. Это объясняется такими преимуществами, как отсутствие ингибиторов, ускорителей роста, ферментов в производстве продукции.

#### Список литературы

1. Солод пивоваренный. Технические условия: ГОСТ 292594–2014. – Введ. 01.01.2016. – М.: Стандартинформ, 2016 – 28 с.

2. Pivo.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pivo.by/articles/reviews/heineken-belarusian-malt>. – Дата доступа: 14.08.2018.
3. Способ обработки пивоваренного ячменя в сухом виде : пат. 22032 Респ. Беларусь, МПК С12С 1/02 О.В. Бондарчук, В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь; заявитель Учреждение образования «Белорусский аграрный технический университет». – № а 20160040; заявл. 10.02.2016; опубл. 30.10.2017 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласнасці/ – 2017. – №5. – С. 21.
4. Беланов, П.Е. Технология солода: учеб.-метод. пособие / П.Е. Беланов, И.В. Смотраева. – СПб. : НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 82 с.
5. Гордеев, А.М. Электричество в жизни растений / А.М. Гордеев, В.Б. Шешнев. – М. : Наука, 1991. – 160 с.
6. Рогов, И.А. Механизм биологических эффектов крайне низких доз колебательных и волновых воздействий в области звуковых частот. Часть 1. Биологические эффекты низкоинтенсивных физических воздействий в пищевых технологиях. / И. А. Рогов, Т.Н. Данильчук //Электронная обработка материалов. – 2017. – 53 (1). – С. 63–69.
7. Пашинский, В.А. Стимулирование прорастания пивоваренного ячменя. /В.А. Пашинский, О.В. Бондарчук // Агропанорама, №6, 2008. – С. 26.
8. Пашинский, В.А. Увеличение амилалитической активности солода. /В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь, О.В. Бондарчук // Агропанорама, №2, 2009. – С. 17-21.
9. Пашинский, В.А. Влияние обработки пивоваренного ячменя переменным электрическим полем на экстрактивность солода. /В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь, О.В. Бондарчук // Агропанорама, №4, 2013. – С. 28-30.
10. Пашинский, В. А. Электрофизическая обработка пивоваренного ячменя при получении солода / В. А. Пашинский, О. В. Бондарчук // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Международной научно-практической конференции "Белагро-2019", Минск, 6-7 июня 2019 г. - Минск : БГАТУ, 2019. - С. 399-403.

11. Гургенидзе И.И. Технико-экономическое обоснование проекта внедрения установки для интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии / И.И. Гургенидзе, О.В. Бондарчук, В.А. Пашинский // Агропанорама, №6, 2018. – С. 20-24.
12. Бондарчук, О.В. Применение установки для интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии. / О.В.Бондарчук, И.И.Гургенидзе, В.А. Пашинский, // Агропанорама. – Минск, 2018. – №3. – С. 14–16.

© Бондарчук О.В., Пашинский В.А., 2022

## УДК 57.02

### **Надежда Николаевна Кузичева**

ГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия», старший преподаватель кафедры общей и частной зоотехнии, ДНР, Макеевка,

e-mail: [nadua.kuzisneva@mail.ru](mailto:nadua.kuzisneva@mail.ru)

### **К изучению морфологии лабио-максиллярного комплекса пчелы *osmia cornuta* (latreille, 1805) (hymenoptera: megachilidae)**

*Аннотация:* в статье основное внимание уделено изучению морфологических особенностей и количественных признаков лабио-максиллярного комплекса самки пчелы *Osmia cornuta* (Latreille, 1805).

*Ключевые слова:* *Osmia cornuta*, лабиомаксиллярный комплекс, язычок, ментум, прементум, хоботок, бинакулярный микроскоп, окуляр микрометр.

### **Nadezhda Nikolaevna Kuzicheva**

State Educational Institution of the «Donbass Agrarian Academy», Senior Lecturer of the Department of General and Private Animal Science, DNR, Makeyevka,

e-mail: [nadua.kuzisneva@mail.ru](mailto:nadua.kuzisneva@mail.ru)