

А.А. Шепшелев, А.В. Куликов, А.А. Литвинчук, А.С. Данилюк

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА НА ОСНОВЕ БИОСТИМУЛЯЦИИ

Аннотация. В статье указана необходимость интенсификации процесса производства солода за счет повышения энергии и способности прорастания зерна, сокращения продолжительности процесса солодоращения при сохранении высоких показателей качества солода. Обоснована актуальность применения озонных технологий для интенсификации процесса солодоращения и повышения качества солода. Описан порядок проведения экспериментальных исследований с целью установления влияния озонной обработки на стадии замачивания ячменя. Определены качественные, технологические и микробиологические показатели получаемого солода при дополнительной обработке озоном. Разработана схема подачи озono-воздушной смеси с привязкой к имеющемуся оборудованию на ОАО «Белсолод». Рассчитана возможная экономия электроэнергии с использованием озонных технологий при производстве солода.

Ключевые слова: зерно, солод, озон, технология, биостимуляция, качественные показатели, оборудование

A.A. Shepsheliev, A.V. Kulikou, A.A. Litvinchuk, A.S. Danilyuk

*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk,
Republic of Belarus*

INTENSIFICATION OF PRODUCTION OF MALT ON THE BASIS OF BIOSTIMULATION

Abstract. The article indicates the need to intensify the malt production process by increasing the energy and ability of grain to germinate, reducing the duration of the malting process while maintaining high malt quality indicators. The relevance of the use of ozone technologies to intensify the process of malting and improve the quality of malt is substantiated. The procedure for conducting experimental studies to establish the effect of ozone treatment at the stage of soaking barley is described. The qualitative, technological and microbiological indicators of the malt produced with additional ozone treatment were determined. A scheme for the supply of ozone-air mixture with reference to the existing equipment of JSC “Belsolod” was developed. Calculated energy savings using ozone technology in the production of malt.

Keywords: grain, malt, ozone, technology, biostimulation, quality indicators, equipment

Введение. Приготовление солода – сложный комплекс специфических процедур, состоящий из очистки, сортировки, замачивания и рашения зерна, сушки, а также обработки солода. Физико-химические показатели готового солода, в т.ч. и содержание в нем витаминов, аминокислот и других веществ, зависят в немалой степени от технологической схемы его производства. Несмотря на отличия в технологической схеме на каждом конкретном предприятии, существует ряд общих моментов, связанных с производством солода [1]:

- ♦ недостаточна высокая энергия и способность прорастания зерна для переработки на солод, связанная с нарушениями агротехники возделывания, особенностями климатических условий, неудовлетворительными условиями сбора и хранения урожая и т.д.;
- ♦ необходимость сокращения продолжительности процесса солодоращения, при сохранении высоких показателей качества солода (ферментативной активности);

Данные вопросы актуальны и для основного производителя пивоваренного солода в Республике Беларусь – ОАО «Белсолод», перед которым, с учётом мировых тенденций, стоит задача поиска

новых путей повышения эффективности производства солода [2–4], изготавливаемого из отечественного зернового сырья, повышения его качества и расширения экспортных возможностей.

Исходя из вышеизложенного, специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» предлагается научно-обоснованное использование озонных технологий при производстве солода, что позволит решить проблему стимуляции биохимических процессов в зерне на стадиях его замачивания и проращивания солода [5].

Актуальность использования технологий озонирования подтверждена ранее проведенными экспериментальными исследованиями по озонированию зерна ржи, по результатам которых установлено повышение энергии прорастания и всхожести зерна на 7–8 %, сокращение продолжительности ращения, улучшение качественных показателей (цвета, микробиологической обсемененности) и др.

Основная часть. С целью повышения энергии и способности прорастания зерна для переработки на солод, сокращения продолжительности процесса солодоращения, при сохранении высоких показателей качества солода, запланировано проводить обработку ячменя озono-воздушной смесью на стадии замачивания зерна. Выбор данного способа озонирования обосновывается тем, что использование озонированной воды не только положительно влияет на процессы жизнедеятельности зерна при его проращивании, способствует более быстрому замачиванию, лучшему отмыванию зерна, но и позволяет при меньших затратах обеспечить необходимый уровень охраны труда, поскольку при прохождении озono-воздушной смеси сквозь толщу воды и зерна, учитывая большое количество органических веществ и развитую поверхность контакта, будет происходить активное и практически полное разложение озона.

В связи с этим первым этапом работы являлось исследование по применению озона при замачивании ячменя в лабораторных условиях ОАО «Белсолод» с использованием разработанной экспериментальной установки (рис. 1).

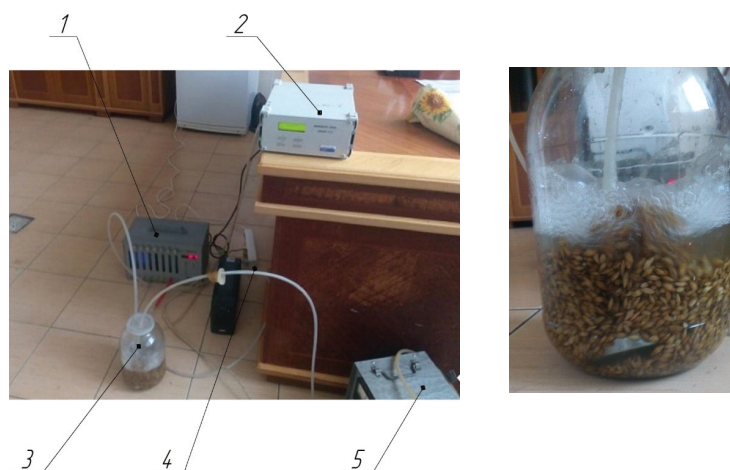


Рис. 1. Экспериментальная установка для озонирования зерна на стадии его замачивания: 1 – аспиратор; 2 – газоанализатор; 3 – ёмкость с аэратором для обработки; 4 – система трубок; 5 – озонатор

Fig. 1. Experimental installation for ozonization of grain at the stage of its soaking: 1 – aspirator; 2 – gas analyzer; 3 – tank with aerator for processing; 4 – tube system; 5 – ozonizer

При проведении исследований использовали 2 образца ячменя (№ 1 и № 2) урожая 2018 г. Образец № 1 имел следующие качественные показатели: влажность – 13,0 %, содержание белка – 12,5 %, крупность – 80,0 %, мелкое зерно – 2,0 %, зерновая примесь – 7,0 %, сорная примесь – 0,8 %, энергия/способность прорастания – 93–94 %. А образец № 2 следующие показатели: влажность – 11,9 %, содержание белка – 10,3 %, крупность – 76,0 %, мелкое зерно – 4,9 %, зерновая примесь – 4,9 %, сорная примесь – 2,0 %, энергия/способность прорастания – 96 %.

Принцип работы экспериментальной установки (рис. 1): генератор озона вырабатывал озono-воздушную смесь различной концентрации, которая при помощи аспиратора просасывалась через слой зерна с водой, при этом образовывалась значительная турбулентность и происходило качественное перемешивание водно-зерновой смеси.

Процесс озонирования зерна при замачивании проводили в следующей последовательности.

Отмеряемое количество зерна (по 1 кг) было размещено в коробах микросолодовни. Обрабатываемые и контрольные образцы были одновременно помещены в ёмкость для замачивания. Затем

поочерёдно образцы из короба помещались в ёмкость с водой для обработки озono-воздушной смесью установленных концентраций и различной продолжительности (табл. 1–2). Для обеспечения более качественного контакта зерна с озono-воздушной смесью периодически (каждые 2–3 мин) проводили перемешивание водно-зерновой смеси в ёмкости. С помощью газоанализатора определяли концентрацию озона в озono-воздушной смеси.

Далее процесс рашения солода проходил по установленным технологическим режимам на имеющейся на ОАО «Белсолод» микросолодовне.

Полученные результаты при получении солода из образца ячменя № 1 представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты при получении солода из образца ячменя № 1
Table 1. The results of obtaining malt from a sample of barley № 1

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Наклёв/развилка, %	Влажность, %
1	Без озона	91/12	43,2
2	45мин / 45мг/л	98/2	44,3
3	40мин / 45мг/л	96/6	43,9
4	35мин / 45мг/л	93/3	43,7
5	30мин / 45мг/л	94/6	44,3
6	25мин / 45мг/л	92/3	43,1
7	20мин / 45мг/л	96/9	42,9
8	45мин / 90мг/л	95/4	44,2

Полученные результаты при получении солода из образца ячменя №2 представлены в табл. 2

Таблица 2. Результаты при получении солода из образца ячменя №2
Table 2. The results of obtaining malt from a sample of barley №2

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Наклёв/развилка, %	Влажность, %
1	Без озона	97/5	35,4
2	30мин / 90мг/л	95/10	36,3
3	60мин / 90мг/л	95/6	36,8
4	60мин / 120мг/л	94/3	34

Качественные показатели солода из образца ячменя № 1 представлены в табл. 3.

Таблица 3. Качественные показатели солода из образца ячменя № 1
Table 3. Qualitative indicators of malt from barley sample № 1

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Массовая доля экстракта ВСВ/ АСВ, %	Цвет сусла, цв.ед	Кислотность, к.ед.	Фриабильность, %	Бетагл.	Осахаривание, мин	К-во зерен, % (мучнистых / стекловидных / темных)
1	Без озона	76,4/80,8	0,28	1	-	280	15	78-3-0
2	45мин / 45мг/л	76,6/80,9	0,25	1	-	344	15	77-0-0
3	40мин / 45мг/л	76,4/80,8	0,27	1	-	304	15	79-1-0
4	35мин / 45мг/л	76,3/80,6	0,25	1	-	385	15	70-3-0
5	30мин / 45мг/л	76,1/80,4	0,24	1	-	357	15	71-4-0
6	25мин / 45мг/л	76,3/80,6	0,23	1	-	419	15	73-3-0
7	20мин / 45мг/л	76,6/80,8	0,24	1	70	477	15	74-3-0
8	45мин / 90мг/л	76,6/80,9	0,25	1	72	488	15	76-2-0

Качественные показатели солода из образца ячменя № 2 представлены в табл. 4.

Исследования по влиянию озонирования на образец ячменя № 1 проводились при концентрации озона 45–90 мг/л и холодном режиме солодоращения, которые не показали значительного улучшения качественных показателей солода. В связи с чем при обработке образца ячменя № 2 было принято решение о повышении концентрации озона от 90 до 120 мг/л и осуществлении процесса солодоращения при теплом режиме, что позволило получить улучшение следующих показателей солода:

- ♦ увеличение массовой доли экстракта на 2,2 % по сравнению с контрольным не обработанным озоном образцом (с 76,7 % до 78,7 %);
- ♦ повышение фриабильности на 3–5 % (с 94 % до 97–99 %);
- ♦ уменьшение содержания бетаглюканов с 167 до 46–57 мг/л.

Таблица 4. Качественные показатели солода из образца ячменя №1

Table 4. Qualitative indicators of malt from barley sample №1

№ пробы	Продолжительность обработки / концентрация	Массовая доля экстракта, ВСВ/ АСВ,%	Цвет сусла, цв.ед.	Кислотность, к.ед.	Фриабильность, %	Бета-гл.	Осахаривание, мин	К-во зерен,% (мучнистых / стекловидных / темных)
1	Без озона	76,7 / 81,5	0,21	1	94	167	15	97-0-0
2	30 мин / 90 мг/л	78,4 / 82,2	0,25	1	98	57	15	99-0-0
3	60 мин / 90мг/л	78,4 / 82,3	0,28	1	99	49	15	99-0-0
4	60 мин / 120 мг/л	78,7/82,8	0,25	1	97	46	15	99-0-0

Также, во время озонирования в процессе замачивания наблюдалось более интенсивное «отмывание» оболочки ячменя.

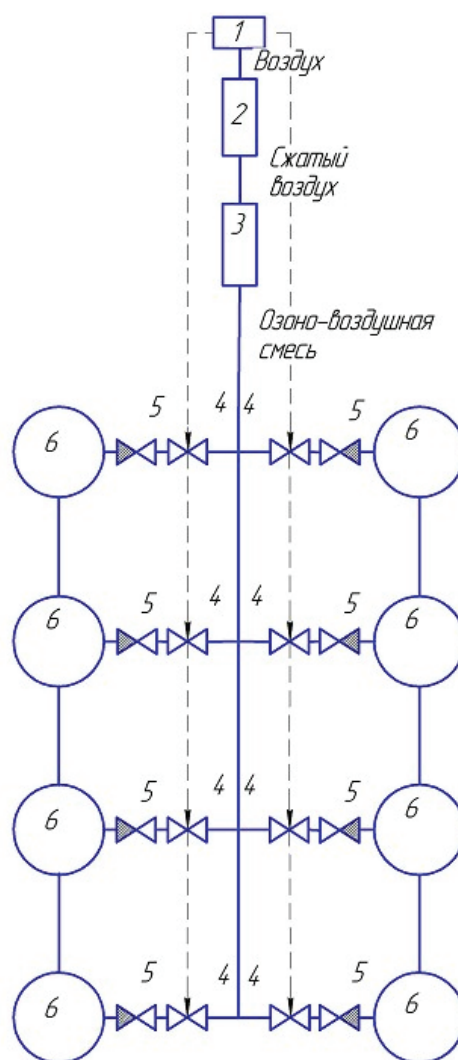


Рис. 2. Схема подачи озono-воздушной смеси к замочным чанам ОАО «Белсолод»: 1 – пульт управления; 2 – компрессор; 3 – озонатор; 4 – клапан-распределитель; 5 – обратный клапан; 6 – замочный чан

Fig. 2. Scheme of supply of ozone-air mixture to the lock vats of JSC “Belsold”: 1 – control panel; 2 – compressor; 3 – ozonizer; 4 – valve; 5 – check valve; 6 – lock vat

Вышеуказанные положительные результаты по озонированию зерна на стадиях его замачивания и проращивания солода позволили судить о целесообразности разработки и внедрении в производственный процесс ОАО «Белсолод» технологии и необходимого промышленного оборудования для биостимуляции (системы генерации и распределения озono-воздушной смеси), которое позволит осуществлять подачу озono-воздушной смеси в процессе мойки под давлением к восьми замочным чанам, оснащённым аэрлифтами. Предлагаемая схема подачи озono-воздушной смеси с привязкой к имеющемуся оборудованию (замочным чанам) ОАО «Белсолод» представлена на рис. 2.

Результаты проведенных расчетов и анализ работы имеющегося оборудования ОАО «Белсолод» показали, что за счет биостимуляции озонem процесс производства солода можно сократить со 120 ч (5 сут. при существующей технологии) до 112 ч (на 7 %). Учитывая, что в процессе проращивания солода на грядках осуществляется постоянная его продувка вентиляторами и, принимая во внимание мощность установленных вентиляторов на каждой грядке 110 кВт (2*55 кВт), количество грядок (8), среднее количество циклов на одной грядке (65 циклов в год) и стоимость электроэнергии (0,2288 руб./кВт·ч), можно рассчитать годовую экономию электроэнергии (без учета экономии воды):

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (110 \times 8 \times (120 - 112) \times 65) \times 0,2288 = 104\,699 \text{ руб./год.}$$

Таким образом, использование озона в процессе солодоращения – это перспективное направление, требующее дальнейшего изучения и последующего использования в производственных условиях, т.к. на данный момент установлено положительное влияние озона на способность прорастания зерна, повышение экстрактивности, уменьшение содержания бетаглюканов. Помимо этого, преимущество внедрения новых озонных технологий заключается в том, что увеличение производительности солодовни происходит не за счёт наращивания производственных мощностей, что требует немало материальных затрат, а за счёт интенсификации технологии на имеющемся на предприятии оборудовании.

Список использованных источников

1. Нарцисс, Л. Технология солодоращения. Пивоварение / Л. Нарцисс; пер. нем. 7-е изд. – СПб.: Профессия, 2007. – Т. 1. – 548 с.
2. Киселева, Т.Ф. Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса органических кислот / Т.Ф. Киселева, Ю.Ю. Миллер, Ю.В. Гребенникова, Е.И. Стабровская // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т.40. – № 1. – С. 11–15.
3. Миракова, И.С. Повышение ферментативной активности светлого ячменного солода путем использования в технологии солодоращения некогерентного красного света / И.С. Миракова, О.В. Савина, С.А. Руделев // Естественные и технические науки. – 2012. – № 2. – С. 16–21.
4. Мякина, И.А. Активация процесса солодоращения гуминовыми кислотами сапропеля / И. А. Мякина [и др.] // Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов питания: материалы докл. регион. науч.-практ. конф., Иркутск, 17-19 октября, 2006 г. / Иркутский гос. техн. ун-т; редкол. Евстафьев С. Н. [и др.]. – Иркутск, 2006. – С. 12–16.
5. Меледина, Т.В. Биохимические процессы при производстве солода: учеб. пособие / Т.В. Меледина, И.П. Прохорчик, Л.И. Кузнецова. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013 – 89 с.

References

1. Nartsiss L. Tekhnologiya solodorashcheniya. Pivovareniye [Technology malting. Brewing]. – SPb, Profession, 2007, V.1, 548 p. (in Russian).
2. Kiseleva T.F., Miller Yu.Yu., Grebennikova Yu.V., Stabrovskaya Ye.I. Vozmozhnost' intensifikatsii solodorashcheniya posredstvom ispol'zovaniya kompleksa organicheskikh kislot [The possibility of intensification of malting by using the complex of organic acids]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Technique and technology of food production, 2017, V.40, no.1, pp. 11–15 (in Russian).
3. Mirakova I.S., Savina O.V., Rudelev S.A. Povysheniye fermentativnoy aktivnosti svetlogo yachmennogo soloda putem ispol'zovaniya v tekhnologii solodorashcheniya nekogerentnogo krasnogo sveta [Enhancing the enzymatic activity of light barley malt through the use of non-coherent red light in the technology of malting]. Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki = Natural and technical sciences, 2012, no.2, pp. 16–21 (in Russian).

4. Myakina I.A. Aktivatsiya protsessa solodorashcheniya guminovymi kislotami sapropelya [*Activation of the malting process with humic acids of sapropel*]. Pishchevye tekhnologii, kachestvo i bezopasnost' produktov pitaniya: materialy dokl. region. nauch.-prakt. konf. [*Food technology, quality and food safety: materials of the report. region. scientific-practical conf.*]. Irkutskiy gos. tekhn. un-t [*Irkutsk State. tech. un-t*]. – Irkutsk, 2006, pp. 12–16 (in Russian).
5. Meledina T.V., Prokhorchik I.P., Kuznetsova L.I. Biokhimicheskiye protsessy pri proizvodstve soloda: ucheb. posobiye [*Biochemical processes in the production of malt: studies. manual*]. – SPb, ITU ITMO; IHiBT, 2013, 89 p. (in Russian).

Информация об авторах

Шеншелев Александр Анатольевич – кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Куликов Алексей Валентинович – кандидат технических наук, и.о. начальника отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ont_i_t@mail.ru

Литвинчук Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com

Данилюк Александр Сергеевич – младший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com

Information about authors

Shepshelev Alexander A. – PhD in technical Sciences, Deputy Director General for scientific work of RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Kulikov Alexey V. – candidate of technical sciences, acting Head of the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ont_i_t@mail.ru

Litvinchuk Aleksandr A. – candidate of technical sciences, senior researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). Email: newteh@belproduct.com

Danilyuk Alexander S. – Junior Researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com