

5. Эфендиев, О. Ф. Электроочистка жидкости в пищевой промышленности [Текст] / О. Ф. Эфендиев. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 149 с.
6. Назаренко, І. П. Теоретичні дослідження взаємодії електричного поля з діелектричними суспензіями в багатоелектродних системах [Текст] / І. П. Назаренко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання. – 2012. – Вип. 12, Т. 1. – С. 35–45.
7. Пат. 94810 Україна, МПК В 01D35/6. Спосіб електричної очистки діелектричних рідин [Текст] / І. П. Назаренко, В. А. Дідур (Україна). – № а 200911592; заявл. 13.11.2009; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.
8. Назаренко, І. П. Визначення електрофізичних властивостей діелектричних суспензій [Текст] / І. П. Назаренко, М. О. Рубцов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наук. фах. видання. – 2011. – Вип. 11, Т. 3. – С. 167–175.
9. ДСТУ 5063:2008. Олії. Методи визначання нежирових домішок і відстою [Текст] / Увед. 01.04.2009. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 11 с.
10. ГОСТ 7824-80. Масла растительные. Методы определения фосфорсодержащих веществ [Текст] / Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 7 с.

Досліджено можливість використання активованої електрохімічним способом води у технологічному процесі виробництва етанолу зі спельти та її вплив на показники сусла і бражки. Встановлено, що приготування замісу на основі активованої води дозволяє підвищити вміст сухих речовин у суслі, спирту у бражці і, відповідно, вихід спирту з тонни умовного крохмалю відносно контролю

Ключові слова: електрохімічно активована вода, католіт, аноліт, спельта, сусло, бродіння, бражка, спирт

Исследована возможность использования активированной электрохимическим способом воды в технологическом процессе производства этанола из спельты и ее влияние на показатели сусла и бражки. Установлено, что приготовление замеса на основе активированной воды позволяет повысить содержание сухих веществ в сусле, спирта в бражке и, соответственно, выход спирта из тонны условного крахмала относительно контроля

Ключевые слова: электрохимически активированная вода, католит, анолит, спельты, сусло, брожение, бражка, спирт

УДК 663.53.531:546.212

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.27593

ЗБРОДЖУВАННЯ ЗЕРНОВОГО СУСЛА, ОДЕРЖАНОГО НА ОСНОВІ АКТИВОВАНОЇ ВОДИ

Н. О. Паньків
Аспірант*

E-mail: n.pankiv@i.ua

Л. Я. Паляниця

Кандидат хімічних наук, доцент*

E-mail: liubapal@ukr.net

Р. Б. Косів

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: r.kosiv@online.ua

Н. І. Березовська

Кандидат хімічних наук, доцент*

E-mail: NBeresovska@gmail.com

*Кафедра технології органічних продуктів
Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

Основним завданням спиртового виробництва є розроблення і впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій, які зможуть забезпечити більш глибоке і комплексне перероблення сировини [1]. Такі технології слід застосовувати на кожному етапі виробництва – при підготовці сировини, гідроферментативному обробленні зерна, збродженні сусла та подальшій ректифікації бражки.

Мінімізація виробничих втрат є основним напрямком роботи ресурсозбереження. Удосконалення технологічних операцій з метою максимального скорочення втрат сировини, а саме невикористаних зброджуваних

вуглеводів, напівпродуктів та продуктів на всіх етапах виробництва є ефективним заходом збереження ресурсів [1].

Тому розроблення ефективних способів глибшої біоконверсії крохмалевмісної сировини є актуальним завданням у напрямку ресурсозберігаючих технологій виробництва спирту.

2. Літературний огляд та постановка проблеми

У спиртовому виробництві для підвищення його ефективності використовують різні раси дріжджів, які характеризуються високою продуктивністю, різною стійкістю до тих чи інших умов [2].

У роботі [3] розглянуто виробництво етанолу з суміші попередньо обробленої парою пшеничної соломи та попередньо оцукреного борошна грубого помелу з одночасним оцукрюванням та зброджуванням. Встановлено, що як і концентрація етанолу, так і вихід етанолу зростає із збільшенням кількості попередньо оцукреного пшеничного борошна в суміші з попередньо обробленою соломною пшениці. Також отримано максимальний вихід етанолу (99 % від теоретичного виходу, на основі наявних C_6 цукрів) з суміші попередньо обробленої парою пшеничної соломи та попередньо оцукреного пшеничного борошна, що містили 2,5 % твердих нерозчинних у воді речовин.

Важливим завданням є урізноманітнення сировинної бази. Так, на сьогодні одним з альтернативних видів сировини для одержання етанолу є спельта [4], яка володіє поживною цінністю та стійкістю до несприятливих кліматичних умов [5], тому все частіше використовується для одержання харчових продуктів.

Вода є середовищем, де відбуваються різноманітні біохімічні процеси. Вона здатна змінювати свої властивості під впливом різних фізичних чи хімічних чинників. Останнім часом особливе місце серед таких чинників займає електрохімічна активація води та водних розчинів [6].

Продуктами електрохімічної активації води є катодит з лужною реакцією та аноліт – з кислотою. Значення рН катодіту та аноліту змінюються в залежності від мінерального складу вихідної води та величини електричного струму, що проходить через електроди: чим ці значення є вищими, тим більшою буде концентрація кислот в аноліті та лугів в катодіті [7].

Електроактивовані розчини можна з успіхом використовувати в харчовій промисловості та біотехнології для створення кислих і лужних умов для різних каталітичних процесів. Найбільш перспективним застосуванням технології електрохімічної активації водних розчинів є безреагентний хімічний каталіз і безпека харчових продуктів [8, 9].

Відомо, що електроактивовані водні розчини можна використовувати як стимулятори росту при пророщуванні зерен ячменю [10] та пшениці [11].

Електрохімічно активовану воду застосовують у виробництві напоїв бродіння, зокрема таких як пиво та квасу, а також функціональних напоїв [12]. При отриманні напоїв, приготованих на основі електрохімічно активованої води з концентрату квасного та пивного суслу, підвищується інтенсивність бродіння та кількість дріжджових клітин, за рахунок покращення їхньої життєдіяльності та фізіологічного стану. Затирання ячмінного солоду з активованою водою дозволяє прискорити процес оцукрювання і фільтрування суслу та збільшити вихід [12], що розчини антиоксидантів, приготовані на обробленій воді, проявляють більшу стійкість у порівнянні з розчинами, де як розчинник використовували дистильовану воду.

У даній роботі, враховуючи властивості електрохімічно активованої води, запропоновано використання катодіту та аноліту на стадії гідроферментативного оброблення спельти у технології спирту з крохмалевмісної сировини для ефективного використання зерна спельти.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є дослідження процесу зброджування суслу, яке одержували на основі спельти та електрохімічно активованої води.

Для досягнення мети поставлено такі задачі досліджень:

- проведення гідроферментативного оброблення замісу зі спельти, приготованого з використанням різних зразків води, та дослідження їх впливу на основні показники суслу;
- зброджування одержаних сусел та аналіз бражок з визначенням основних хіміко-технологічних показників;
- проведення розрахунків виходу спирту з тонни умовного крохмалю.

4. Результати аналізів сусел та бражок, приготованих на основі електрохімічно активованої води, та їх обговорення

Для приготування суслу та бражки з зернової сировини використовували спельту (*Triticum spelta*) з такими показниками: вологість 6–8 %, крохмалистість 36,6–40,8 %, крупність помелу – прохідність 81–90 % крізь сито з діаметром отворів 1 мм. При гідроферментативному обробленні замісу джерелом α -амілази слугували ферментні препарати Amylex 3T, глюкоамілази – Diazyme SSF, для гідролізу некрохмальних полісахаридів використовували ФП целюлолітичної дії – Laminex BG2.

Заміси зі спельти готували на основі електрохімічно активованої води – катодіту та аноліту зі значеннями рН 10,7–11,1 та 2,1–2,8 відповідно, у співвідношеннях спельта:вода – як 1:3 та 1:2,2. Для контрольного зразка використовували водопровідну воду з рН 7,4–7,8.

Розріджування проводили при температурі 86–89 °С впродовж 2,5 год., оцукрювання – при 55–60 °С впродовж 30 хв. Як збудники спиртового бродіння використовували сухі спиртові дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae*. Зброджування суслу проводили при температурі 33 °С методом «бродильної проби». Динаміку бродіння визначали за кількістю виділеного CO_2 .

Аналіз суслу та бражки проводили, визначаючи їх основні показники. Видимий вміст сухих речовин у суслі та бражці визначали рефрактометрично, істинний вміст сухих речовин та вміст спирту – після дистиляції пікнометрично, титровану кислотність – титруванням, активну кислотність та ОПВ – потенціометрично за допомогою рН метра рН-301. Динамічну в'язкість суслу – віскозиметром ВПЖ-4. Визначення загального вмісту зброджуваних вуглеводів, спирторозчинних та водорозчинних вуглеводів бражки проводили фотоелектроколориметрично антроновим методом.

Аналіз суслу.

У результаті проведених експериментальних робіт встановлено, що при зменшенні гідромодуля від 1:3 до 1:2,2 динамічна в'язкість суслу зростає у 1,8 разів (табл. 1), проте залишається у межах норми, що є важливим для технології переробки зерна при підвищених концентраціях [1]. При однаковому гідромодулі динамічна в'язкість сусел, одержаних на основі катодіту та аноліту була нижчою у порівнянні з контролем (табл. 1).

Таблиця 1

Показники сусла, приготованого на основі різних зразків води

Вода для приготування замісу	Гідромодуль	Динамічна в'язкість, Па·с	Видимий вміст сухих речовин, %	pH	Титрована кислотність, °К
Контроль (водопровідна)	1:3	0,0182	14,0	5,9	0,37
Католіт	1:3	0,0175	14,5	5,9	0,42
Аноліт	1:3	0,0167	14,6	5,7	0,44
Контроль (водопровідна)	1:2,2	0,0328	18,8	5,8	0,60
Католіт	1:2,2	0,0316	19,4	5,8	0,62
Аноліт	1:2,2	0,0305	19,2	5,7	0,62

Вміст сухих речовин у суслах (табл. 1), приготованих на католіті та аноліті при обох гідромодулях був вищим, ніж у контрольному зразку. Так, при використанні електрохімічно активованої води концентрація сухих речовин при гідромодулі 1:3 збільшилась на 3,5–4,3 % і при гідромодулі 1:2,2 на 2,1–3,2 % у порівнянні з контролем.

Варто зазначити, що зі зменшенням гідромодуля титрована кислотність підвищувалася, а начення pH залишалися майже однаковим (табл. 1).

Таким чином, можна зробити висновок, що використання електрохімічно активованої води у процесах приготування сусла зі спельти є доцільним, оскільки це забезпечує хороші реологічні показники сусел.

Аналіз бражки.

Для підтвердження цього висновку надалі сусло зброджували методом «бродильної проби» у присутності сухих спиртових дріжджів та визначали масу виділеного CO₂ ваговим методом.

При гідромодулі 1:3 маса виділеного CO₂ у зразках з католітом та анолітом незначно відрізнялася від контролю, проте була дещо вищою (рис. 1). При гідромодулі 1:2,2 (рис. 1) маса виділеного CO₂ у зразках з католітом та анолітом була більшою у порівнянні з контролем на 12,0 % та 9,8 % відповідно.

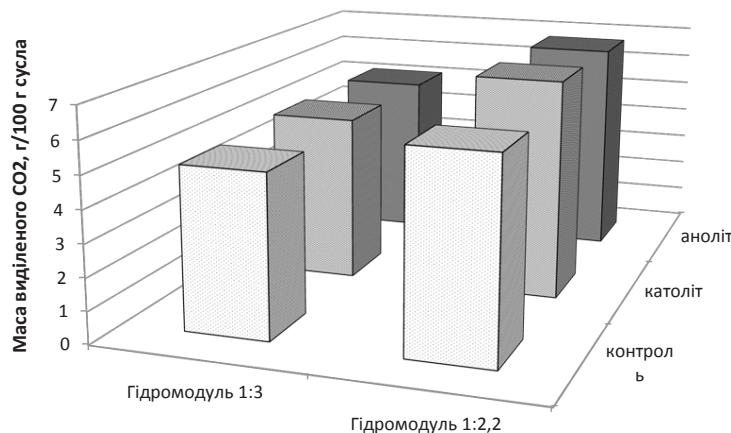


Рис. 1. Гістограма маси виділеного CO₂ при зброджуванні сусел зі спельти з різним гідромодулем

Концентрація етанолу в бражках, де використовували активовану воду, при гідромодулі 1:3 була вищою у порівнянні з контролем на 3,7 % (табл. 2.), а при гідромодулі 1:2,2 вміст спирту у бражках з католітом та анолітом був вищим у порівнянні з контролем на 11,4 % та 9,1 % відповідно.

При обох значеннях гідромодуля при використанні електрохімічно активованої води для приготування замісу зменшується вміст неброджених цукрів у порівнянні з контролем (табл. 2).

Таблиця 2

Хіміко-технологічні показники бражок

Показники бражок	Характеристика зразка					
	Контроль	Католіт	Аноліт	Контроль	Католіт	Аноліт
	Гідромодуль 1:3			Гідромодуль 1:2,2		
Видимий вміст сухих речовин, %	4,7	5,0	4,8	6,4	6,4	6,4
Вміст спирту, % об.	6,00	6,22	6,22	6,92	7,71	7,55
Вміст цукрів, г/100 см ³ :						
Загальні	0,25	0,23	0,24	0,43	0,39	0,41
Водорозчинні	0,22	0,22	0,23	0,40	0,37	0,39
Спирторозчинні	0,19	0,18	0,17	0,25	0,22	0,23
Декстрини	0,03	0,04	0,06	0,14	0,14	0,14
Нерозчинений крохмаль	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01
pH	5,1	5,1	5,0	5,2	4,2	4,1
Титрована кислотність, °К	0,6	0,5	0,5	0,6	0,9	1,1

У результаті проведених досліджень за одержаними показниками бражок розраховано вихід спирту (в дал на тону умовного крохмалю) та побудовано гістограму, яка відображає залежність цього показника від природи використовуваної води для приготування замісу.

Як видно з гістограми (рис. 2), при гідромодулі 1:3 вихід спирту у зразках з католітом та анолітом більший на 3,7 % у порівнянні з контрольним зразком.

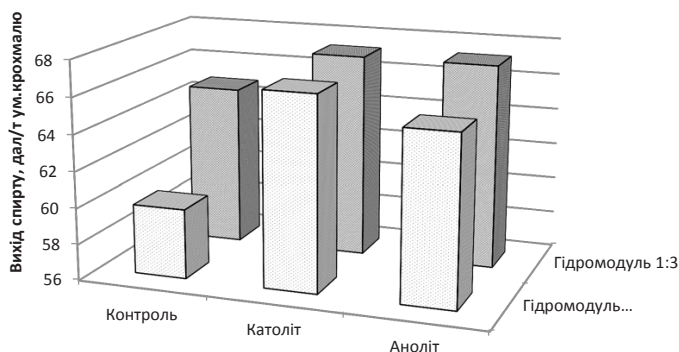


Рис. 2. Гістограма виходу спирту зі спельти

Вихід спирту при співвідношенні спельта:вода як 1:2,2 у зразках з католітом та анолітом більший на 11,43 % та 9,11 %, відповідно, відносно контролю (рис. 2).

5. Висновки

У даній роботі досліджено процес зброджування сусла, яке одержували на основі спельти та електрохімічно активованої води, а саме католіту та аноліту. Для цього проведено гідроферментативне оброблення замісів зі спельти, приготованих з використанням різних зразків води, та досліджено їх вплив на основні показники сусел; проведено зброджування одержаних сусел та здійснено аналіз бражок.

У результаті проведених досліджень доведено доцільність приготування замісу зі спельти на основі електрохімічно активованої води, оскільки за рахунок використання католіту та аноліту можна підвищити вміст сухих речовин на 2,1–4,3 % у суслі, а також збільшити вміст спирту у бражках на 3,7–11,4 % та, відповідно, вихід спирту.

Також варто використовувати електрохімічно активовану воду для приготування сусел з підвищеними концентраціями, оскільки це забезпечує нормативний вихід спирту, як і при гідромодулі 1:3.

Література

1. Шиян, П. Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика [Текст]: моногр. / П. Л. Шиян, В. В. Сосницький, С. Т. Олійнічук. – К. : Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.
2. Римарева, Л. В. Повышение эффективности спиртового производства с использованием термотолерантных и осмофильных рас дрожжей [Текст] / Л. В. Римарева, М. Б. Оверченко, Н. И. Игнатова, Е. В. Останина,

- Н. С. Погоржельская // Теоретические и практические аспекты развития спиртовой, ликероводочной, ферментной, дрожжевой и укусной отраслей промышленности: сборник научных трудов, М. : ВНИИПБТ, 2006. – С. 39–43.
3. Erdei, B. Ethanol production from mixtures of wheat straw and wheat meal [Text] / B. Erdei, Z. Barta, B. Sipos, K. Reczey, M. Galbe, G. Zacchi // *Biotechnol Biofuels.* – 2010. – Vol. 3. – P. 16. doi: 10.1186/1754-6834-3-16
4. Паляниця, Л. Я. Гідроферментативне оброблення спельти [Текст] / Л. Я. Паляниця, Н. І. Березовська, Р. Б. Косів, О. В. Швабюк, Н. О. Паньків // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Хімія, технологія речовин та їх застосування.* – 2013. – № 761. – С. 104–107.
5. Lacko-Bartosova, M. Triticum spelta - a specialty grain for ecological farming systems [Text] / M. Lacko-Bartosova, J. Korczyk-Szabo, R. Razny // *Research Journal of Agricultural Science.* – 2010. – Vol. 42, Issue 1. – P. 143–147.
6. Al-Haq, M. I. Applications of Electrolyzed Water in Agriculture & Food Industries [Text] / M. I. Al-Haq, J. Sugiyama, S. Isobe // *Food Sci. Technol. Res.* – 2005. – Vol. 11, Issue 2. – P. 135–150. doi: 10.3136/fstr.11.135
7. Прилуцкий, В. И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия [Текст] / В. И. Прилуцкий, В. М. Бахир. – М. : ВНИИИИМТ, 1997. – 244 с.
8. Aider, M. Electro-activated aqueous solutions: Theory and application in the food industry and biotechnology [Text] / M. Aider, E. Gnatko, M. Benali, G. Plutakhin, A. Kastyuchik // *Innovative Food Science & Emerging Technologies.* – 2012. – V. 15. – P. 38–49. doi: 10.1016/j.ifset.2012.02.002
9. Hung, Y.-R. Application of electrolyzed water in the food industry [Text] / Y.-R. Hung, Y.-C. Hung, S.-Y. Hsu, Y.-W. Huang, D.-F. Hwang // *Food Control.* – 2008. – Vol. 19, Issue 4. – P. 329–345. doi: 10.1016/j.foodcont.2007.08.012
10. Плутахин, Г. А. Влияние способа активации водных растворов и концентрации в них кислорода на скорость прорастания ячменя [Текст] / Г. А. Плутахин, К. П. Федоренко, Я. Д. Молчанов // *Научный журнал КубГАУ.* – 2014. – № 06(100). – С. 760–771.
11. Федоренко, К. П. Оценка качества пшеничного солода, выращенного с использованием электроактивированных водных растворов [Текст] / К. П. Федоренко, Г. А. Плутахин, Н. В. Беседина, Е. С. Яворская // *Научный журнал КубГАУ.* – 2014. – № 06(100). – С. 1494–1505.
12. Козлов, И. В. Разработка способа применения электрохимически активированной воды в технологии пива и безалкогольных напитков [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.07 / И. В. Козлов. – Биотехнология пищевых продуктов (пивобезалкогольная, спиртовая и винодельческая промышленности) / Козлов Игорь Владимирович; МГУПП. – М., 2009. – 25 с.