

Л. Я. Паляниця, Н. І. Березовська, Р. Б. Косів, Т. В. Харандюк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра технології органічних продуктів
liubapal@ukr/net

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ НА БРОДИЛЬНУ АКТИВНІСТЬ ДРІЖДЖІВ

© Паляниця Л. Я., Березовська Н. І., Косів Р. Б., Харандюк Т. В., 2017

Досліджено стимулювальну дію електрохімічно активованої води, зокрема, католіту, аноліту, суміші католіту та аноліту у співвідношенні 1:1 на бродильну активність спиртових дріжджів. Встановлено, що оброблення спиртових дріжджів DeltafermAL-18 електрохімічно активованою водою стимулює їх бродильну активність щодо контролю, що зумовлює збільшення вмісту спирту на 6 %, зменшення концентрації незброджених цукрів на 4,6–10,2 % і нерозчиненого крохмалю у бражці та скорочення тривалості стадії бродіння до 8 год. Показано, що найбільша кількість дріжджових клітин у бражці спостерігається під час використання засівних дріжджів, витриманих у католіті.

Ключові слова: електрохімічно активована вода, католіт, аноліт, дріжджі, бродильна активність.

L. Palianytsia, N. Berezovska, R. Kosiv, T. Kharandiuk

THE INFLUENCE OF ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER ON ALCOHOL YEAST ACTIVITY

© Palianytsia L., Berezovska N., Kosiv R., Kharandiuk T., 2017

The influence of electrochemically activated water, in particular catholyte, anolyte, catholyte/anolyte mixture (1:1), on alcohol yeast activity is investigated. The alcohol yeast DeltafermAL-18 treatment with electrochemically activated water stimulates their fermentative activity, which leads to the increase in alcohol concentration on 6 %, the decrease in concentration of non-fermented sugars on 4,6-10,2 % and insoluble in mash starch and reduction of the fermentation time on 8 hours. It is shown that the largest concentration of yeast cells in mash starch observed when using treatment by catholyte seeding yeast.

Key words: electrochemically activated water, catholyte, anolyte, alcohol yeast, fermentative activity.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями. Зброджування сула – важливий етап у технології етилового спирту, оскільки саме на цій стадії дріжджові клітини виду *Saccharomyces cerevisiae* завдяки своєму зимазно-мальтазному ферментативному комплексу перетворюють вуглеводи (глюкозу та мальтозу) до кінцевих продуктів – етилового спирту та вуглекислого газу. Збільшення виходу етанолу можна досягти за рахунок підвищення бродильної активності промислових штамів дріжджів. У попередніх дослідженнях було встановлено, що електрохімічно активована вода (ЕХАВ) має позитивний вплив на біосинтетичну здатність дріжджів роду *Saccharomyces* [1, 2]. Тому актуальним є дослідження впливу ЕХАВ на бродильну активність спиртових дріжджів з метою збільшення виходу етилового спирту та скорочення тривалості процесу зброджування сула.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Електрохімічна активація води привертає увагу дослідників і розширює діапазон використання у різних галузях промисловості. Це зумовлено тим, що цей спосіб активації дає можливість економити кошти на дорогі реагенти та одержувати воду, безпечну для навколишнього середовища і людини, з новими властивостями, які можна застосовувати у біологічних системах. Біологічну активність ЕХАВ пояснюють утворенням у розчинах нестійких метастабільних високоактивних іонів різного ступеня окиснення, молекул і вільних радикалів, що не змінює основних параметрів розчину, але може істотно впливати на властивості розчинених іонів та молекул [3].

Електрохімічно активовані водні розчини можуть бути ефективно використані у цукровому виробництві [4]. Миття буряків у суміші води та аноліту зменшує втрати сахарози під час зберігання коренеплодів упродовж 90 діб, а також покращує якість дифузійного соку. При цьому знезаражувальний ефект для мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів становить 94,32 %, а для пліснявих грибів і дріжджів – 96,18 %, що не потребує використання хімічних дезінфектантів [4].

Результати, одержані у [5], показують, що під час замочування зерна ЕХА-розчинами, у процесі вирощування солоду спостерігається зменшення мікрофлори зерна без застосування спеціальних речовин; скорочення тривалості замочування на 12–24 год; збільшення енергії проростання зерна; пришвидшення процесів екстракції та ферментації у 1,5–2 рази. У результаті цього якість вихідного продукту істотно покращується.

Електрохімічно активована вода проявляє антисептичні властивості щодо мікрофлори рису та сприяє нагромадженню γ -аміномасляної кислоти під час його росту, про що свідчать результати [6].

У [7] використовують електрохімічно активовану воду у виробництві вина із хурми. Настоювання вихідної сировини на аноліті перед бродінням сприяє формуванню доброго смаку та аромату вина за рахунок збільшення вмісту амінокислот серед екстрактивних речовин суслу і подальшого нагромадження естерів під час його зброджування.

Вплив електрохімічно активованої води найчастіше розглядають з погляду її бактерицидної дії. Тому в багатьох працях встановлено саме цей ефект впливу ЕХАВ на мікроорганізми. Проте дія електрохімічно активованої води, зокрема на дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, не має однозначного підтвердження та пояснення, оскільки напрям і швидкість метаболічних процесів залежить від змін функціональної активності мембрани. Окисники, які утворюються в аноліті, руйнують мембрани клітин, що призводить до загибелі мікроорганізмів.

Питома швидкість розмноження дріжджів у мелясному суслі, одержаному на основі аноліту та католіту, зростає у 1,5 рази, а технологічні показники дріжджогенерування та зброджування є кращими порівняно з контролем, що підтверджує ефективність її використання для біоконверсії меляси [8].

Під час отримання пива із концентрату з використанням ЕХАВ і дріжджів верхового бродіння спостерігається інтенсифікація приросту біомаси дріжджів у 2 рази, вміст клітин з глікогеном збільшується у 3 рази, тривалість бродіння зменшується на 12 год. При цьому виявлено покращення фізіологічного стану дріжджів після закінчення бродіння, що дає змогу повторно їх використовувати у пивоварінні [9].

Отже, аналіз останніх досліджень і публікацій підтверджує ефективність використання ЕХАВ води у різних галузях харчової промисловості [10] і потребує проведення ґрунтовних досліджень щодо дії на мікроорганізми.

Мета роботи – дослідити вплив електрохімічно активованої води на бродильну активність спиртових дріжджів DeltafermAL-18.

Виклад основного матеріалу та обговорення результатів. Електрохімічно активовану воду отримували з водопровідної у приладі “Ековод-3К”. Сусло готували з пшеничного помелу (прохідність 98 % крізь сито діаметром 1 мм) та води у співвідношенні 1:2,5, використовуючи ферментні препарати: Амілекс 3Т (джерело α -амілази) та Діазим ССФ (джерело глюкоамілази). Об’єктом дослідження були сухі спиртові дріжджі Deltaferm AL-18 (виробник – компанія

“ADDFOODServiceGmbH”, Німеччина). Витриманими в ЕХА-воді та контрольними зразками засівних дріжджів пшеничне сушло зброджували у конічних колбах із затворами, наповненими розчином сульфатної кислоти, за температури +33 °С протягом 72 год. Динаміку бродіння контролювали ваговим методом за масою виділеного CO₂. У зрілій бражці визначали вміст етилового спирту, незброджених цукрів, нерозчиненого крохмалюза загальноприйнятими у спиртовій галузі методиками, кількість клітин дріжджів – за допомогою камери Горяєва [11].

Сухі спиртові дріжджі DeltafermAL-18 стимулювали обробленням електроактивованою водою: католітом (рН 10,5-11,3), анолітом (рН 2.7-3,5), сумішшю католіту та аноліту у співвідношенні 1:1 (рН 6,0-7,6), з метою одержання активної засівної культури для збродження пшеничного сушла. Контролем були зразки дріжджів, витриманих у стерильній водопровідній воді.

Результати досліджень динаміки бродіння пшеничного сушла свідчать про те, що найбільша маса виділеного вуглекислого газу спостерігалася у бражці, одержаній з використанням засівних дріжджів, витриманих у католіті (рис. 1).

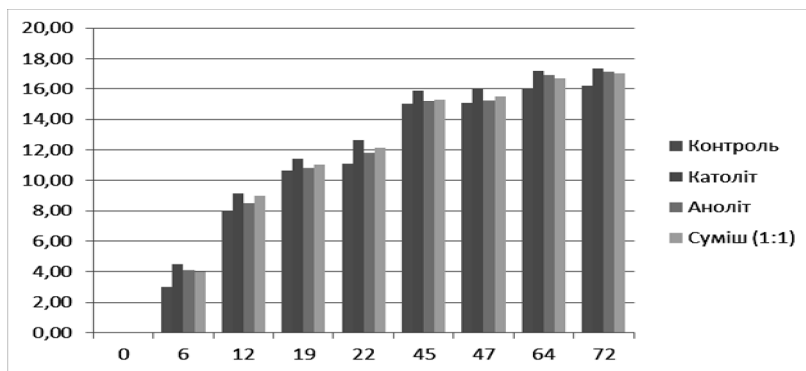


Рис. 1. Динаміка бродіння пшеничного сушла з використанням витриманих у католіті, аноліті, суміші католіту та аноліту (1:1) та водопровідній воді засівних дріжджів

Дріжджі, які перед бродінням обробляли анолітом і сумішшю католіту та аноліту у співвідношенні 1:1, при збродженні також виділяли більшу порівняно з контролем масу CO₂. Із рис. 1 бачимо, що тривалість стадії бродіння може бути скорочена до 64 год за умови активації засівних дріжджів електрохімічно активованою водою, оскільки маса виділеного діоксиду вуглецю надалі майже не змінювалася.

Аналіз спиртової бражки, одержаної з використанням дріжджів, витриманих у стерильній водопровідній воді (контроль) та оброблених католітом, анолітом і сумішшю католіту та аноліту у співвідношенні 1:1, показав, що вміст спирту був максимальним для католіту (рис. 2).

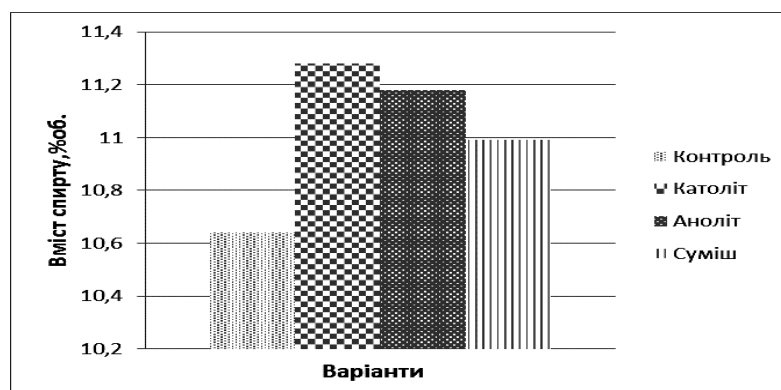


Рис. 2. Вміст спирту у бражці, одержаній за участі витриманих у католіті, аноліті, суміші католіту та аноліту (1:1) та водопровідній воді засівних дріжджів

Очевидно, електрохімічно активована вода впливає на активність ферментів дріжджів, за рахунок чого відбувається швидший гідроліз мальтози до глюкози, що підтверджує попередньо одержані експериментальні дані [2].

Варто зазначити, що й аноліт та суміш стимулюють бродильну активність дріжджів, оскільки вміст спирту у бражці є вищим порівняно з контролем (рис. 2).

Надалі досліджували вміст залишкових, тобто незброджених, цукрів у бражці, що є важливим показником бродильної активності дріжджів. Як бачимо з рис. 3, у бражках, одержаних за участі витриманих в електрохімічно активованій воді дріжджів, зокрема католіті, аноліті та суміші католіту та аноліту (1:1), концентрація залишкових цукрів є меншою на 10,2; 7,2 і 4,6 % порівняно з контролем. Отже, ЕХАВ проявляє біологічний вплив на дріжджові клітини.

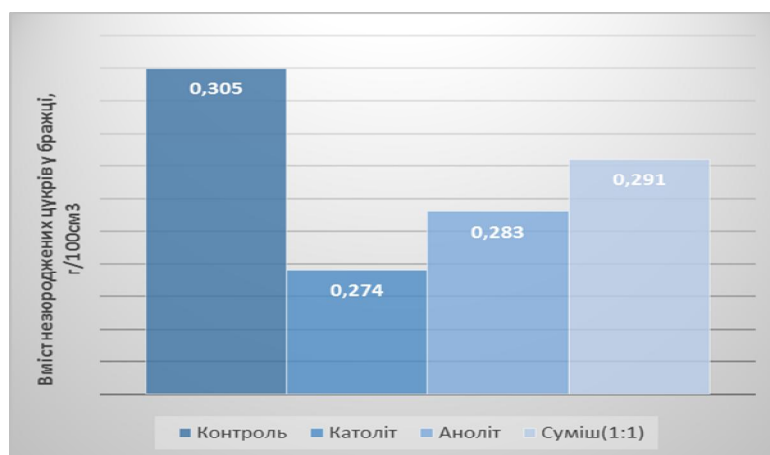


Рис. 3. Вміст незброджених цукрів у бражці, одержаній за участі витриманих у католіті, аноліті, суміші католіту та аноліту (1:1) та водопровідній воді засівних дріжджів

Вміст нерозчиненого крохмалю у бражці в усіх варіантах з використанням оброблених електрохімічно активованою водою дріжджів є дещо меншим щодо контрольного зразку (рис. 4). Хоча показник концентрації крохмалю у бражці репрезентує ефективність гідроферментативного оброблення зернової сировини у виробництві спирту, все ж активність дріжджів під час перетворення глюкози та мальтози – основних компонентів пшеничного суслу, до етилового спирту впливає на його величину. Так, обробка засівних дріжджів католітом забезпечує зменшення нерозчиненого крохмалю у спиртовій бражці з пшеничного суслу на 21 %, обробка анолітом – на 12 % і сумішшю – на 4 %.

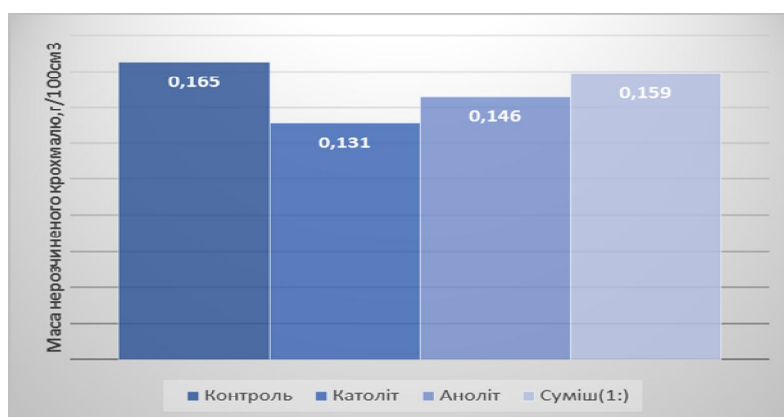


Рис. 4. Вміст незброджених цукрів у бражці, одержаній за участі витриманих у католіті, аноліті, суміші католіту та аноліту (1:1) та водопровідній воді засівних дріжджів

Аналіз результатів досліджень зміни концентрації дріжджових клітин (рис. 5) свідчить про те, що католіт, аноліт та їхня суміш стимулюють також і біосинтетичну активність дріжджів під час бродіння.

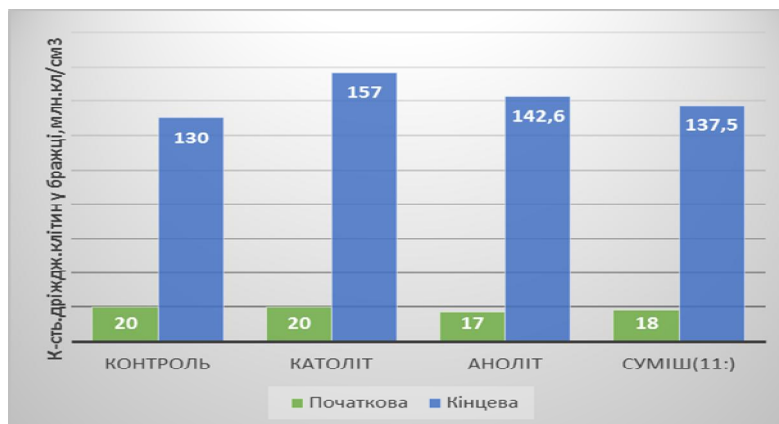


Рис. 5. Початкова та кінцева концентрації дріжджових клітин під час зброджування пшеничного суслу

Найбільший відносний приріст дріжджів у бражці після завершення бродіння спостерігався у варіанті 2 і становив 21 % (рис. 6).

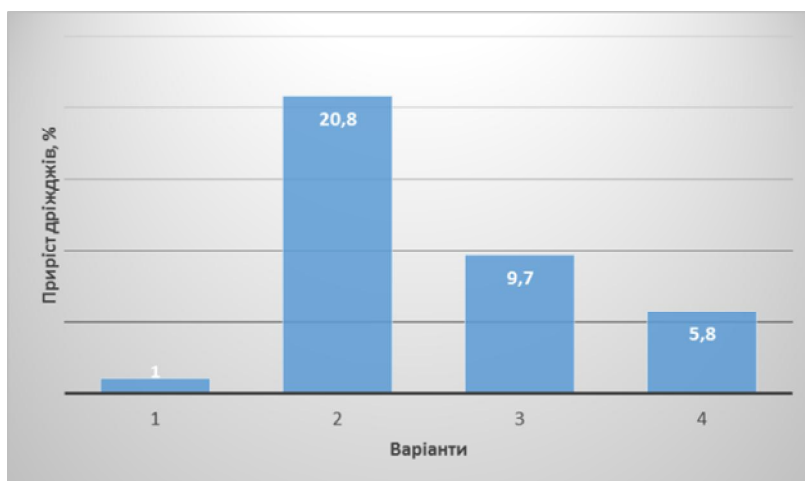


Рис. 6. Збільшення приросту дріжджових клітин під час зброджування пшеничного суслу порівняно з контрольним варіантом: 1 – контроль, 2 – засівні дріжджі + католіт; 3 – засівні дріжджі + аноліт; 4 – засівні дріжджі + суміш католіту та аноліту (1:1)

Очевидно, вища концентрація іонів натрію у католіті, порівняно з водопровідною водою, сприяє кращому перенесенню цукрів та нітрогеновмісного живлення (амінокислот) у дріжджову клітину, оскільки саме ці іони відповідають за активний транспорт через клітинну мембрану.

Висновки. Досліджено вплив електрохімічно активованої води на бродильну активність сухих спиртових дріжджів DeltafermAL-18 і показана її стимулювальна дія на ці мікроорганізми.

Зброджування пшеничного суслу за участі дріжджів, оброблених католітом, анолітом і сумішшю католіту та аноліту у співвідношенні 1:1, порівняно з витриманими у водопровідній воді, дає змогу підвищити вміст етилового спирту у бражці та скоротити тривалість процесу на 8 год.

Показано, що використання електрохімічно активованої води для оброблення дріжджів дає змогу зменшити концентрацію незброджених цукрів у бражці на 4,6–10,2 %, а також нерозчиненого крохмалю – на 4–21 %.

Встановлено, що найбільша кількість дріжджових клітин у бражці спостерігається під час використання витриманих у католіті засівних дріжджів. Стимулювальну дію щодо розмноження дріжджів на початковій стадії зброджування пшеничного суслу проявляє також аноліт та суміш католіту та аноліту у співвідношенні 1:1.

1. Паляниця Л. Я. Вплив активованої води на генеративну активність дріжджів / Л. Я. Паляниця, Н. І. Березовська, Н. О. Зуб, М. С. Андрейців, З. В. Гук // XV Міжнародна науково-практична конференція “Ресурси природних вод Карпатського регіону. Проблеми охорони та раціонального використання”. – Львів, 2016 р. – С. 109–111.
2. Стимулятори ферментативної активності спиртових дріжджів / Л. Я. Паляниця, Н. О. Паньків, Р. Б. Косів, Н. І. Березовська та ін. // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”: “Хімія, технологія речовин та їх застосування”. – 2016. – № 841. – С. 204–210.
3. Мирошников А. И. Исследование причин биологического действия электрохимически активированных растворов по изменению роста клеток *Escheria Coli* [Текст] / А. И. Мирошников // Биофизика. – 2004. – Т. 49, № 5. – С. 866–871.
4. Електрохімічно активовані розчини як екобезпечні дезінфектанти цукрового виробництва / І. М. Бордун, В. В. Пташник, Р. Б. Чаповська, А. Барига // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції: збірник наукових статей. Львів, Україна. 10–15 березня, 2014. С. 53–59.
5. Прилуцкий В. И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В. И. Прилуцкий, В. М. Бахур. – М., 1995. – 151 с.
6. The effect of electrolyzed water on decontamination, germination and γ -aminobutyric acid accumulation of brown rice / Rui Liu, Xiangli He, Jiaqi Shi, Satoru Nirasawa, Eizo Tatsumi // *Food Control*, 2013. – № 33. – P. 1–5. – Режим доступу: www.elsevier.com/locate/foodcont / — 06.02.2013.
7. Acidic electrolyzed water efficiently improves the flavour of persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Mopan) wine / Wanqi Zhu, Baoqing Zhu, Yao Li, Yanyan Zhang, Bolin Zhang, Junfeng Fan // *Food Chemistry* P 1–35 – Режим доступу: [www. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.106/](http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.106/) – 21.10.2015.
8. Біоконверсія меляси з використанням електрохімічно активованої води / Л. Я. Паляниця, Н. І. Березовська, Р. Б. Косів, Н. О. Паньків // Новітні науково-технічні рішення у цукровій промисловості // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції: зб. наук. ст. – Львів, 2014. – С. 101–103.
9. Козлов И. В. Разработка способа применения электрохимически активированной воды у технологии пива и безалкогольных напитков: автореф. дис., канд. техн. наук: спец. 05.18.07 “Биотехнология пищевых продуктов (по отраслям)” / Козлов Игорь Владимирович. – М., 2009. – 153 с.
10. Application of electrolyzed water in the food industry / Yu-Ru Huang, Yen-Con Hung, Shun-Yao Hsueh, Yao-Wen Huang, Deng-Fwu Hwang // *Food Control*, 2008. – No. 19. – P. 329–345. – Режим доступу: www.elsevier.com/locate/foodcont.
11. Бойко, Л. М. Физико-химические методы контроля бродильных производств: Справочник / Л. М. Бойко – К.: Техника, 1986. – 200 с