

УДК 663.63

А.І. УКРАЇНЕЦЬ, Р.М. МУКОЇД, Ю.В. БОЛЬШАК,
Н.В. НИЖНИК, Т.А. МАРТИНЕНКО
Національний університет харчових технологій

ЕЛЕКТРОХІМІЧНА АКТИВАЦІЯ ВОДИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ БЕЗРЕАГЕНТНИЙ СПОСІБ ВОДОПІДГОТОВКИ У ВИРОБНИЦТВІ ПИВА

За результатами аналізу новацій впровадження безреагентних методів в пивоварній галузі визначено перспективи виробництва пива з використанням активованої води як способу водопідготовки. Досліджено вплив хімічного складу води на технологічні особливості виробництва пива. Запропоновано використання електрохімічної активації води як безреагентний спосіб підготовки, що забезпечує отримання питної води високої якості – основної сировини у виробництві пива.

Ключові слова: хімічний склад води, пивоваріння, водопідготовка, електрохімічна активація, рН, окисно-відновний потенціал.

А.И. УКРАИНЕЦ, Р.М. МУКОИД, Ю.В. БОЛЬШАК,
Н.В. НИЖНИК, Т.А. МАРТЫНЕНКО
Национальный университет пищевых технологий

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ВОДЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ БЕЗРЕАГЕНТНЫЙ СПОСОБ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИВА

По результатам анализа новаций внедрения безреагентных методов в пивоваренной отрасли определены перспективы производства пива с использованием активированной воды как способа водоподготовки. Исследовано влияние химического состава воды на технологические особенности производства пива. Предложено использование электрохимической активации воды как безреагентный способ подготовки, который обеспечивает получение питьевой воды высокого качества - основного сырья в производстве пива.

Ключевые слова: химический состав воды, пивоварение, водоподготовка, электрохимическая активация, рН, окислительно-восстановительный потенциал.

A. UKRAINETS, R. MUKOID, Y. BOLSHAK,
N. NYZHNYK, T. MARTYNENKO
National University of Food Technologies

ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF WATER AS AN ALTERNATIVE NON - REAGENT METHOD OF WATER TREATMENT IN BEER PRODUCTION

According to the results of the analysis of innovations in the implementation of non-reagent methods in the brewing industry, prospects for beer production using activated water as a method of water treatment were determined. The influence of chemical composition of water on technological features of beer production is investigated. The use of electrochemical activation of water as a non-reagent method of water treatment is envisaged, which ensures the production of high-quality drinking water, the main raw material for beer production.

Keywords: chemical composition of water, brewing, water preparation, electrochemical activation, pH, oxidation-reduction potential.

Постановка проблеми

Вода - найважливіша сировина, що використовується у пивоварінні, фізико-хімічні властивості якої мають суттєвий вплив на технологічні аспекти виробництва і якість пива. Вимоги до води для пивоварної промисловості практично такі ж, як і до питної води. Вода повинна відповідати діючим фізико-хімічним, органолептичним, мікробіологічним вимогам щодо питної води. Існує ряд параметрів води, дотримання яких оптимізує технологічний процес і забезпечує отримання найкращих органолептичних і споживчих показників [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Якість води, яка застосовується в бродильних виробництвах, має відповідати особливим вимогам, забезпечувати при збалансованому складі макро - і мікроелементів відсутність мікроорганізмів, хлору, важких металів та інших токсичних елементів, органічних контамінантів [1].

Розчинені у воді мінерали мають важливий вплив на загальну хімію процесу пивоваріння. Іони з

цих мінералів змінюють рН води, її жорсткість, лужність, залишкову лужність і мінеральний склад. Ці параметри є найважливішими факторами у визначенні придатності води для пивоваріння. Зміна одного параметра може вплинути на інші.

Кисотно-лужний баланс рН пива на різних стадіях його виготовлення залежить від аніонів та катіонів води, він впливає на хід ферментативних процесів, а від них залежить, як буде проходити бродіння, якими будуть смак пива і його стійкість.

Основні завдання, які необхідно вирішити при підготовці води для використання на пивоварному заводі і приведення її у відповідність нормативним вимогам [2]:

- оптимізація органолептичних властивостей: зменшення кольоровості, ліквідація каламутності, нейтралізація сторонніх запахів, освітлення;
- корекція мінерального складу: часткова або повна демінералізація з метою досягнення кількісних і якісних параметрів згідно галузевих нормативів;
- корегування лужності і жорсткості води;
- деманганізація і видалення заліза;
- оптимізація мікробіологічного середовища;
- підготовка води для приведення в норму перманганатної окислюваності;
- видалення з води солей важких металів;
- позбавлення від радону та інших радіоактивних елементів;
- корекція рН.

Величина рН впливає на швидкість ферментативних реакцій, як під час затирання солоду, так і під час бродіння сусла. Опосередковано, через іонізацію компонентів пива, рН впливає на органолептичні властивості напою. Оптимальний рН при виробництві пива слід приймати 5,2...5,4. При підвищенні рН сусла в процесі затирання зернопродуктів і промивання дробини з'являється цілий ряд негативних явищ, а саме [3]:

- збільшення тривалості оцукрювання;
- уповільнення швидкості фільтрування;
- підвищення каламутності та кольоровості сусла;
- зниження виходу екстракту;
- поява різкого смаку і грубої фенольної гіркоти.

Величина рН впливає на інтенсивність обмінних процесів в клітинах дріжджів, що відбивається на коефіцієнті приросту біомаси, швидкості росту клітин і синтезі вторинних метаболітів.

Величина рН впливає на дисоціацію кислот і лугів, а, отже, впливає на перенесення поживних речовин всередину клітини, а також на ступінь токсичності інгібіторів росту.

Кислотність сусла і величина рН взаємопов'язані між собою. Зниження кислотності сусла викликає ті ж негативні процеси, які відбуваються при підвищенні величини рН. Зниженню кислотності сусла (підвищенню величини рН) сприяють бікарбонати і карбонати.

У пивоварінні мінеральні солі, що входять до складу води, ділять на хімічно активні і хімічно неактивні. Хімічно активними солями є все солі кальцію і магнію, а також карбонат натрію [4].

Активність ферментів солоду і дріжджів, фізико-хімічна стабільність пива і його органолептичні властивості тісно пов'язані з іонним складом води. При цьому надзвичайно велику роль відіграють катіони кальцію, заліза, міді, цинку, а також аніони, вплив яких наведено в табл. 1.

З таблиці бачимо, що органолептичні показники пива безпосередньо залежать не тільки від якості солоду, хмелю і використовуваних технологій приготування продукту, але і від фізико-хімічних показників якості води [4].

Вода для пивоваріння перед використанням в технологічних потребах для виробництва пива проходить кілька ступенів очищення. Зазвичай це механічна очистка через сітчасті фільтри для видалення різних не розчинених суспензій у воді. Використовується також засипки фільтруючих середовищ у напорні фільтри-освітлювачі води. Після чого воду очищають на вугільних фільтрах, де сорбуються органічні сполуки, хлор і хлорорганічні речовини.

Якщо вода містить не бажані рівні іонів її пропускають через різні іонообмінні фільтри, наприклад катіонітові фільтри або декарбонізаційні установки. Знесолення води проводять також на установках зворотного осмосу. Зворотний осмос містить в собі мембрану, яка затримує практично всі розчинені іони у воді. Така вода близька за своїм складом до дистильованої. Тому після її очищення часом виникає необхідність коригування складу, змішуванням із мінералізованою водою і додаванням в потоці необхідної кількості мінеральних речовин (солей).

Таблиця 1

Вплив неорганічних іонів (аніонів та катіонів солей основних кислот) на процес пивоваріння, органолептичні властивості пива і його колоїдну стійкість [4]

Іони	Вплив на процес пивоваріння
Ca^{2+}	Стабілізують альфа-амілазу і збільшують її активність, в результаті чого підвищується вихід екстракту. Збільшують активність протеолітичних ферментів. Визначають рівень зниження рН сусла при затиранні, кип'ятінні сусла з хмелем і бродінні. Визначають флокуляцію дріжджів. Оптимальним є концентрація іонів 45-55 мг/дм ³ сусла. Знижують екстракцію танінів, які надають пиву грубу гіркоту і терпкий смак. Знижують утилізацію гірких речовин хмелю. Осаджують оксалати, тим самим знижують можливість появи оксалатного помутніння в пиві. Збільшують коагуляцію білків при кип'ятінні сусла з хмелем. Знижують екстракцію кремнію, що сприятливо позначається на колоїдній стійкості пива.
Mg^{2+}	Входять до складу ферментів гліколізу, тобто необхідні як для бродіння, так і для розмноження дріжджів. Надають гіркий присмак пива при концентрації більше 15 мг/дм ³ .
K^{+}	Стимулюють розмноження дріжджів, входять до складу ферментних систем і рибосом.
Fe^{2+}	Негативний вплив на процеси затирання. При концентрації більше 0,2 мг/дм ³ можуть викликати дегенерацію дріжджів. При вмісті в пиві більше 0,5 мг/дм ³ збільшують колір пива, коричнева піна. Надають пиву металевий присмак. Прискорюють окисні процеси, викликають колоїдне помутніння.
Mn^{2+}	Входять в якості кофактора в ферменти дріжджів. Масова частка не повинна перевищувати 0,2 мг/дм ³ .
Cu^{2+}	При концентраціях понад 10 мг/дм ³ - токсичні для дріжджів. Можуть бути мутагенним фактором для дріжджів. Негативно впливають на стабільність смаку. Пом'якшують сірчистий присмак у пива. Негативно впливають на колоїдну стабільність пива, виступаючи каталізатором окислення поліфенолів.
Zn^{2+}	У концентрації 0,1 - 0,2 мг/дм ³ стимулюють розмноження дріжджів. При високих концентраціях інгібують активність α -амілази.
Cl^{-}	Знижують флокуляцію дріжджів. При концентрації більше 500 мг/дм ³ уповільнюють процес бродіння. Надають пиву більш тонкий і солодкий смак. При концентрації іонів близько 300 мг/дм ³ підвищують повноту смаку пива і надають йому динний смак і аромат. Покращують колоїдну стійкість.
HCO_3^{-}	При високих концентраціях призводять до підвищення рН, а отже до зниження активності амілолітичних і протеолітичних ферментів, знижують вихід екстракту і сприяють підвищенню кольоровості сусла. Концентрація не повинна перевищувати 20 мг/дм ³ .
SiO_3^{2-}	Знижують активність бродіння при концентрації більше 10 мг/дм ³ . Силікати з'являються переважно з солоду, але іноді, особливо навесні, причиною їх підвищення в пиві може бути вода. Знижують колоїдну стійкість пива в зв'язку з утворенням нерозчинних сполук з іонами кальцію і магнію.
Na^{+}	При концентраціях понад 150 мг/дм ³ обумовлюють солоний смак. При концентраціях 75...150 мг/дм ³ - знижують повноту смаку.
SO_4^{2-}	Надають пиву терпкість і гіркоту. При концентрації більше 400 мг/дм ³ надають пиву «сухий смак». Можуть передувати утворенню сірчистих смаків і запахів, пов'язаних з життєдіяльністю небажаних мікроорганізмів і дріжджів.
NO_3^{-}	Негативно впливають на процес бродіння при концентрації більше 25 мг/дм ³ .

Часто ці методи вимагають великих витрат при їх проведенні. Перспективним сучасним підходом у водопідготовці та водоочистці визнається електрохімічна обробка води у електрохімічних мембранних реакторах [5].

Перевагами електрохімічної обробки води є те, що вона дозволяє коригувати значення водневого показника рН і окислювально-відновного потенціалу E_h , від якого залежить можливість протікання різних хімічних процесів у воді, підвищує ферментативну активність, зменшує питомий опір і покращує умови коагуляції і седиментації органічних осадів [6].

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є наукове обґрунтування застосування безреагентного способу водопідготовки у виробництві пива, а саме використання електрохімічно активованої води (ЕХА – води).

Відповідно до мети досліджень поставлено завдання: на основі аналізу літературних джерел обґрунтувати технологічні переваги методу електрохімічної активації води як способу водопідготовки в технології бродильних виробництв.

Викладення основного матеріалу дослідження

Актуальною темою при виробництві пива є використання води, активованої в сучасних електрохімічних установках «ІЗУМРУД», «СТЕЛ» та ін., що забезпечують спрямовану зміну властивостей води, в т. ч. значення рН і окислювально-відновного потенціалу. Їх відмінними рисами є здатність до знищення широкого спектра мікроорганізмів і до руйнування мікробних токсинів, яка зберігається протягом тривалого часу, а також можливість корекції рН і окислювально-відновної рівноваги води.

Процеси очищення води обумовлені протіканням електрохімічних реакцій окислення і відновлення, багаторазово прискорених за рахунок прямих електрохімічних впливів, а також завдяки участі в процесах очищення хімічно синтезованих з самої води і розчинених в ній солей високоактивних реагентів: озону, атомарного кисню, пероксидних сполук, хлорноватистої кислоти, короткоживучих вільних радикалів [7].

Відмінною особливістю і перевагою таких установок є їх ефективність при знищенні мікроорганізмів всіх видів і форм і руйнуванні мікробних токсинів за допомогою вироблених на установках анолітів [8, 9].

Результати аналізів води, обробленої в установці ІЗУМРУД-К1, забезпеченою зовнішнім вугільним фільтром наведено, в табл.2.

Таблиця 2

Результати аналізів води, обробленої в установці ІЗУМРУД-К1 [8]

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Нормативи по СанПіН 2.1.4.1074 – 01 [9]	Нормативи по ТІ 73-10 [10]	Параметри на вході в установку	Параметри на виході при витраті 40 $\text{дм}^3/\text{год}$
1	2	3	4	5	6	7
1	Водневий показник	Од. рН	6-9	6,0-6,5	7,8	6,1
2	ОВП	мВ	Н/Н	Н/Н	+350	-290
3	Кольорність	град.	20	10	19	2
4	Мутність	$\text{мг}/\text{дм}^3$	1,5	1,0	1,4	0,1
5	Жорсткість	$\text{мг-екв}/\text{дм}^3$	7,0	Менше 4	3,79	1,9
6	Окислюваність	$\text{мг}/\text{дм}^3$	5	2	3,3	1,5
7	Сульфати	$\text{мг}/\text{дм}^3$	500	100-150	72	66
8	Хлориди	$\text{мг}/\text{дм}^3$	350	100-150	49	42
9	Кальцій	$\text{мг}/\text{дм}^3$	Н/Н	40-80	49,00	29,43
10	Магній	$\text{мг}/\text{дм}^3$	Н/Н	сліди	10,80	0,65
11	Залізо	$\text{мг}/\text{дм}^3$	0,3	0,1	4,95	0,03
12	Нітрати	$\text{мг}/\text{дм}^3$	45	10	3,49	3,55
13	Нітрити	$\text{мг}/\text{дм}^3$	3	0	0,05	0,00
14	Алюміній	$\text{мг}/\text{дм}^3$	0,5	0,5	0,11	0,04
15	Мідь	$\text{мг}/\text{дм}^3$	1,0	0,5	0,01	Н/В
16	Марганець	$\text{мг}/\text{дм}^3$	ОД	0,1	0,021	0,002
17	Силікати	$\text{мг}/\text{дм}^3$	10	2,0	3,3	0,3

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
18	Лужність	мг-екв/дм ³	Н/Н	0,5 - 1,5	1,8	0,6
19	Хлор залишковий вільний зв'язаний	мг/дм ³	0,3-0,5 0,8-1,2	Н/Н	0,2 0,6	0,03 Н/В
20	Хлороформ	мг/дм ³	0,2	Н/Н	0,028	Н/В
21	Озон залишковий	мг/дм ³	0,3	Н/Н	Н/В	Н/В
22	Формальдегід	мг/дм ³	0,05	Н/Н	Н/В	Н/В
23	Мінералізація	мг/дм ³	1000	500	371	335
24	Загальне мікробне число	КУО/см ³	50	Н/Н	45	0
Примітка: Н / Н-не нормовано; Н / В - не виявлено в межах чутливості методу.						

Висновки

1. Науково обґрунтовано застосування методу електрохімічної активації води як способу водопідготовки в пивоварінні.

2. При отриманні пива з концентрату з використанням ЕХА-води і дріжджів верхового бродіння встановлено ефект інтенсифікації приросту біомаси дріжджів в 2 рази, вміст клітин з глікогеном збільшується в 3 рази, тривалість бродіння скорочується на 12 годин. Дріжджі після закінчення бродіння з урахуванням значного поліпшення їх фізіологічного стану (зниження кількості мертвих клітин в 5 разів і збільшення вмісту клітин з глікогеном) можуть бути повторно використані в пивоварінні.

3. При використанні ЕХА - води спостерігається прискорення процесів оцукрювання і фільтрування суслу, збільшується обсяг фільтрату, підвищується інтенсивність бродіння, а його тривалість скорочується майже на 1 добу.

Список використаної літератури

- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : < http://ncwt.ru/ochistka_vody_i_vodopodgotovka/55/434/ >.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <<https://pivo.by/articles/water-knowledge-part1> >.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : < <http://techdrinks.info/ru/news/voda-v-proyzvodstveruua-osnovnyie-trebovaniya-k-vodopodgotovke> >.
- Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина. – Спб.: «Профессия», 2003. – 304 с.
- Мосин О.В. Электрохимическая обработка воды // С.О.К. Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 12.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <<https://www.c-o-k.ru/articles/elektro-himicheskaya-obrabotka-vody>>.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <<http://эхарос.рф/opisanie-ustanovki-izumrud>>.
- Козлов, И. В. Разработка способа применения электрохимически активированной воды в технологии пива и безалкогольных напитков / И.В. Козлов: дис. канд. тех. наук. - М.: МГУПП, 2009.- 153 с.
- СанПін 2.1.4.1074-01 «Питна вода. Гігієнічні вимоги до якості води централізованих систем питного водопостачання. Контроль якості»
- ТИ 10-5031536-73-10 «Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков»