

УДК 663.45

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЗБРОДЖУВАННЯ ВИСОКОГУСТИННОГО ПИВНОГО СУСЛА ЗА УЧАСТЮ ВІТАМІНІВ

Р.Б. Косів, к.т.н., доцент, E-mail: r.kosiv@online.ua

Л.Я. Паляниця, к.х.н., доцент

Н.І. Березовська, к.х.н., доцент

Т.В. Харандюк, аспірант

Кафедра технології органічних продуктів

Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

Анотація. Досліджено ефективність застосування водорозчинних вітамінів групи В при збродженні пивного суслу дріжджами низового бродіння штаму *Saflager W-34/70* в умовах високогустинного пивоваріння. Розглянуто роль вітамінів у хімізмі спиртового бродіння. Встановлено, що внесення вітамінів групи В у високогустинне пивне сусло дозволяє підвищити швидкість збродження цукрів, швидкість росту та розмноження дріжджів, збільшити ступінь збродження молодого пива, концентрацію етанолу в ньому та кількість накопиченої біомаси дріжджів, інтенсифікувати редукцію віцинальних дікетонів. Максимальний стимулювальний ефект чинять фолієва та нікотинова кислоти, тіамін і рибофлавін, а їх оптимальне дозування становить відповідно 0,2, 0,5, 0,06 і 0,05 мг/дм³. Актуальним залишається дослідження впливу комбінацій вітамінів і вітаміновмісних субстратів на збродження високогустинного пивного сусла.

Ключові слова: високогустинне пивоваріння, головне бродіння, пивні дріжджі, інтенсифікація бродіння, вітаміни, оптимальне дозування.

ІНТЕНСИФИКАЦИЯ СБРАЖИВАНИЯ ВЫСОКОПЛОТНОГО ПИВНОГО СУСЛА С УЧАСТИЕМ ВИТАМИНОВ

Р.Б. Косив, к.т.н., доцент, E-mail: r.kosiv@online.ua

Л.Я. Паляниця, к.х.н., доцент

Н.И. Березовская, к.х.н., доцент

Т.В. Харандюк, аспирант

Кафедра технологии органических продуктов

Национальный университет «Львовская политехника», ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, Украина, 79013

Аннотация. Исследована эффективность применения водорастворимых витаминов группы В при сбраживании пивного сусла дрожжами низового брожения штамма *Saflager W-34/70* в условиях высокоплотного пивоварения. Рассмотрена роль витаминов в химизме спиртового брожения. Установлено, что внесение витаминов группы В в высокоплотное пивное сусло позволяет повысить скорость сбраживания сахаров, скорость роста и размножения дрожжей, увеличить степень сбраживания молодого пива, концентрацию этанола в нем и количество накопленной биомассы дрожжей, интенсифицировать редукцию вицинальных дикетонов. Максимальный стимулирующий эффект оказывают фолиевая и никотиновая кислоты, тиамин и рибофлавин, а их оптимальная дозировка составляет соответственно 0,2, 0,5, 0,06 и 0,05 мг/дм³. Актуальным остается исследование влияния комбинаций витаминов и витаминосодержащих субстратов на сбраживание высокоплотного пивного сусла.

Ключевые слова: высокоплотное пивоварение, главное брожение, пивные дрожжи, интенсификация брожения, витамины, оптимальная дозировка.

Copyright © 2015 by author and the journal "Food Science and Technology".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v10i3.179>

Вступ

Дріжджі відіграють ключову роль у технології пивоваріння, оскільки швидкість і ступінь збродження, кислотоутворювальна здатність, утворення побічних продуктів бродіння, а також виділення дріжджами білків, гірких і дубильних речовин впливають на колір, піну, повноту смаку та гіркоту пива. До того ж, продуктивність та економічна ефективність виробництва значною мірою залежать від ферментативної здатності дріжджів.

На сьогоднішній день широко впроваджується у виробництво технологія високогустинного

пивоваріння, в умовах якої дріжджові клітини піддаються різноманітним впливам навколишнього середовища. Висока концентрація цукрів субстрату спричиняє осмотичний стрес, а підвищений вміст спирту – етанольний. Ці негативні фактори знижують бродильну активність дріжджів. Для активації процесів бродіння пивних дріжджів рекомендується застосовувати фізичні та хімічні методи впливу, а також поживні речовини в якості добавок до культурального середовища чи безпосередньо в сусло. До фізичних методів покращення фізіологічного стану дріжджів належать температура, тиск, обробка в магнітному полі, НВЧ-хвилями, лазером,

ультрафіолетовими променями, ультразвуком [1]. Серед добавок, які можуть мати активуючий вплив на ферментативну здатність дріжджів розглядають біологічні джерела азоту, зокрема лізати дріжджів та кукурудзяні екстракти, в якості джерел ростових речовин розглядають екстракти солодових паростків, препарат спіруліни платенсіс, вітаміни [2], мікро- та мікроелементи [3].

Постановка проблеми

На сьогодні проводяться дослідження щодо використання вітамінів для активування дріжджів у технологіях продуктів бродіння. Зокрема, в середовище на початку культивування спиртових дріжджів та під час експоненційної фази їх росту додавали пантотенову, нікотинову та параамінобензойну кислоти, мезоінозит, тіамін і піридоксин. В результаті було встановлено, що додавання вітамінів підвищує бродильну активність дріжджів, питому швидкість росту, покращується їх толерантність до високих концентрацій етанолу, підвищується життєздатність клітин, збільшується вихід спирту. Застосування подвійної дози вітамінів та внесення їх під час експоненційної фази дозволяє збільшити швидкість утворення етанолу на 34 % і середній вихід етанолу на 7 % [4].

Враховуючи зниження бродильної активності дріжджів при впровадженні технології високогустинного пивоваріння, дослідження використання вітамінів групи В при збродженні висококонцентрованого пивного сусла для інтенсифікації ферментативних процесів дріжджів має значний науковий і практичний інтерес.

Літературний огляд

Найважливішою характеристикою виробничих дріжджів є бродильна активність, зокрема активність мальтази та зимазного комплексу ферментів, які забезпечують збродження цукрів пивного сусла.

Бродильна активність дріжджів визначає тривалість головного бродіння, фізико-хімічні вла-

стивості пива, його біологічну та колоїдну стійкість, а також сенсорний профіль і стабільність при зберіганні. Бродильну активність оцінюють за швидкістю споживання зброджуваних вуглеводів, за кількістю виділеного при бродінні діоксиду карбону, за величиною ступеня збродження сусла.

Швидкість і ступінь збродження екстракту пивного сусла залежить від складу живильного середовища і, зокрема, від співвідношення між зброджуваними цукрами (глюкоза, мальтоза, мальтотріоза). При збільшенні концентрації глюкози в середовищі знижується активність пермеаз, що здійснюють транспорт мальтози і мальтотріози в клітини, при цьому спостерігається зниження швидкості бродіння. Це явище не завжди має місце, так як існують штами дріжджів, у яких глюкозна репресія не відбувається [2].

Бродильна активність дріжджів взаємопов'язана зі швидкістю їх розмноження, яка важлива для швидкого збродження сусла. Швидкість росту і розмноження клітин, в свою чергу, залежить від збалансованості складу сусла (вмісту α -амінного нітрогену, факторів росту і деяких мікроелементів).

Зимазні ферменти дріжджів переважно є складними, тобто являють собою білкову частину (апофермент), хімічно зв'язану з небілковою – коферментом. Коферменти визначають специфічність дії ферменту, приймають участь у зв'язуванні фермента з субстратом, а також стабілізують білкову частину ферменту. Аналіз структури коферментів дозволив виділити в них дві функціональні ділянки, одна з яких відповідає за зв'язок з апоферментом, а інша бере безпосередню участь в каталітичному акті.

Ряд коферментів містять у своєму складі вітаміни – незамінні фактори, які забезпечують адекватну швидкість протікання біохімічних і фізіологічних процесів у дріжджовій клітині. Як правило, активна форма вітамінів бере участь в каталізі. Зокрема, роль вітамінів як коферментів зимазних ферментів у хімізмі спиртового бродіння представлена на рис. 1 [5].

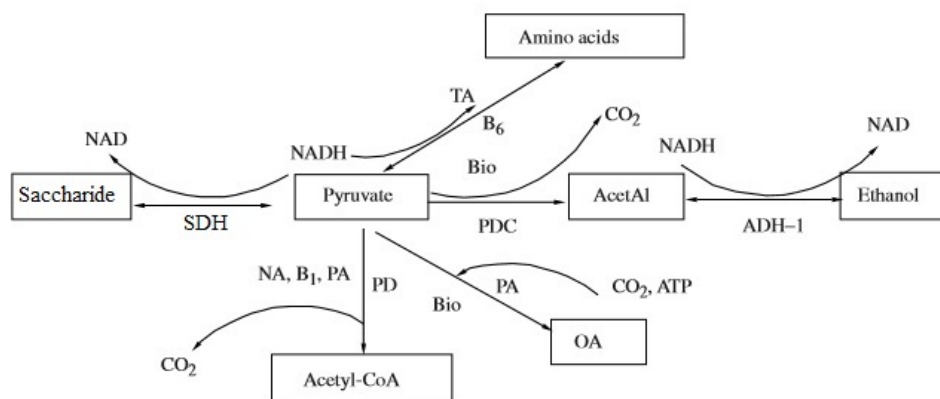


Рис. 1. Метаболізм цукрів в дріжджових клітинах: PDC – піруват–декарбоксілаза, ТА – трансаміназа, PC – піруваткарбоксілаза, PD – піруват–дегідрогеназа, SDH – сахариддегідрогеназа, ADH-1 – алкогольдегідрогеназа, B₁ – тіамін, B₆ – піридоксин, NA – нікотинова кислота, Bio – біотин, PA – пантотенова кислота, OA – оксалоацетат, AcetAl – ацетальдегід

Пантотенова кислота інтегрована в коензим А, який бере участь в реакціях окиснення кето-кислот та інших реакцій їх метаболізму, що включають перенесення ацильних груп. **Нікотинова кислота** входить до складу НАД⁺ і НАДФ⁺, які беруть участь в утворенні АТФ [6]. Синтез нікотинової кислоти дріжджами припиняється, коли її додають в середовище, таким чином зменшується біосинтетичне навантаження на клітину та стимулюється її ріст.

Дріжджові клітини також потребують для свого розвитку незначні кількості **біотину**. Він бере участь у різних процесах метаболізму, включаючи карбоксилування пірувату, синтез піридин-нуклеотидів, синтез нуклеїнових кислот, утворення пуринових і піримідинових основ, синтез протеїнів, полісахаридів та жирних кислот [5-6]. Біотин, на відміну від інших факторів росту, міститься в суслі в недостатній кількості, тому його зазвичай додають для покращення росту клітин [7]. Проте деякі дослідники вказують, що додавання біотину не мало значного впливу на бродильну активність дріжджів [8]. Вплив **тіаміну** на активність дріжджів залежить від наявності кисню в середовищі. За аеробних умов при додаванні тіаміну до культурального середовища спостерігається затримка росту клітин, знижується швидкість росту дріжджів та максимальна кількість біомаси. Також знижується активність деяких ферментів. При дослідженні впливу додавання тіаміну в культуральне середовище за анаеробних умов нагромадження дріжджів спостерігали підвищення активності споживання глюкози та утворення етанолу майже вдвічі, що пояснюється підвищенням активності ферментів, зокрема вміст алкогольдегідрогенази у зразку з тіаміном був у 3 рази вищим, ніж у контрольному зразку [5-6]. **Рибофлавін** виконує функцію коензиму ферментів окисно-відновних реакцій за анаеробних умов. **Фолієва кислота** необхідна для утворення нових клітин. Сама фолієва кислота не володіє коферментними властивостями, вона відновлюється в 5-, 6-, 7- і 8-му положеннях і перетворюється у тетрагідрофолієву кислоту, яка і є коферментом та бере участь у реплікації ДНК, синтезі амінокислот, зокрема креатину, метіоніну, в утворенні серину із гліцину та нуклеїнових кислот, піримідинів, пуринів. Тетрагідрофолієва кислота володіє трьома основними функціями (перенесення метильної, метилової та карбонільної груп), що сприяє активуванню специфічних ферментів, за участі яких відбувається фіксація залишків формальдегіду і мурашиної кислоти та їх каталітичне перетворення [5-6]. **Ціанокобаламін** необхідний для синтезу дезоксирибози, тимідинмонофосфату і, як наслідок, для синтезу ДНК. Він відіграє важливу роль в метаболізмі жирів, входить до складу ферментів, які відновлюють активність SH-груп у різних білках і коферментах (КоА, глутатіон та ін.), і цим зберігає

їхню активність [2]. При його нестачі порушується нормальний поділ клітин.

Основна частина

Мета і завдання дослідження – дослідити ефективність використання вітамінів групи В в технології високогустинного пивоваріння, визначити їх оптимальне дозування, дослідити вплив вітамінів на швидкість бродіння, фізико-хімічні показники молодого пива і нагромадження дріжджової біомаси.

Матеріали і методи. Об'єктами досліджень були пивні дріжджі низового бродіння штаму *Saflager W-34/70*. Їх культивували в пивному охмеленому стерильному суслі з концентрацією сухих речовин (СР) 12 % у три етапи: 1-ий етап – в пробірці додавали 10 см³ сусла та засівали чисту культуру дріжджів, 2-ий етап – в колбу додавали 50 см³ сусла та засівали дріжджі з попередньої стадії, 3 етап – в колбу додавали 200 см³ сусла та дріжджі з попередньої стадії. Культивування проводили при температурі 25 °С тривалістю 24 год на кожній стадії. Отриману біомасу дріжджів відокремлювали від культурального середовища центрифугуванням протягом 10 хв при частоті обертів 4000 хв⁻¹.

Для визначення впливу вітамінів на дріжджі за умов високогустинного пивоваріння проводили зброджування охмеленого сусла (200 см³) концентрацією 16 % СР при температурі 15 °С протягом 5,5 діб з додаванням оптимальної кількості вітамінів та без їх внесення (контрольна проба К). Норма введення дріжджів становила 30 млн. клітин на 1 см³ сусла. В отриманих зразках молодого пива визначали фізико-хімічні показники, які досліджували після їх центрифугування при частоті обертів 4000 хв⁻¹ протягом 10 хв. Аналіз молодого пива виконували за загальноприйнятими в галузі методиками [9].

Результати дослідження. Для встановлення впливу вітамінів на зброджування висококонцентрованого сусла використовували: тіамін (вітамін В₁), рибофлавін (вітамін В₂), пантотенову кислоту (вітамін В₃), нікотинову кислоту (вітамін В₅ або РР), біотин (вітамін Н або В₇), фолієву кислоту (вітамін В₉), ціанокобаламін (вітамін В₁₂).

Першим етапом дослідження було встановлення оптимальних доз обраних вітамінів в діапазонах (мг/дм³): тіамін 0,03 – 0,12; рибофлавін 0,02 – 0,08; пантотенова кислота 0,002 – 0,02; нікотинова кислота 0,3 – 0,7; біотин 0,0005 – 0,005; фолієва кислота 0,06 – 0,2; ціанокобаламін 0,001 – 0,005. Для цього зброджували 50 см³ 16 %-го сусла з додаванням різних кількостей вітамінів, будували графічні залежності маси виділеного діоксиду карбону від тривалості та визначали швидкість бродіння за кутом нахилу кривих. Ефект активації пивних дріжджів за участю вітамінів виражали у % відносно контролю (рис. 2).

Встановлено, що оптимальні концентрації досліджених вітамінів становлять (мг/дм³): тіамін – 0,06, рибофлавін – 0,05, пантотенова кислота – 0,005, нікотинова кислота – 0,5, біотин – 0,001, фолієва кислота – 0,2, ціанокобаламін – 0,002.

Одним із важливих параметрів головного бродіння пивного сусла є швидкість процесу, яка в

умовах високогустинного пивоваріння знижується у результаті негативного впливу стресових факторів на дріжджі. Попередньо було встановлено, що при зброджуванні сусла концентрацією 16 % СР за температури процесу 15 °С для досягнення необхідного ступеня зброджування тривалість головного бродіння повинна становити 5,5 діб [10].

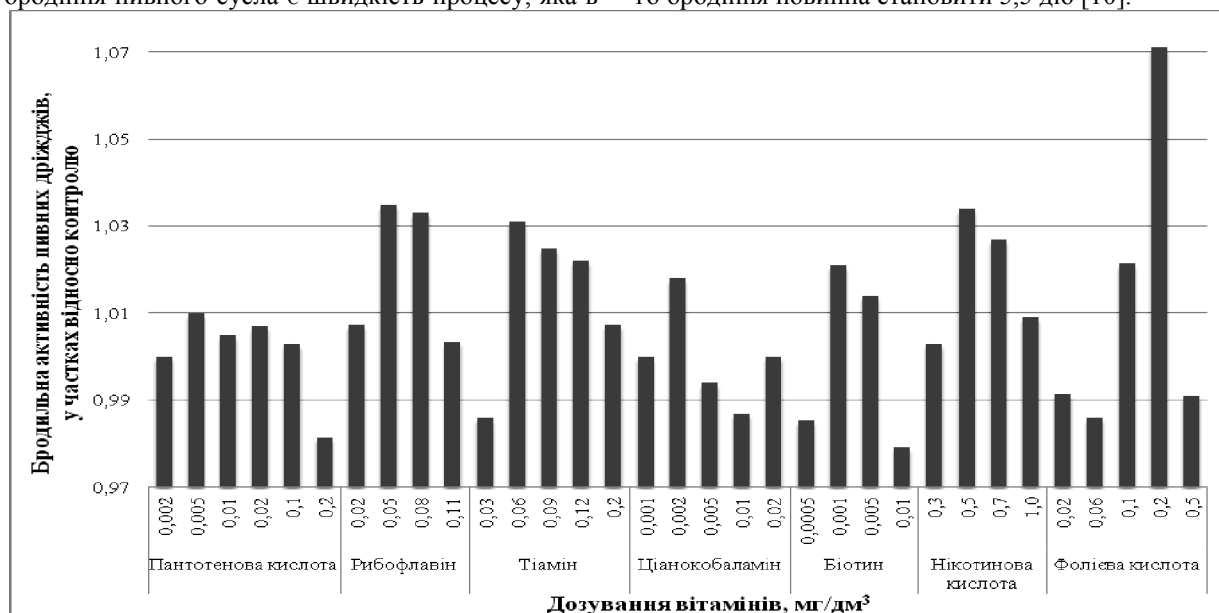


Рис. 2. Вплив дозування вітамінів на бродильну активність пивних дріжджів

У результаті експериментальних досліджень отримали графічні залежності зміни маси виділеного діоксиду карбону від тривалості бродіння зразків з доданими вітамінами та контрольного зразка, які характеризують динаміку процесу (рис. 3). Аналіз графічних залежностей показав, що бродіння від-

бувається інтенсивніше з використанням вітамінів В₁, В₂ та В₅, а з додаванням вітамінів В₉ та В₁₂ – суттєво інтенсивніше. Вітамін В₃ майже не впливав на динаміку бродіння, натомість вітамін В₇ чинив незначну інгібуючу дію на ферментативні процеси дріжджів.

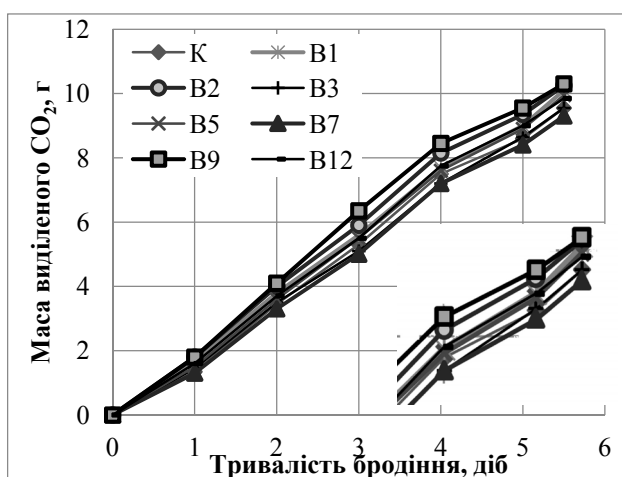


Рис. 3. Динаміка бродіння сусла контрольного зразка (К) і зразків з додаванням вітамінів

На основі побудованих графіків динаміки головного бродіння за кутом нахилу кривих визначали швидкість бродіння та порівнювали вплив вітамінів на значення цього показника (рис. 4). Максимальне збільшення швидкості бродіння спостерігалось при додаванні до високогустинного сусла вітамінів В₉ та В₂ – на 7,8 % і 6,0 % відповідно. Вітаміни В₁, В₁₂ та В₅ сприяли інтенсифікації процесу

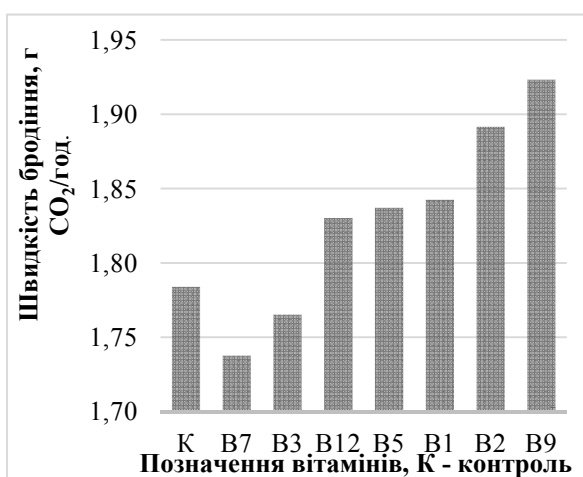


Рис. 4. Вплив вітамінів на швидкість бродіння висококонцентрованого пивного сусла

симальне збільшення швидкості бродіння спостерігалось при додаванні до високогустинного сусла вітамінів В₉ та В₂ – на 7,8 % і 6,0 % відповідно. Вітаміни В₁, В₁₂ та В₅ сприяли інтенсифікації процесу

на 3 %. Внесення вітамінів В₃ та В₇ спричинило невелике зниження швидкості бродіння.

В технології пивоваріння, окрім швидкості бродіння, важливе значення має якість одержуваного продукту. Тому досліджували вплив вітамінів при їх оптимальному дозуванні на фізико-хімічні показники молодого пива (табл. 1). Зразки молодого пива містили 6,3 –

7,3 % дійсного екстракту. Цей показник готового пива повинен становити не більше 6 %. Таким чином, в молодому пиві залишається 1 – 1,5 % екстракту для збродження на стадії доброджування та забезпечення необхідної концентрації діоксиду карбону в пиві та його пінності.

Таблиця 1 – Вплив вітамінів на фізико-хімічні показники молодого пива

Показники молодого пива	Вітаміни та їх дозування (мг/дм ³)							
	К	В ₁	В ₂	В ₃	В ₅	В ₇	В ₉	В ₁₂
	–	0,06	0,05	0,005	0,5	0,001	0,2	0,002
Вміст екстракту (% мас.):								
видимий	4,77	4,39	4,53	4,87	4,34	5,12	3,90	4,52
дійсний	7,03	6,71	6,82	7,10	6,65	7,31	6,30	6,80
Вміст етанолу, % мас.	5,01	5,14	5,09	4,93	5,14	4,85	5,32	5,05
Ступінь збродження (%):								
видимий	71,09	73,26	72,47	70,36	73,51	68,94	76,13	72,35
дійсний	59,56	61,29	60,66	58,97	61,48	57,83	63,58	60,55
pH	4,55	4,40	4,50	4,47	4,50	4,54	4,35	4,49
Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³	2,5	2,6	2,3	2,3	2,5	2,4	2,4	2,4
Вміст ВДК, мг/дм ³	0,29	0,20	0,31	0,33	0,15	0,29	0,32	0,25
Маса CO ₂ , г	9,55	10,1	10,25	9,55	9,95	9,3	10,3	9,85
Біомаса дріжджів, г	6,35	6,88	6,60	5,87	6,19	6,20	7,30	5,95

Вміст етанолу в молодому пиві становив від 4,85 до 5,14 % і в усіх зразках був вищим, ніж обмежувальне значення (не менше 4,2 %) для пива, одержаного з 16 %-го сусла.

Значний вплив на органолептичні властивості пива має його кислотність. Величина pH зразків молодого пива знаходилась в допустимих межах (не вище 4,50), в окремих варіантах – була незначно вищою, проте при доброджуванні процес зниження pH пива триватиме та досягне нормативних значень, за умови виключення процесів автолізу дріжджів. Кислотність досліджуваних зразків знаходилась в діапазоні 2,3 – 2,6 см³ 1 моль/дм³ розчину NaOH на 100 см³, що вказує на нормальний перебіг головного бродіння, оскільки згідно з нормами кислотність пива, одержаного з 16 %-го сусла, повинна знаходитись в інтервалі 2,5 – 4,5.

Віцинальні дікетони (ВДК) – 2,3-бутандіон і 2,3-пентандіон – продукти метаболізму дріжджів. При перевищенні порогового значення сприйняття 0,10 – 0,12 мг/дм³ вони надають пиву нечистого смаку. Максимальний вміст віцинальних дікетонів при головному бродінні становить 0,6 – 1,8 мг/дм³ і знижується на момент завершення цієї стадії до 0,3 – 0,6 мг/дм³ в молодому пиві. Процес редукції діацетилю продовжується при доброджуванні сусла та пов'язаний з ферментативною діяльністю дріжджів. В усіх досліджуваних зразках молодого пива досягнуто вмісту ВДК, нижчого від обмежувального рівня, а при використанні вітаміну В₅ – рівня, близького до вмісту ВДК в готовому пиві.

Результати дослідження впливу вітамінів на фізико-хімічні показники пива засвідчили, що най-

більшого ефекту досягнуто при використанні вітамінів В₉, В₅, В₁ та В₂, які позитивно впливали на ріст і розмноження дріжджів. За їх участю збільшувались ступінь збродження молодого пива та кількість утвореного етанолу (табл. 1). Крім того, зменшувалась концентрація віцинальних дікетонів, відновлення яких є одним з важливих процесів дозрівання пива, а їх вміст в напої, поряд з іншими побічними продуктами бродіння, визначає органолептичні властивості продукту.

Додавання фолієвої кислоти до сусла сприяло збільшенню ступеня збродження на 4 %, що пояснюється участю відновленої форми вітаміну В₉ (тетрагідрофолієвої кислоти) у синтезі ДНК, амінокислот, а також утворенні нових клітин, в результаті чого нагромадилось на 14,5 % більше дріжджової біомаси. Завдяки участі нікотинової кислоти в утворенні АТФ ступінь збродження сусла збільшився на 2 %, а також зменшився вміст ВДК в молодому пиві до 0,15 мг/дм³ порівняно з 0,29 мг/дм³ у контрольному зразку. Тіамін сприяв збільшенню ступеня збродження сусла та кількості біомаси дріжджів відповідно на 1,7 % та 8,7 %, швидшому відновленню ВДК. Використання ціанокобаламіну дозволило збільшити ступінь збродження сусла на 1 % та зменшити вміст ВДК, а рибофлавіну – збільшити кількість нагромадженої біомаси дріжджів на 3,9 %.

Висновки

Таким чином, використання вітамінів групи В в умовах високогустинного пивоваріння дозволяє підвищити швидкість збродження сусла і швидкість росту та розмноження дріжджів, збільшити

ступінь збродження молодого пива, концентрацію етанолу в ньому та кількість нагромадженої біомаси дріжджів, інтенсифікувати редукцію віцинальних дікетонів. Максимальний стимулюючий

ефект чинять фолієва та нікотинова кислоти, тіамін і рибофлавін, а їх оптимальне дозування становить відповідно 0,2, 0,5, 0,06 і 0,05 мг/дм³.

Список літератури:

1. Помозова В. А. Активация пивных дрожжей [Текст] / В. А. Помозова, Л. В. Пермякова, Е. А. Сафонова, В. В. Артемасов // Пиво и напитки. – 2002. – № 2. – С. 26–27.
2. Меледина Т. В. Физиологическое состояние дрожжей: Учебное пособие. [Текст] / Т. В. Меледина, С. Г. Давыденко, Л. М. Васильева. – СПб: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 48 с.
3. Підвищення бродильної активності пивоварних дріжджів за допомогою наноаквахелату цинку [Текст] / В. М. Кошова, В. С. Яжло, В. Г. Каплуненко, Ю. І. Огородник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 4(10). – С. 40–44.
4. Alfenore S. Improving ethanol production and viability of *Saccharomyces cerevisiae* by a vitamin feeding strategy during fed-batch process [Text] / S. Alfenore, C. Molina-Jouve, S. Guillouet // *Microbiol Biotechnol.* – 2002. – № 60. – P. 67–72.
5. Berg J. *Biochemistry* [Text] / J. Berg, J. Tymoczko, L. Stryer. – New York: W.H. Freeman, 2002. – 949 p.
6. Il'chenko A. P. Effect of Vitamin Concentration on the Synthesis of Lactate, Ethanol, Pyruvate, and Ethyl Acetate in Cells of the Yeast *Dipodascus magnusii* [Text] / A. P. Il'chenko, M. A. Shcherbakova // *Microbiology.* – 2008. – № 77. – P. 430–435.
7. Berry D. R. *Yeast biotechnology* [Text] / D. R. Berry, I. Russell, G. G. Stewart. – Netherlands: Springer, 2011. – 538 p.
8. Jorgensen H. Effect of Nutrients on Fermentation of Pretreated Wheat Straw at very High Dry Matter Content by *Saccharomyces cerevisiae* [Text] / Henning Jorgensen // *Humana Press.* – 2008. – P. 44–57.
9. Мелет'єв А. С. Технохімічний контроль солоду, пива та безалкогольних напоїв: підручник [Текст] / А. С. Мелет'єв, С. Р. Тодосійчук, В. М. Кошова. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 300 с.
10. Оптимальні режими головного бродиння високогустинного пивного суслу [Текст] / Т. В. Харандюк, Р. Б. Косів, Л. Я. Палиянтсія, Н. І. Березовська // 82 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». – 2016. – С. 224.

INTENSIFICATION OF HIGH GRAVITY BEER WORT FERMENTATION USING VITAMINS

R.B. Kosiv, PhD, associate professor, *E-mail:* r.kosiv@online.ua

L.Ya. Palianytsia, PhD, associate professor

N.I. Berezovska, PhD, associate professor

T.V. Kharandiuk, PhD student

Department of Technology of Organic Products

National University «Lviv Polytechnic», Str. S. Bandera 12, Lviv, Ukraine, 79013

Abstract. There has been investigated the utilization efficiency of water-soluble B-group vitamins in the process of fermentation of beer wort by means of lager fermentation yeast, strain *Saflager W-34/70* under the conditions of high gravity brewing. There has been reviewed the role of vitamins in the chemistry of alcoholic fermentation. It has been established that the introduction of B-group vitamins in high gravity beer wort allows increasing the sugars fermentation rate, yeast growth rate and reproduction, increasing the degree of fermentation of young beer. Concentration of ethanol in it and the number of accumulated yeast biomass, as well as the intensifying the reduction of vicinal diketones. The maximum stimulating effect is due to using of folic and nicotinic acid, thiamin and riboflavin, and their optimal dosage is 0,2, 0,5, 0,06 and 0,05 mg/dm³, respectively. Study of the effect of combinations of vitamins and vitamins-containing substances on the fermentation of high gravity beer wort remains topical.

Keywords: high gravity brewing, main fermentation, brewing yeast, intensification of fermentation, vitamins, the optimal dosage.

References:

1. Pomozova VA, Permyakov LV, Safonov EA, Artemas VV. Aktivatsiya pivnykh drozhzhej. Pivo i napitki. 2011; 48:26-27.
2. Meledyna TV, Davydenko SH, Vasylyeva LM. Fiziologicheskoe sostoiianie drozhzhej. SPb: NYU YTMO; YKhyBT; 2013.
3. Koshova VM, Yazhlo VS, Kaplunenko VH, Ohorodnyk YI. Pidvyshchennia brodylnoi aktyvnosti pyvovarnykh drizhdzhiv za dopomohoiu nanoakvakhelatu tsynku. Vostochno-Yevropeiskii zhurnal pieriedovykh tiekhnologii. 2015; 4(10):40-44.
4. Alfenore S, Molina-Jouve C, Guillouet S. Improving ethanol production and viability of *Saccharomyces cerevisiae* by a vitamin feeding strategy during fed-batch process. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 2002; 60(1-2):67-72.
5. Berg J, Tymoczko J, Stryer L, Stryer L. *Biochemistry.* New York: W.H. Freeman; 2002.
6. Il'chenko A, Shcherbakova V. Effect of vitamin concentration on the synthesis of lactate, ethanol, pyruvate, and ethyl acetate in cells of the yeast *Dipodascus magnusii*. *Microbiology.* 2008; 77(4):430-435.
7. Berry DR, Russell I, Stewart GC. *Yeast biotechnology.* Netherlands: Springer; 2011.
8. Jorgensen H. Effect of nutrients on fermentation of Pretreated wheat straw at very high dry matter content by *Saccharomyces cerevisiae*, *Applied Biochemistry and Biotechnology.* 2008; 153(1-3):44-57.
9. Meletiev AC, Todosiichuk SR, Koshova VM. Tekhnokhimichniy kontrol solodu, pyva ta bezalkoholnykh napoiv. Vinnycia: Nova knyha, 2008.
10. Kharandiuk TV, Kosiv RB, Palianytsia LY, Berezovska NI. Optymalni rezhymy holovnoho brodynnia vysokohustynnoho pivnoho susla. 82 Mizhnarodna naukova konferentsiia molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv «Naukovi zdobutky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti». 2016; 224.

Отримано в редакцію 15.06.2016

Прийнято до друку 11.08. 2016