

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

БЕРЕЗКА ТЕТЯНА ОЛЕКСАНДРІВНА



УДК 663.4: 66.094.3-926-217

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИСОКОСТІЙКОГО ПИВА З
ВИКОРИСТАННЯМ АНТИОКСИДАНТІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність: 05.18.05 — технологія цукристих речовин та
продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України та Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Мелетьєв Анатолій Євгенович,
Національний університет харчових
технологій, професор кафедри біотехнології
продуктів бродіння і виноробства

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Левандовський Леонід Вікторович,
Київський національний торговельно-
економічний університет Міністерства освіти і
науки України, професор кафедри технології і
організації ресторанного господарства

кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник

Проценко Лідія Василівна,
Інститут сільського господарства Полісся
Національної академії аграрних наук України,
завідувач відділу біохімії хмелю та пива

Захист відбудеться " 11 " березня 2015 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий " _____ " _____ 20____ р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 26.058.04, к.т.н., доц.

Карпугіна М.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема підвищення стійкості пива має першорядне значення у зв'язку зі зростанням вимог до конкурентоздатності вітчизняного пива і розширенням ринку його збуту.

Процеси помутніння та пов'язані з цим зміни аромату і смаку пива спричиняють дві групи факторів – біологічні, що обумовлені розвитком у товарному пиві мікроорганізмів і визначають біологічну стійкість, та фізико-хімічні перетворення колоїдних речовин пива, які обумовлюють його колоїдну стійкість.

Якщо біологічну стійкість пива підвищують шляхом більш суворого дотримання належного санітарно-гігієнічного рівня виробництва та додатковою пастеризацією, то суттєве підвищення колоїдної стійкості пива вимагає застосування спеціальних технологічних заходів під час приготування і зброджування сусла та стабілізації пива перед випуском у продаж. Різноманітні адсорбенти, такі як таніни, силікагелі, полівінілполіпіролідон, а також ферменти, які використовують для стабілізації, сприяють зниженню вмісту основних попередників каламуті пива – поліпептидів і поліфенолів. Але вони часто мають негативний вплив на колір, піностійкість, хмелеву гіркоту та специфічні органолептичні особливості і не забезпечують достатню стабільність пива.

Світовою практикою пивоваріння встановлено, що присутність кисню спричиняє окисну полімеризацію поліфенолів та укрупнення поліпептидів пива і призводить до утворення складних малорозчинних комплексів – складових каламуті пива. Для зменшення дії кисню застосовують цистеїн, аскорбінову кислоту та її солі, які діють як акцептори кисню, але не зупиняють ланцюгового вільнорадикального процесу окиснення компонентів пива. Для цього необхідні речовини – інгібітори окисних процесів, які здатні реагувати з пероксидними радикалами, утворюючи малоактивні або неактивні сполуки.

В Українському науково-дослідному інституті харчової промисловості отримано високоактивні і нетоксичні антиоксиданти для харчової промисловості з кори дуба, плодів горобини звичайної, трави звіробою, листя м'яти перцевої, трави чебрецю, листя мати-й-мачухи. Їх хімічний склад і властивості близькі до сировини для пивоваріння. Водночас використання рослинних антиоксидантів відповідає сучасній тенденції підвищення харчової безпеки продуктів. Тому проведення досліджень щодо впливу цих речовин на перебіг специфічних процесів отримання високостійкого пива є актуальним і складає наукове завдання, яке вирішує дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження проводились згідно з договором № 48866 від 29.06.2001 р. «Дослідження впливу добавок антиоксидантів з рослинної сировини на стабільність пива» (Договір НТУ «Харківський політехнічний інститут» з ВАТ «Пивзавод «Рогань») та держбюджетною темою М4821 «Новітні біотехнології солоду і пива» кафедри технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (0110U001243).

Тема дисертаційної роботи входить також до науково-дослідної тематики кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства Національного університету харчових технологій «Розроблення теоретичних основ ресурсо-енергозберігаючих та безвідходних технологій харчового та технічного спирту, солоду, пива, вина, безалкогольних напоїв, концентратів та екстрактів оздоровчої дії» (№ 0113U007689), де здобувач була відповідальним виконавцем окремих етапів робіт.

Автором особисто розроблено програми та методики лабораторних і промислових досліджень, оброблено та узагальнено отримані результати, визначено оптимальні значення технологічних параметрів.

Мета і завдання досліджень. *Мета роботи* – удосконалення технології пива з підвищеною колоїдною стійкістю шляхом сумісного використання хмелю і антиоксидантів з рослинної сировини.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

- на підставі аналізу науково-технічної літератури і теоретичних узагальнень обґрунтувати вибір ефективних рослинних антиоксидантів та дослідити їх взаємодію з гіркими речовинами хмелю в процесі окисної деструкції за вільнорадикальним механізмом;
- визначити вплив антиоксидантів з рослинної сировини на процес коагуляції білків під час приготування сусла;
- дослідити вплив антиоксидантів на гармонізацію смаку пива на стадії зброджування та дозрівання;
- дослідити вплив добавок антиоксидантів на стійкість непастеризованого і пастеризованого пива;
- розробити технологію пива підвищеної стійкості з використанням антиоксидантів з рослинної сировини;
- провести апробацію технології високостійкого пива у промислових умовах та розробити відповідну нормативну документацію.

Об'єкт дослідження – технологія пива підвищеної стійкості з використанням антиоксидантів з рослинної сировини.

Предмет дослідження – перебіг технологічних процесів приготування пива з додаванням антиоксидантів з рослинної сировини; технологічні параметри; склад і показники якості пивного сусла і пива.

Методи дослідження. Хімічний склад, показники якості сусла та пива визначали загальноприйнятими методами технохімічного контролю у пивоварній галузі. Дослідження впливу антиоксидантів на окиснення компонентів хмелю здійснювали спектрофотометричним методом; впливу антиоксидантів на вміст смакових і ароматичних речовин пива – методом газової хроматографії, визначення оптимальних умов внесення хмелю та антиоксидантів у сусло – методом математичного планування експерименту та регресійного аналізу з використанням програмних пакетів MathCad і Microsoft Excel.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- науково обґрунтовано і експериментально підтверджено класичну теорію

вільнорадикального механізму для пояснення процесів окиснення гірких речовин хмелю і виявлено можливість його гальмування рослинними антиоксидантами шляхом їх взаємодії з вільними радикалами ізо- α -кислот хмелю;

- вперше експериментально встановлено залежність величини хмельової гіркоти суслу від кількості антиоксидантів та обґрунтовано їх норму внесення;

- одержано нові наукові дані щодо кількості та складу білкових речовин – попередників каламуті пива, видалених із суслу, отриманого з антиоксидантами з рослинної сировини;

- вперше виявлено здатність антиоксидантів з рослинної сировини прискорювати процеси редукції діацетилу при зброджуванні та дозріванні пива, що зумовлює підвищення його стійкості та високу смакову якість;

- встановлено вплив антиоксидантів з рослинної сировини на підвищення стабільності пива за рахунок зрушення рівноваги окисно-відновних реакцій окиснення основних компонентів суслу та пива у бік відновлення.

Практичне значення одержаних результатів. Визначено оптимальні дози антиоксидантів з кори дуба, трави звіробою та листя м'яти перцевої.

На основі встановлених залежностей між кількістю АО з рослинної сировини і хмельовою гіркотою визначено раціональні технологічні режими їх використання під час кип'ятіння і охолодження суслу.

Розроблено спосіб стабілізації пива антиоксидантом з кори дуба (патент України на корисну модель № 84557).

Технологію пива з антиоксидантами з рослинної сировини апробовано на заводі Харківського відділення ПАТ «Сан ІнБев Україна» з економічним ефектом 70 тис. грн. на 1 млн. дал пива.

Результати дисертаційної роботи використовуються при викладанні дисциплін «Наукові основи технології бродильних виробництв», «Технологія галузі», «Актуальні питання технології солоду і пива» та курсовому і дипломному проектуванню, а також в науково-дослідній роботі студентів зі спеціальності 05170106 «Технологія продуктів бродіння та виноробства».

Особистий внесок здобувача. Основні положення дисертаційної роботи, що винесено на захист, здобувачем одержані самостійно, а саме: планування і проведення експерименту, обробка експериментальних даних, математичне моделювання, узагальнення отриманих результатів і формулювання основних висновків. Постановку мети, задач досліджень, аналіз, обговорення одержаних результатів виконано разом з науковим керівником д.т.н., проф. Мелетьєвим А.Є., а також за консультаціями зі спеціалістами у галузі окисних процесів харчових продуктів – к.т.н., проф. Даниловою Л.А. та д.т.н., проф. Демидовим І.М.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень обговорено на: XI, XII, XVI, XVII, XIX, XXI Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2003, 2004, 2008, 2009, 2011, 2013 pp.), 77-й науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства» (м. Київ, НУХТ, 2011p.),

IV Міжнародній науково-практичній конференції «Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку.» (м. Алушта, 2011р).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 13 наукових працях, в тому числі 7 статтях у фахових виданнях України, одна з яких у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз; у 1 патенті України на корисну модель; у 4 тезах доповідей на міжнародних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновків та 13 додатків. Повний обсяг 181 сторінок; з них 17 рисунків по тексту; 71 таблиць по тексту, 4 таблиці на двох окремих сторінках, список використаних джерел 122 найменування на 12 сторінках, 13 додатків на 41 сторінці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету і задачі досліджень, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено дані щодо їх апробації, а також відомості про особистий внесок здобувача, наведено кількість публікацій.

У першому розділі «Теоретичні основи технології стабільного пива і шляхи підвищення його стійкості» наведено аналіз науково-технічної інформації вітчизняних та закордонних науковців щодо сучасних тенденцій у технології стабільного пива. Встановлено негативну роль кисню на кожному етапі виготовлення пива. Розглянуто вплив сировини та технологічних заходів на стійкість пива. Зазначено, що для захисту від окисних процесів до пива додають відновлюючі речовини штучного походження. Розглянуто необхідність використання для захисту від окиснення речовин рослинного походження, які здатні реагувати або з пероксидними радикалами, або такі, що руйнують гідропероксиди без утворення радикалів, тобто антиоксидантів фенольного типу. До них відносять антиоксиданти (АО) з кори дуба, плодів горобини звичайної, трави звіробою, листя м'яти перцевої, трави чебрецю, листя мати-й-мачухи, дію яких у виробництві пива не досліджено. Зроблено висновки з доцільності таких досліджень. Сформульовано задачі досліджень.

У другому розділі «Об'єкти, методика досліджень та методи аналізу» представлено загальну методику проведення дисертаційного дослідження. Наведено характеристику сировини та напівпродуктів, допоміжних матеріалів, антиоксидантів з кори дуба, плодів горобини звичайної, трави звіробою, листя м'яти перцевої, трави чебрецю, листя мати-й-мачухи, методику досліджень і методи аналізу.

Роботу виконано у лабораторних і виробничих умовах з використанням загальноприйнятих та спеціальних методів досліджень, зокрема визначення у складі хмелю і у модельних сумішах α -, β - та ізо- α - кислот, діацетилу в суслі і пиві проведено спектрофотометричним методом. Вимірювання вмісту летких продуктів бродіння проведено на газовому хроматографі AUTOSYSTEM XL. Окисно-відновні властивості визначено колориметричним методом за

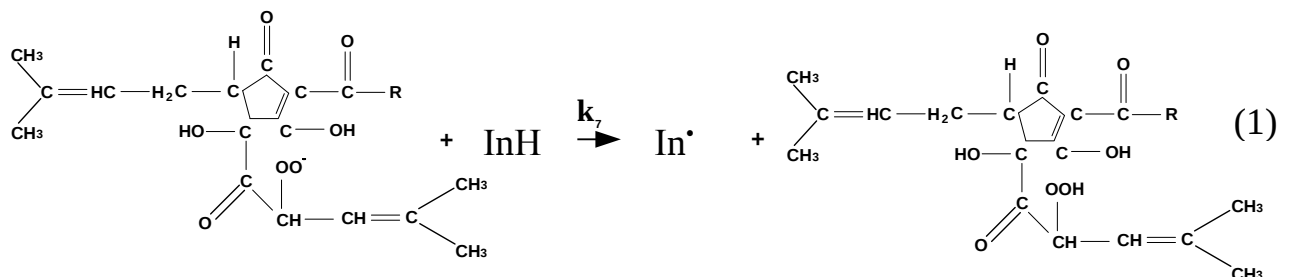
відсотковим знебарвленням індикатора 2,6-діхлорфеноліндофеноляту натрію з урахуванням впливу рН середовища.

Для математичного планування експериментів та обробки отриманих даних застосовано методи програмних пакетів MathCad, Microsoft Excel та програма оптимізації OptLab.

У третьому розділі «Дослідження впливу антиоксидантів з рослинної сировини на якість пива під час приготування сусла» представлені результати досліджень впливу добавок АО з рослинної сировини на окиснення гірких речовин та процеси коагуляції білків в суслі і пиві.

В роботі запропоновано пояснення реакцій окиснення ізо- α -кислот при кип'ятінні сусла із хмелем з позиції вільнорадикального механізму. Встановлено, що за рахунок вільнорадикальних реакцій окиснення ізо- α -кислот відбувається утворення в пиві летких сполук, що надають йому запах «несвіжості». Радикал, що утворюється з метилбутиленового альдегіду є дуже активним і реагує із сульфгідрильними групами білків з утворенням меркаптанів. Ізо- α -кислоти окиснюються до негірких гумуленових кислот.

Сповільненню окиснення ізо- α -кислот сприяє додавання в сусло або пиво речовини, яка швидко реагує з пероксидними радикалами. До таких речовин належать АО з рослинної сировини (ТУ У 18.483-98), що реагують із пероксидними радикалами за схемою (1). Гальмуюча дія АО залежить від двох обставин: швидкості реакції взаємодії пероксидних радикалів з інгібіторами (InH) та від активності радикалів, що утворюються з молекул інгібіторів, причому чим менш активний радикал антиоксиданту (In $\cdot$), тим сильніший ефект гальмування.



Внаслідок окиснення ізо- α -кислот спостерігаються втрати гіркоти сусла і відповідно пива. Експериментально досліджено вплив антиоксидантів на окиснення гірких речовин хмелю.

Визначено умови, що забезпечують прискорене окиснення компонентів хмельових смол на модельних розчинах CO₂-екстракту хмелю – застосування озонованого повітря, тривалість окиснення 60 хвилин.

Динаміка окиснення водного розчину CO₂-екстракту хмелю в прискорених умовах у присутності АО з рослинної сировини з метою визначення найефективнішого антиоксиданту наведена на рис. 1.

Встановлено, що додавання АО до водного розчину CO₂-екстракту хмелю зумовлює зниження швидкості окиснення гірких речовин хмелю, причому найбільш ефективними є АО із трави звіробою, кори дуба і листя м'яти перцевої – у 1,5...2 рази у порівнянні з контролем.

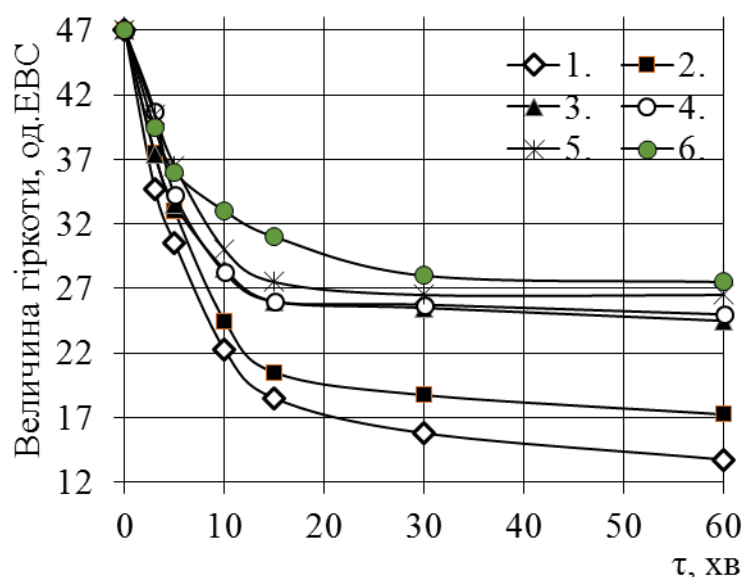


Рисунок 1 – Динаміка окиснення водного розчину CO_2 -екстракту хмелю: 1 – без добавки; 2 – із кори дуба; 3 – з листя м'яти перцевої; 4 – з трави чабрецю; 5 – із плодів горобини звичайної; 6 – із трави звіробою; 7 – із листя мати-й-мачухи

З метою визначення раціонального дозування АО проведено серію експериментів у прискорених умовах окиснення водного розчину хмелевого CO_2 -екстракту з додаванням різних концентрацій АО. Результати досліджень наведено на рис. 2.

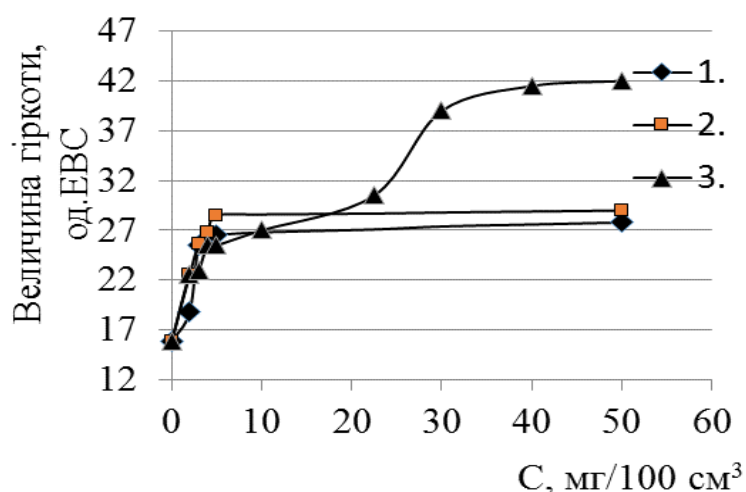


Рисунок 2 – Залежність вмісту ізо- α -кислоти (ВГ, од.ЕВС) у водному розчині CO_2 -екстракту хмелю від концентрації антиоксиданту (C , мг/100 см³): 1 – з кори дуба; 2 – з трави звіробою; 3 – з листя м'яти перцевої через 30 хвилин від початку окиснення

Виявлено, що оптимальна кількість АО з кори дуба та трави звіробою становить 3 мг сухих речовин/100 см³, а з листя м'яти перцевої, що не впливає на смак і аромат – 2 мг сухих речовин/100 см³. Додавання АО з листя м'яти перцевої у кількості 30 мг сухих речовин/100 см³ є перспективним для створення нових сортів пива, які характеризуються присмаком і ароматом м'яти.

Для захисту ізо- α -кислот від окисної деструкції визначено тривалість кипіння суслу з гранульованим хмелем до внесення АО, що забезпечує максимальний вміст гірких речовин у суслі. Результати дослідження наведено на рис. 3. Вони свідчать про те, що максимальний вміст гірких речовин спостерігається при введенні антиоксидантів через 50 хвилин від початку кип'ятіння суслу з хмелем.

Важливим фактором, що обумовлює стійкість пива є вміст у суслі білкових речовин, які в подальшому можуть спричиняти помутніння пива.

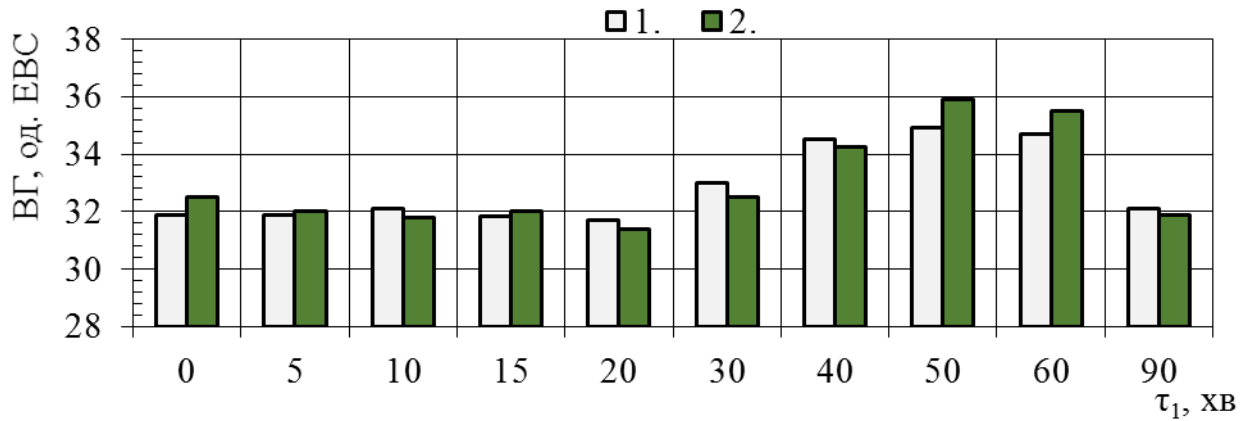


Рисунок 3 – Залежність вмісту гірких речовин в суслі (ВГ) від тривалості кипіння суслу з хмелем до внесення АО з кори дуба(1) та листя м'яти перцевої (2)

Результати дослідження впливу АО на процес коагуляції білків при кип'ятінні суслу, які наведено в табл. 1, свідчать про те, що найбільш ефективно сприяють коагуляції білків неохмеленого суслу АО з кори дуба і листя м'яти перцевої. Кількість загального азоту зкоагульованого білку з добавкою АО з кори дуба становить – 12,6 мг, а з добавкою АО з м'яти – 9,1 мг. Для порівняння – добавка водно-спиртового екстракту хмелю в сусло сприяє коагуляції лише 8,4 мг загального азоту суслу. Таким чином, АО з кори дуба в порівнянні з водно-спиртовим екстрактом із гранульованого хмелю більш ніж на 30 % збільшує кількість зкоагульованого білку, а АО з листя м'яти перцевої – на 10 %.

Таблиця 1 – Вплив АО на коагуляцію білків у неохмеленому пивному суслі

Зразок суслу	Загальний азот, мг /100 см ³			
	у суслі	у зкоагульованому білку	у грубій зависі	у тонкій зависі
Сусло до кип'ятіння	88,2	–	–	–
Сусло після кип'ятіння:				
без добавок	80,5	7,7	3,0	4,7
З додаванням АО:				
з кори дуба	75,6	12,6	5,2	7,4
із трави звіробою	82,6	5,6	4,9	0,7
із листя мати-й-мачухи	82,6	5,6	4,6	1,0
із листя м'яти перцевої	79,1	9,1	4,8	4,3
із трави чебрецю	84,7	3,5	3,8	–
із плодів горобини звичайної	82,6	5,6	4,7	0,9
водно-спиртового екстракту із гранульованого хмелю	79,8	8,4	4,7	3,7

Подальші дослідження впливу антиоксидантів на коагуляцію білка проведені під час охмелення суслу. Встановлено, що найбільша кількість азотистих речовин з осадом відділяється із охмеленого суслу в присутності АО

з кори дуба, мати-й-мачухи, листя м'яти перцевої і трави чебрецю. Сусло з добавками цих АО характеризується також більшою величиною гіркоти, що пояснюється захистом ізо- α -кислот від глибокої окисної деструкції.

У лабораторних умовах з охмеленого сусла з добавками антиоксидантів було приготовлене пиво. Вивчали вплив на якість пива саме тих АО, додавання яких забезпечувало максимальний осад попередників каламуті пива при внесенні АО через 50 хвилин від початку кип'ятіння сусла з хмелем. В результаті встановлено, що додавання АО із листя м'яти перцевої та кори дуба найбільш ефективно сприяє коагуляції білків сусла і освітленню пива.

Досліджено також вплив АО із листя м'яти перцевої та кори дуба на коагуляцію білків при охолодженні сусла в гідроциклоні. На цьому етапі було визначено, що найбільш ефективним є антиоксидант з кори дуба.

У четвертому розділі «Дослідження впливу антиоксидантів із рослинної сировини під час бродіння і доброджування на якість пива» наведено результати досліджень впливу АО з рослинної сировини на склад вторинних і побічних продуктів бродіння, що формують смак і аромат пива та окисні процеси при доброджуванні та дозріванні.

Під час бродіння дріжджі виділяють у пиво цілий ряд хімічних речовин. Особливо впливовим летким метаболітом окиснювального обміну дріжджів є діацетил, який надає пиву відтінок медового аромату і присмаку, через що вміст його має бути мінімальним. Антиоксиданти мають властивість впливати саме на відновні процеси і сприяють відновленню діацетилю і ацетоїну до нешкідливого для смаку і аромату пива бутандіолу (2,3-бутиленгліколь).

В результаті досліджень з АО з кори дуба отримано хроматографічний склад летких ароматичних сполук пива, який наведено в табл. 2., де зразок 1 – без добавок АО (контрольний), зразок 2 – АО внесено на стадії головного бродіння; зразок 3 – АО внесено на стадії доброджування.

Таблиця 2 – Склад летких ароматичних сполук пива з АО з кори дуба, мг/дм³

Зразок	Ацеталь-дегід	Діацетил	Етил-ацетат	2,3-пентан-діон	н-пропанол	Ізобутанол
Молоде пиво						
1	7,34	0,157	5,89	0,1151	11,02	10,59
2	5,88	0,132	5,91	0,1271	12,22	11,84
Готове пиво						
1	6,25	0,1176	6,78	0,1179	10,94	11,0
2	5,02	0,0882	4,39	0,126	11,35	12,56
3	5,13	0,0870	6,69	0,1467	10,58	12,15

Встановлено, що пиво з добавками АО із кори дуба містить менше летких метаболітів окиснювального обміну: вміст діацетилю зменшується на 24...25 %, ацетальдегіду – на 18...20 %. Таким чином, використання АО як на стадії головного бродіння, так і на стадії доброджування сприяє відновленню діацетилю, а отже, відповідно зменшує і тривалість процесу дозрівання.

Виявлення впливу антиоксидантів під час доброджування і дозрівання на окисно-відновні перетворення в пиві показали позитивний вплив АО на відновну здатність пива. Досліджували зразки, які доброджували за температури 1,5...2,0 °C, за станом на сьому, чотирнадцяту, двадцять першу й двадцять восьму добу. Аналізували: рН, окисно-відновний потенціал (rH_2), показник знебарвлення індикатора (ПЗІ), величину гіркоти, вміст діацетилу, масову частку спирту, дійсного екстракту і дійсний ступінь зброджування. У всіх зразків пива з додаванням антиоксидантів спостерігався нижчий окисно-відновний потенціал і більш висока відновна здатність за індикаторним тестом ПЗІ у порівнянні з контрольним зразком. Зниження вмісту діацетилу до величини 0,1...0,11 мг/дм³ відбулося на 14-у добу дозрівання, а в контрольному – до 0,12 мг/дм³ на 21-у добу, тобто процес дозрівання скорочується у 1,4...1,5 рази. Найефективнішими на цьому етапі виявилися порошкоподібна кора дуба та АО з кори дуба, трави звіробою і чебрецю. Показники якості зразків пива досліджували також і у процесі зберігання пива. Виявлено, що у процесі зберігання зразки пива з додаванням антиоксидантів більш стійкі до процесів окиснення. Кращими є АО з кори дуба й трави звіробою, а також порошкоподібна кора дуба.

У п'ятому розділі «Дослідження впливу антиоксидантів із рослинної сировини на якість непастеризованого і пастеризованого пива» представлено результати досліджень впливу на якість пива добавок АО із рослинної сировини під час фільтрації і пастеризації.

Дослідження проводили в лабораторних умовах зі зразками пива, відібраними з промислових апаратів доброджування. АО вносили перед фільтрацією пива. Внесена доза АО становила: з кори дубу (зразок 2) – 30 мг/дм³ із трави звіробою (зразок 3) й плодів горобини звичайної (зразок 7) – 20 мг/дм³; з листя мати-й-мачухи (зразок 4), трави чебрецю (зразок 5) й листя м'яти перцевої (зразок 6) – 5 мг/дм³, зразок 1 – контрольний (без добавок). Дози антиоксидантів підбирали таким чином, щоб вони не змінювали смак і аромат пива. Відфільтровані зразки ставили на зберігання в умовах прискореного псування. Визначали зміни показників пива у процесі зберігання, на які впливає кисень: рН, кислотність, показник знебарвлення індикатору (ПЗІ), мутність, колір, величина хмелевої гіркоти, вміст високомолекулярних азотистих сполук, поліфенолів та антоціаногенів.

Зміну показника мутності у процесі зберігання в умовах прискореного псування наведено у табл. 3. Схожі залежності отримано для величини кислотності, рН та показника знебарвлення індикатору. Інші визначені показники в процесі зберігання не змінювалися. Встановлено, що термін зберігання непастеризованого пива збільшився в 2...2,3 рази без будь-яких відхилень фізико-хімічних показників дослідних зразків від вимог НД.

Виявлено також вплив АО на якість пастеризованого пива, де АО додавали перед фільтруванням. Відфільтроване пиво пастеризували і ставили на зберігання. Визначали показники: рН, кислотність та показник знебарвлення індикатору (ПЗІ), які найкраще відображають зміни, що відбуваються під час прискореного окиснення. Виявлено, що термін зберігання пастеризованого пива

з АО збільшився в 1,1...1,3 рази. Найефективнішими є АО з кори дуба та трави звіробою.

Таблиця 3 – Зміна показника мутності зразків пива в процесі зберігання

№ зразка	Термін зберігання, діб							
	0	1	2	3	5	6	7	8
	Мутність, од. ЕВС							
1	0,69	0,73	0,75	0,81	4,09	–	–	–
2	0,85	0,87	0,89	0,89	0,87	0,87	1,93	–
3	0,73	0,73	0,76	0,76	0,77	0,76	0,78	2,1
4	0,75	0,75	0,76	0,78	4,25	–	–	–
5	0,80	0,80	0,79	0,81	0,81	0,80	2,0	–
6	0,71	0,73	0,80	0,80	0,81	0,80	2,1	–
7	0,71	0,71	0,72	0,72	0,71	0,72	0,72	2,0

У шостому розділі «Розробка технології пива підвищеної стабільності з використанням антиоксидантів з рослинної сировини» представлено дослідження щодо визначення технологічних режимів використання антиоксидантів на стадії приготування суслу і при додаванні в пиво.

На стадії приготування суслу визначали вплив АО на якість суслу і пива при внесенні хмелю в один або декілька прийомів.

Для визначення раціонального режиму використання АО на стадії кип'ятіння й охолодження суслу під час внесення хмелю в один прийом було приготовлено зразки пива (табл. 4): 1 – контрольний (тільки з хмелем), 2 – з додаванням АО із кори дуба перед гідроциклонним апаратом; 3 – з додаванням АО із кори дуба через 50 хв від початку кипіння суслу із хмелем; 4 – з додаванням АО із м'яти через 50 хв від початку кипіння суслу із хмелем. Хмельові продукти в дослідні зразки нормували з економією 10 %.

Таблиця 4 – Фізико-хімічні показники якості пива з добавками антиоксидантів при різних режимах

№ зразку	Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	Показник знебарвлення індикатору (ПЗІ), %	rH ₂	Вміст поліфенолів, мг/дм ³	Вміст антоціаногенів, мг/дм ³	Індекс полімеризації (ПІ)	Таніновий показник, D	Величина гіркоти, од. ЕВС	Дегустаційна оцінка, бали
1	1,2	29,1	15,9	159,9	60,3	2,7	0,400	31,0	19,2
2	1,2	34,0	15,8	153,9	57,0	2,7	0,374	31,5	23,6
3	1,2	29,8	15,8	163,4	60,5	2,7	0,392	30,3	21,4
4	1,3	29,8	15,8	151,7	60,3	2,5	0,320	25,8	21,0

Згідно з даними табл. 4 визначено, що найбільш стабільним є пиво, отримане шляхом добавки АО з кори дуба після кип'ятіння суслу з хмелем перед подачею його до гідроциклонного апарату (2-й зразок). Цей зразок пива

має високу прогнозовану колоїдну стійкість за показниками: низький таніновий показник, високе значення показника знебарвлення індикатора, нижчий вміст антоціаногенів. За величиною гіркоти він не поступався зразкам з повною нормою хмелю. Дегустаційно відмічено виражений аромат, повний смак без сторонніх присмаків і гармонійність гіркоти отриманого таким способом пива, оцінку в балах наведено у табл. 4.

Після 60-ти діб зберігання зразки пива були проаналізовані за тими ж показниками, що й свіжоприготовлене пиво (табл. 5). Більш стійким до зміни своїх окисно-відновних властивостей виявився другий зразок. Дегустаційна оцінка підтвердила й більш високі органолептичні властивості цього зразка у порівнянні з іншими зразками.

Таблиця 5 – Фізико-хімічні показники пива з добавками антиоксидантів при різних режимах після двох місяців зберігання

№ зразку	Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	Амінний азот, мг/100 см ³	Таніновий показник, D	Показник знебарвлення індикатору (ПЗІ), %	Вміст антоціаногенів, мг/дм ³	Величина гіркоти, од. ЕВС
1	1,3	13,5	0,418	25,8	51,1	29,2
2	1,2	13,5	0,370	33,3	56,8	31,0
3	1,2	14,2	0,390	22,8	60,0	29,0
4	1,3	14,0	0,328	27,6	59,8	24,9

Для визначення оптимального режиму використання антиоксиданту з кори дуба під час внесення хмелепродуктів у три прийоми сплановано повний факторний експеримент з впливовими факторами на величину гіркоти – у: x_1 – тривалість кип'ятіння з суслом першої порції гіркого хмелю; x_2 – тривалість кип'ятіння з суслом другої порції гіркого хмелю; x_3 – тривалість кип'ятіння з суслом порції ароматного хмелю; x_4 – тривалість кип'ятіння з суслом антиоксиданту з рослинної сировини.

Після статистичної обробки експериментальних даних отримали наступне адекватне рівняння регресії:

$$y = 19,0 + 0,01x_2 + 0,57x_3 + 0,073x_4 + 0,0014x_1x_2 + 0,0099x_1x_3 - 0,0025x_1x_4 - 0,0055x_2x_3 + 0,00052x_2x_4 - 0,0049x_3x_4 + 0,08x_1 + 0,000085x_1x_2x_3 + 0,000082x_1x_3x_4 + 0,000021x_2x_3x_4.$$

Це рівняння відображує залежність величини гіркоти від тривалості кип'ятіння сусла з хмелепродуктами та антиоксидантами.

Розрахунковим методом з використанням програми OptLab для даного регресійного рівняння було знайдено локальний екстремум, який досягається у верхній межі дослідження. Оптимальні значення $x_1 = 55$ хв, $x_2 = 80$ хв, $x_3 = 80$ хв, $x_4 = 90$ хв.

Для вивчення закономірностей впливу факторів на перебіг процесу охмелення сусла рівняння регресії представлено в графічному вигляді на рис. 4.

Наведені поверхні відгуку відображають залежність величини гіркоти від двох перемінних, при цьому інші два параметри зафіксовано в оптимальних значеннях.

Згідно з представленими графічними даними (рис. 4) при фіксованих оптимальних значеннях тривалості кип'ятіння другої порції гіркового хмелю ($x_2 = 80$ хв) та антиоксиданту ($x_4 = 90$ хв) максимальна величина гіркоти досягається при значеннях тривалості кип'ятіння першої порції гіркового хмелю – $x_1 = 55$ хв та тривалості кип'ятіння ароматного хмелю – $x_3 = 80$ хв.

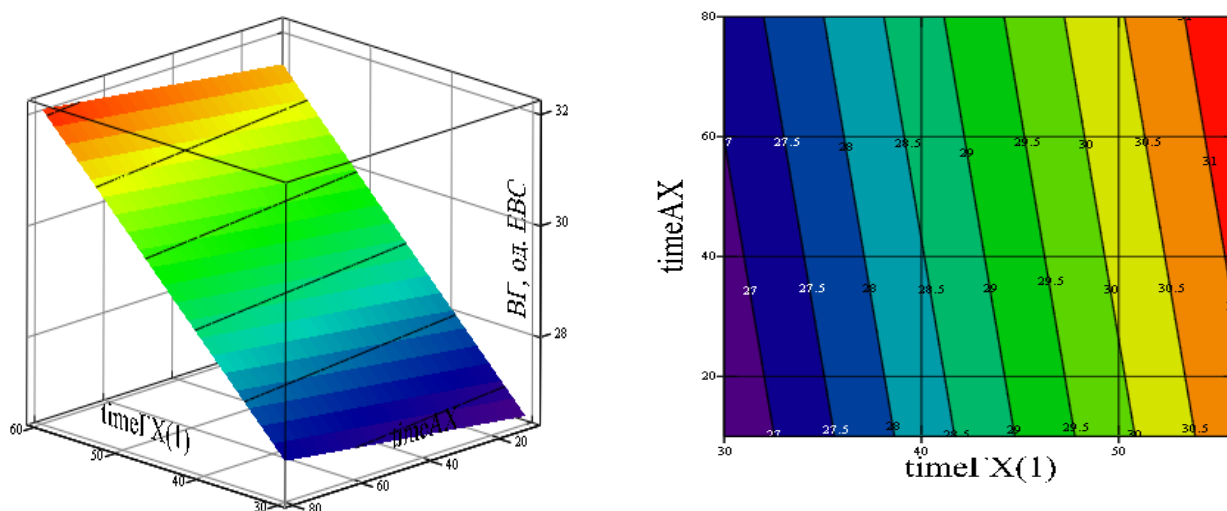


Рисунок 4 – Залежність величини гіркоти від тривалості кип'ятіння першої порції гіркового хмелю та тривалості кип'ятіння ароматного хмелю
time GX(1) – x_1 ; time GX(2) – x_2 ; time AX – x_3 ; time AO – x_4 ; BG – y

На основі вибраного дослідного режиму використання антиоксиданту і хмелю ($x_1 = 55$ хв, $x_2 = 80$ хв, $x_3 = 80$ хв, $x_4 = 90$ хв) виготовили пиво для порівняння з продуктом, отриманим за заводським режимом (табл. 6). Для гарантованого збереження гірких речовин при дії АО з кори дуба у пивне сусло другу порцію хмелю внесли з економією 10 %.

Таблиця 6 – Режими дозування хмелепродуктів

Режим дозування	Норма хмелю, г/дм ³			Тривалість кип'ятіння сусла, хв			
	1 гіркий хміль	2 гіркий хміль	Ароматний хміль	з 1-ою порцією гіркового хмелю	з 2-ою порцією гіркового хмелю	з ароматним хмелем	з АО з кори дуба
Заводський	0,146	0,146	0,164	80	60	10	–
Дослідний	0,146	0,131	0,164	55	80	80	90

В охмеленому суслі і готовому пиві визначено показники якості, які наведено у табл. 7.

Виявлено, що показник знебарвлення індикатору (ПЗІ) пива вищий при використанні дослідного режиму, тобто отримане пиво більш відновлене у

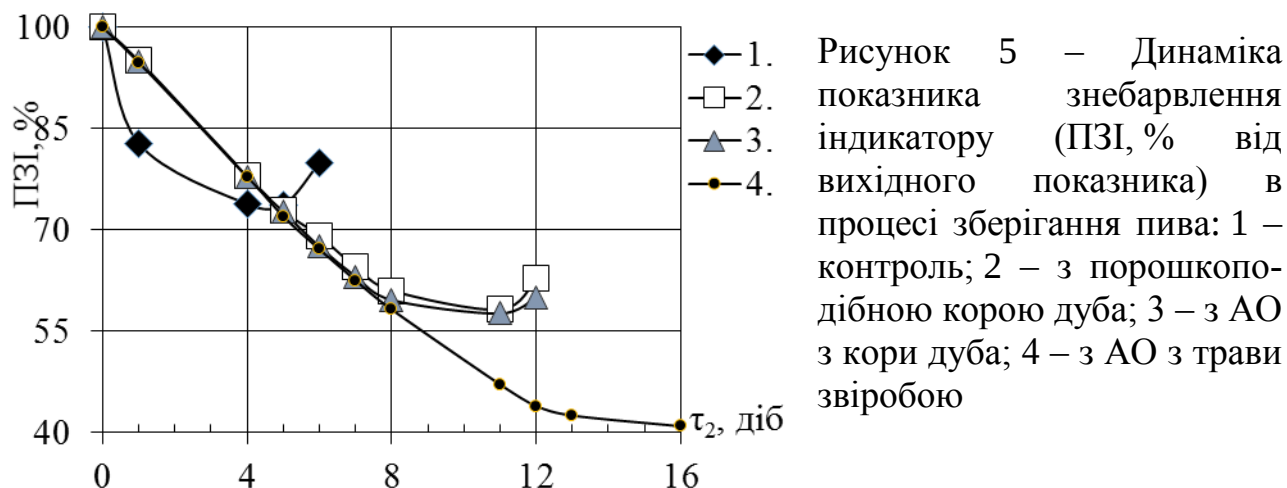
порівнянні з заводським режимом. Величина гіркоти пива, отриманого за заводським режимом і за дослідним режимом, однакова, не зважаючи на 10 % економію хмелю.

Таблиця 7 – Показники якості суслу і пива

Зразок	Режим дозування	Показники якості						
		pH	Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³	Колір, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину J ₂ на 100 см ³	ПЗІ, %	Величина гіркоти, од. ЕВС	Масова частка екстракту, %	Масова частка спирту, %
Охмелене сусло	Заводський	5,47	1,6	0,46	63,4	31,5	—	—
	Дослідний	5,47	1,6	0,37	68,9	31,9	—	—
Готове пиво	Заводський	4,28	2,2	0,54	58,0	25,1	3,9	3,87
	Дослідний	4,28	2,1	0,5	64,9	25,2	3,81	4,05

Під час розробки технології пива з використанням антиоксидантів при додаванні в готове пиво використано результати досліджень впливу добавок АО під час доброджування, фільтрації та пастеризації, які показали, що найбільш ефективними є АО з кори дуба, трави звіробою і порошкоподібна кора дуба, а рекомендоване дозування їх: з кори дуба – 3 мг, із трави звіробою – 2 мг, порошкоподібної кори дуба – 26 мг на 100 см³ пива; рекомендований технологічний етап введення антиоксидантів з рослинної сировини для виробництва стабільного пива – стадія доброджування.

Для підтвердження правильності зроблених припущень проведено експеримент, у ході якого обрані АО вводилися на стадії доброджування. Готове пиво фільтрували, пастеризували й аналізували в процесі зберігання в умовах прискореного псування. Дослідження зразків пива за такими показниками як pH і ПЗІ (рис. 5) проводили щодня, а за такими показниками як: колір, кислотність, вміст гірких речовин, вміст високомолекулярних сполук, поліфенолів, антоціаногенів і танінового показника – один раз на тиждень.



Проміжок часу від початку зберігання до моменту росту ПЗІ добре характеризує стійкість зразків пива до впливу кисню в умовах прискореного псування. Для захисту готового пива від окисного псування й одержання більш стійкого пива варто вводити АО зі звиробю й кори дуба, а також порошкоподібну кору дуба на етапі доброджування.

Обрані технологічні режими використання АО із рослинної сировини у виробництві пива апробовано на заводі Харківського відділення ПАТ «САН ІнБев Україна». Розроблено тимчасову технологічну інструкцію на дослідну партію продукції.

Удосконалену технологічну схему наведено на рис. 6.

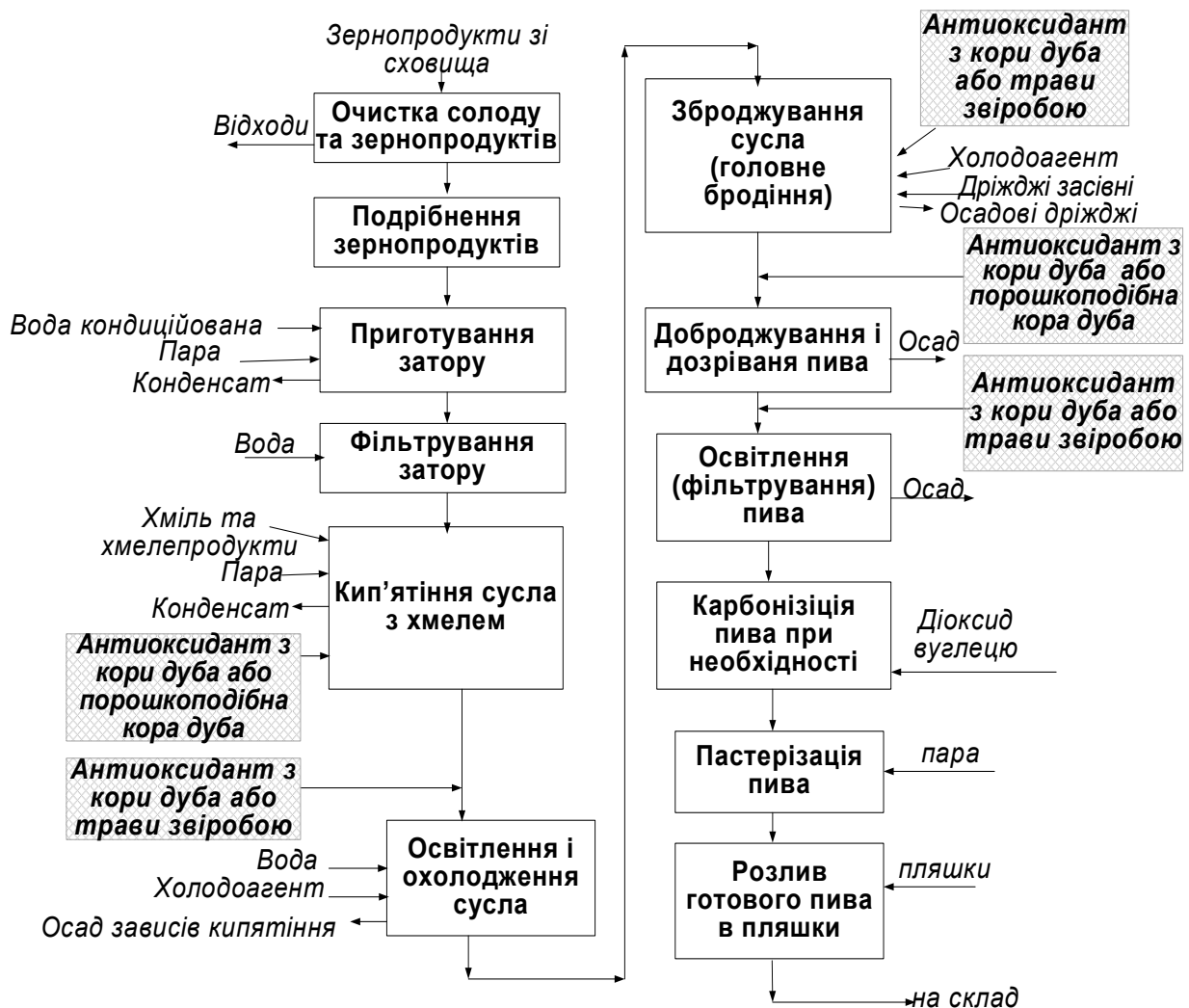


Рисунок 6 – Удосконалена технологічна схема виробництва пива

ВИСНОВКИ

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню наукового завдання – удосконалення технології пива з використанням антиоксидантів рослинного походження для підвищення його колоїдної стійкості.

На підставі системного аналізу науково-технічних джерел інформації, узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано наступні висновки:

1. Доведено ефективність застосування антиоксидантів (АО) з рослинної сировини для запобігання небажаних процесів окиснення гірких речовин хмелю. Найефективнішими виявились АО з трави звіробою, кори дубу, листя м'яти перцевої. Встановлено відповідність процесу окиснення гірких кислот хмелю класичній теорії вільнорадикального механізму.

2. Визначено оптимальні кількості АО з кори дуба та трави звіробою – 3 мг сухих речовин/100 см³ та для листя м'яти перцевої з урахуванням відчутності впливу на смак і аромат – 2 мг сухих речовин /100 см³ пива. Більша добавка АО з листя м'яти перцевої в кількості 2...30 мг/100 см³ пива є перспективною для створення оригінальних сортів пива з присмаком і ароматом м'яти.

3. Встановлено характер впливу АО з рослинної сировини на процес коагуляції білків під час охмелення, освітлення і охолодження сусла. Найбільш ефективно сприяють коагуляції білків неохмеленого сусла АО з кори дуба і листя м'яти перцевої. Показано, що введення АО з кори дуба на 30 %, а з листя м'яти перцевої – на 10 % збільшують кількість зкоагульованого білку у порівнянні з водно-спиртовим екстрактом хмелю.

4. Виявлено, що добавка АО з трави звіробою та кори дуба на стадії зброджування впливають на вміст летких метаболітів окиснювального обміну, зокрема сприяють зменшенню вмісту діацетилу та ацетальдегіду в молодому та дозрілому пиві, причому АО з трави звіробою доцільно додавати на стадії головного бродіння.

5. Встановлено, що пиво з добавками АО під час витримки має більш високу відновлювальну здатність (ПЗІ, %), швидкість дозрівання. Ці добавки також сприяють уповільненню росту кількості високомолекулярних білків у процесі зберігання готового пива. Кращі показники спостерігалися для пива з добавками АО із кори дуба й звіробою, а також з добавкою порошкоподібної кори дуба (доза 0,26 г/дм³).

6. Визначено позитивний вплив добавок антиоксидантів перед фільтруванням пива на колоїдну стійкість під час зберігання. Додавання АО із трави звіробою збільшує нормативний термін зберігання непастеризованого пива у 2..2,3 рази, а додавання АО із трави звіробою і кори дуба – термін зберігання пастеризованого пива у 1,1...1,3 рази.

7. Розроблено технологічну інструкцію на дослідну партію пива з раціональним режимом використання АО при внесенні хмелепродуктів в один прийом та при внесенні гранульованого хмелю в три прийоми.

Проведені виробничі випробування на заводі Харківського відділення ПАТ «САН ІнБев Україна» технології різних сортів пива з використанням рослинних антиоксидантів. Виготовлено дослідно-промислоу партію пива об'ємом 10000 дал. Розрахунковий економічний ефект 70 тис. грн. на 1 млн. дал.

8. Результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «ХПІ».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Данилова Л.А. Защита изо- α -кислот хмеля от окислительной деструкции /Л.А. Данилова, Т.А. Березка, В.А. Домарецкий // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” – Харків: НТУ “ХПІ”, 2006. – С. 35–37.
2. Данилова Л.А. Исследование влияния добавок антиоксидантов на этапе фильтрации на окислительные превращения в пиве /Л.А. Данилова, Т.А. Березка, В.А. Домарецкий // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2007. – №8. С.23–27.
3. Природні антиоксиданти /Л.А. Данилова, Т.О. Березка, В.А. Домарецький, В.Д. Ганчук // Харчова та переробна промисловість – Київ, 2008. – №1. – С.25–27.
4. Данилова Л.А. Вплив добавок антиоксидантів з рослинної сировини на стійкість пастеризованого пива /Л.А. Данилова, Т.О. Березка, В.А. Домарецький // Харчова та переробна промисловість – Київ, 2009. – № 9–10. – С.18–20.
5. Визначення кількості рослинних антиоксидантів для захисту гірких хмелевих речовин від окисної деструкції / Ф.Ф. Гладкий, Л.А. Данилова, Т.О. Березка, О.М. Півень, В.А. Домарецький // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2010. – №57. – С.278–281.
6. Про механізм реакції окиснення ізо-альфа кислот хмелю киснем повітря / Ф.Ф. Гладкий, Л.А. Данилова, Т.О. Березка, О.М. Півень, В.А. Домарецький // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2011. – №24. – С. 6–11.
7. Антиоксиданты из растительного сырья в технологии стабилизации пива / Л.А. Данилова, А.Е. Мелетьев, Т.А. Березка, Т.В. Арутюнян // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2013. – №4 / 10 (64) – С. 23–26. (Міжнародні наукометричні бази Index Copernicus, РІНЦ)
8. Пат. на корисну модель №84557 Україна МПК⁵¹ C12 Н 1/02. Спосіб стабілізації пива / Л.А. Данилова, А.Є. Мелетьев, Т.О. Березка, О.М. Гудзь, П.О. Некрасов; замовник і патентовласник Націон. техніч. унів-т «ХПІ» – № 201304955; заявл. 17.04.2013; опубл. 25.10.2013, Бюл. № 20.
9. Дослідження впливу добавок антиоксидантів із рослинної сировини на етапі доброджування на окисні процеси в пиві / Ф.Ф. Гладкий, Л.А. Данилова, Т.О. Березка, В.А. Домарецький // Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції [“Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”], 01–03 червня 2011р., м. Харків: у 4 ч.– Харків : НТУ «ХПІ», 2011, Ч.2. – С.277.
10. Реакції окиснення ізо-альфа-кислот киснем повітря / Ф.Ф. Гладкий, Л.А. Данилова, Т.О. Березка, О.М. Півень // Тезиси докладов ІV Международной

научно-технической конференции [“Химия и технология жиров. Перспективы развития масложировой отрасли”], 25-26 мая 2011г., Украина, АР Крым, Алушта, 2011.– С.57.

11. Березка Т.О. Про механізм реакції окиснення ізо-альфа-кислот хмелю киснем повітря / Т.О. Березка, К.М. Гетманюк // Програма і матеріали 77-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів [“Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”] 11-2 квітня 2011р., м. Київ у 3-х ч.– Київ : НУХТ, 2011, Ч.1. – С.113–114.

12. Вплив добавок антиоксидантів з рослинної сировини на процеси коагуляції білків при кип'ятінні сусла / Л.А. Данилова, Т.О. Березка, П.О. Некрасов, А.Є. Мелетьєв // Матеріали ХХІ Міжнародної науково-практичної конференції [“Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”], 29–31 травня 2013р., м. Харків : у 4 ч.– Харків : НТУ «ХП», 2013., Ч.2. – С.294.

Додаткові публікації:

13. Данилова Л.А. Практика производства стабильного пива / Л.А. Данилова, Т.А. Березка, В.А. Домарецкий // Пищевые технологии Food&Drink, 2006. – №1. – С. 45–52.

Особистий внесок: проведення літературного пошуку і теоретичний аналіз джерел інформації [1–3, 7, 9, 10, 12, 13], підготовка об'єктів дослідження, проведення експериментів та обробка одержаних результатів [1–6, 8, 12, 13]; патентний пошук [8] обробка та узагальнення результатів, підготовка та оформлення матеріалів до публікації [1 – 13].

Основні результати повністю відображені в наведених публікаціях.

АНОТАЦІЯ

Березка Т.О. Удосконалення технології високостійкого пива з використанням антиоксидантів з рослинної сировини – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – технологія цукристих речовин та продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки, Київ, 2014.

Дисертаційну роботу присвячено удосконаленню технології пива з використанням антиоксидантів з рослинної сировини.

Розглянуто окиснення ізо-альфа-кислот при кип'ятінні сусла з хмелем або хмелепродуктами за ланцюговим вільнорадикальним механізмом. Визначено шляхи сповільнення окиснення в результаті додавання антиоксидантів з рослинної сировини. На основі вивчення кінетики окиснення компонентів хмельових смол озонованим повітрям розчинів СО₂-екстракту хмелю підібрано умови, що забезпечують прискорене окиснення компонентів хмельових смол. Доведено ефективність застосування антиоксидантів із рослинної сировини для захисту від окиснення компонентів хмельових смол. Встановлено найефективніші антиоксиданти та рекомендовану кількість їх внесення. Виявлено, що добавка АО

із листя м'яти перцевої та кори дуба в сусло в процесі його кип'ятіння із хмелем найбільш ефективно сприяє коагуляції білків сусла й освітленню пива і дає можливість економити 10 % хмелю або його концентратів та збільшити фізіологічну цінність пива. Виявлено, що АО з трави звіробоя та кори дуба впливають на вміст летких метаболітів окиснювального обміну, зокрема зменшують вміст діацетилу та ацетальдегіду в молодому та готовому пиві.

Запропоновано технологію застосування антиоксидантів з рослинної сировини на стадіях кип'ятіння і охолодження сусла. Визначено технологічні режими внесення антиоксидантів з рослинної сировини і хмелепродуктів. Проведено виробничі випробування технології різних сортів пива з використанням рослинних антиоксидантів на заводі Харківського відділення ПАТ «САН ІнБев Україна». Виготовлено дослідно-промислову партію об'ємом 10000 дал.

Ключові слова: технологія пива, колоїдна стійкість, сусло, рослинні антиоксиданти, хмелепродукти, окиснення гірких речовин хмелю, гальмування окиснення.

АННОТАЦИЯ

Березка Т.А. Усовершенствование технологии высокостойкого пива с применением антиоксидантов из растительного сырья – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 – технология сахаристых веществ и продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Киев, 2014.

Диссертационная работа посвящена усовершенствованию технологии высокостойкого пива с использованием антиоксидантов из растительного сырья.

Проведены исследования по определению условий окисления компонентов хмелевых смол на модельных растворах CO₂-экстракта хмеля. Выведено, что при барботаже воздушно-озоновой смесью окисление можно провести за 60 минут. Исследование динамики окисления водного раствора компонентов хмелевых смол в ускоренных условиях дало возможность определить наиболее эффективные антиоксиданты из растительного сырья и дозу их внесения (антиоксидант из коры дуба и травы зверобоя – 3 мг/100 см³). Антиоксидант из листьев мяты перечной более эффективно защищает горькие вещества от окислительной деструкции, чем антиоксиданты коры дуба и зверобоя. Оптимальная доза АО из листьев мяты перечной 2 мг/100 см³ (без изменения вкуса). При добавке более 2 мг/100 см³ (до 30 мг/100 см³) происходит более эффективная защита горьких веществ хмеля от окисления, но появляется вкус и аромат мяты, потому эта дозировка перспективна для создания специальных сортов пива.

Определен режим внесения антиоксидантов при охмелении сусла. Максимальная величина горечи в готовом сусле наблюдается при добавлении антиоксиданта через 50 минут от начала его кипячения с хмелем.

Экспериментальные данные, полученные в результате исследований влияния антиоксидантов из растительного сырья на процессы коагуляции белков в сусле, показали, что наиболее эффективными являются антиоксиданты из коры дуба и листьев мяты перечной. Доказано, что фенольные соединения антиоксидантов из коры дуба в сравнении с фенольными соединениями хмеля более чем на 30 % увеличивают количество скоагулированного белка, а антиоксиданты из листьев мяты перечной на – 10 %.

Получен хроматографический состав букета пива на этапе брожения, который показал, что пиво с добавками антиоксидантов из коры дуба и травы зверобоя содержит меньше летучих метаболитов окислительного обмена: содержание диацетила в образцах с добавками антиоксидантов уменьшается на 24–25 %, ацетальдегида – на 18–20 %.

Исследования показателей исходного пива и пива с добавками антиоксидантов в процессе дображивания показали положительное влияние антиоксидантов на восстанавливающую способность пива. У всех образцов пива с добавками антиоксидантов наблюдался более низкий окислительно-восстановительный потенциал и более высокая восстановительная способность в сравнении с контрольным образцом. Наилучшие показатели наблюдались для порошкообразной коры дуба, антиоксиданта из коры дуба, травы зверобоя и чабреца. Исследования показателей качества этих же образцов пива в процессе хранения показали, что наиболее эффективными на данном этапе являются антиоксиданты коры дуба и травы зверобоя, а также из порошкообразной коры дуба.

Выявлено положительное влияние добавок антиоксидантов перед фильтрацией на коллоидную стойкость непастеризованного и пастеризованного пива. Наиболее эффективным антиоксидантом для защиты от окислительной порчи непастеризованного пива является антиоксидант из травы зверобоя. Добавка его увеличивает срок хранения пива в условиях ускоренной порчи в сравнении с контрольным образцом в 2...2,3 раза. В условиях ускоренного окисления компонентов пива введение антиоксидантов в пиво перед фильтрацией увеличило срок хранения пастеризованного пива с семи суток в контрольном образце до девяти суток в образцах с добавками антиоксидантов из зверобоя и коры дуба, т.е. в 1,3 раза. Установлено, что наиболее эффективными являются добавки антиоксидантов из травы зверобоя и коры дуба.

Определен рациональный режим использования антиоксидантов при способе внесения хмелепродуктов в один прием, методом математического планирования определен рациональный способ внесения антиоксиданта из коры дуба в сусло при добавлении гранулированного хмеля в три приема. При этом получено неокисленное пиво с продолжительным сроком хранения.

Разработана временная технологическая инструкция на опытную партию продукции на выпуск пива стабилизированного антиоксидантами.

Результаты работы прошли опытно-промышленную апробацию на заводе Харьковского отделения ПАТ «САН ИнБев Украина». Выпущена опытно-промышленная партия объемом 10000 дал.

Практическая реализация результатов исследований дает возможность решения проблемы обеспечения населения пивом высокого качества.

Ключевые слова: технология пива, коллоидная стойкость, сусло, растительные антиоксиданты, хмелепродукты, окисление горьких веществ хмеля, торможение окисления.

ABSTRACT

Berezka T.O. Improvement of technology of highly stable beer with the use of antioxidants from vegetable raw materials – Manuscript copyright.

The thesis for a scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.18.05 – technology of sugary substances and fermentation products. – National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2014.

The dissertation paper is devoted to the improvement of beer technology with the use of plant-extracted antioxidants.

Iso-alpha acids oxidation by free-radical-chain mechanism during wort boiling with hop or hop products is discussed. The ways to inhibit the oxidation due to the addition of plant-extracted antioxidants are determined.

Based on the analysis of kinetics of ozonized air oxidation of hop resins components in methanol CO₂ hop extract solution, the conditions are found that provide accelerated oxidation of hop resins components.

The efficiency of application of plant-extracted antioxidants for anti-oxygenation of hop resins components is proved. The most effective antioxidants and their dosing rate have been determined. It is revealed that adding antioxidants extracted from peppermint leaves and oak bark into boiling wort with hop is most effective for wort proteins coagulation and beer clarification, this provides up to 10 % savings in hop or its extracts and increases the physiological value of the beer. It is found that antioxidants extracted from Hypericum and oak bark influence the contents of volatile metabolites of the oxidizing exchange; specifically they reduce the diacetyl and acetic aldehyde content in young and finished beer.

The technology of plant-extracted antioxidants application at the stages of wort boiling and cooling is proposed. The conditions of plant-extracted antioxidants and hop products dosing are determined.

Industrial tests of production technology for different beer types with the use of plant-extracted antioxidants were performed at the Kharkov branch of the PJSC «SUN InBev Ukraine». An experimental industrial batch of 10,000 dal was produced.

Keywords: beer technology, colloid stability, wort, plant-extracted antioxidants, hop products, oxidation of hop's bitter components, inhibition of oxidization.