

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ВОРОНЦОВА СВІТЛАНА ІВАНІВНА**

УДК 663.4

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВА  
З ВИКОРИСТАННЯМ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ**

05.18.07 – технологія продуктів бродіння

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Київ – 2004**

Робота виконана у Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Мелетьєв Анатолій Євгенович**  
Національний університет харчових технологій,  
кафедра біотехнології продуктів бродіння,  
екстрактів і напоїв, професор

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Кисла Любов Василівна**  
ДП НДІ Гентокс імені Л.І. Медведя,  
провідний науковий співробітник

кандидат технічних наук,  
**Ткаченко Любов Володимирівна**  
Український науково-дослідний інститут спирту і  
біотехнології продовольчих продуктів,  
старший науковий співробітник

**Провідна установа:** Інститут харчової хімії та технології НАН України  
(м. Київ)

Захист відбудеться “20” жовтня 2004 року о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, ауд. А-311.

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

Автореферат розісланий “17” вересня 2004 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
кандидат технічних наук

О.В. Кобилінська

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Пиво є напоєм масового споживання, технологія якого характеризується великими витратами на сировину та традиційністю способів її оброблення. Хміль є найбільш специфічною і тому поки що незамінною сировиною для пивоваріння. Незважаючи на невисоку питому частку (приблизно 1 % від маси основної сировини – солоду), саме хміль повною мірою зумовлює більшу частину органолептичних властивостей пива, а частка витрат на хміль у собівартості складає більш ніж 40 % від загальних затрат на сировину.

Традиційна технологія використання хмелю в шишках економічно неефективна, втрати найцінніших гірких речовин можуть скласти до 70–80 %. Раціональним і перспективним є застосування хмелевих препаратів (ХП). Сучасні підприємства в світі та Україні (АТ „Оболонь”, „Славутич” та ін.) вже відмовилися від спресованого шишкового хмелю, застосовуючи переважно гранульований хміль. Але при цьому все ще залишаються та й виникають нові нерозв’язані питання. Найсуттєвіші з них – це оптимізація нормування та оброблення хмелю в процесі виробництва.

Норму хмелю для внесення в пивне сушло згідно з чинною Інструкцією визначають за вмістом  $\alpha$ -кислот (АК), причому є необхідність купажувати різні партії хмелю і ХП для більш повного використання їх технологічних властивостей. Тому необхідно розробити прискорені методи оцінки найважливіших показників хмелю і оперативного регулювання процесом охмеління. Нами запропоновано робити це за допомогою методу визначення вмісту АК та вологи шляхом вимірювання інфрачервоного (ІЧ) випромінювання в ближній області спектру. Перевагою застосування такого фізичного методу є висока швидкість та комплексність вимірювань різних показників якості хмелю, причому без використання хімічних реактивів.

Аналіз сучасної технології оброблення хмелю також доводить доцільність її інтенсифікації за глибокого використання хмелевих речовин шляхом застосування електрофізичних впливів, у тому числі ультразвуку (УЗ). Значні дослідження в цьому напрямі проведені вченими НУХТ [І.С. Гулим], І.М. Федоткіним, А.І. Українцем, М.П. Купчиком, В.В. Манком, А.І. Соколенком та їх учнями. Тому в роботі вирішується актуальна проблема – розроблення способу екстрагування цінних гірких речовин хмелю за допомогою УЗ-коливань.

Оптимізація нормування та інтенсифікація технологічних процесів під впливом УЗ дасть змогу не тільки економити хміль, але і підвищити стійкість та термін реалізації пива, хлібного квасу та інших слабоалкогольних продуктів бродіння. Використання перспективних фізико-хімічних методів у пивоварінні сприятиме вирішенню важливої задачі загального підвищення соціально-економічної ефективності цієї галузі переробної промисловості.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась відповідно до напрямів наукової діяльності кафедри біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і напоїв НУХТ за темами: № 625/97 „Розробка технології нових безалкогольних напоїв пікувальсько-профілактичного напрямку”

(№ 198U003922), „Розробка теоретичних основ ресурсозберігаючої та безвідходної технології харчового та технічного спирту, солоду, пива, безалкогольних напоїв, концентратів та екстрактів лікувально-профілактичної дії” та кафедри фізики за темою на 2001–2005 рр. „Дослідження впливу фізичних полів на технологічні процеси харчових виробництв та розвиток фізичних методів аналізу харчових продуктів”. Автор безпосередньо приймав участь у розробленні програми досліджень, самостійно виконував експерименти з питань експрес-визначення якісних показників хмелю, удосконалення способів раціонального охмеління пива та виготовлення хлібного квасу за допомогою УЗ в лабораторних умовах, публікації отриманих результатів та їх апробації у виробничих умовах.

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи є удосконалення технології пива з використанням нетрадиційних фізико-хімічних методів: спектроскопічного експрес-аналізу та інтенсивного оброблення хмелю за допомогою УЗ.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- ✓ встановити характеристичні оптичні показники ІЧ-спектру відбивання світла для зразків хмелю з різним дисперсним складом, вмістом вологи та АК;
- ✓ розробити методику комплексного спектроскопічного експрес-визначення вологості та вмісту АК в хмелі;
- ✓ експериментально проаналізувати інтенсивну технологію кип'ятіння сусла із застосуванням виносного теплообмінника;
- ✓ дослідити процес екстрагування та ізомеризації гірких речовин хмелю (ГРХ) під дією УЗ;
- ✓ розробити комплексний спосіб теплового оброблення сусла з виносним теплообмінником та попередньою ізомеризацією ГРХ ультразвуком;
- ✓ дослідити вплив УЗ-оброблення продуктів бродіння на якість та їх біологічну стійкість;
- ✓ провести апробацію результатів досліджень у виробничих умовах;
- ✓ розробити нормативно-технічну документацію приготування пивного сусла з удосконаленням нормування та інтенсивним обробленням хмелю.

**Об'єкт дослідження** – технологія пива і удосконалення її шляхом використання фізико-хімічних методів аналізу та інтенсифікації перероблення хмелю за допомогою УЗ.

**Предметом дослідження** є гранульований хміль, сусло, пиво і квас в процесі оцінки якісних показників та оброблення ультразвуком.

**Методи дослідження** – галузеві традиційні та розроблений автором експрес-метод аналізу хмелю за допомогою ближньої інфрачервоної спектроскопії (ІЧС), а також сучасні фізико-хімічні методи контролю якості напівпродуктів та готового пива.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- ✓ встановлено характеристичні залежності коефіцієнтів відбивання і оптичної густини від вмісту вологи та АК в хмелі методом ІЧС в ближній області для експериментально визначеного оптимального ступеню дисперсності;

- ✓ розроблено методику комплексного експрес-аналізу вологості та вмісту АК в хмелі;
- ✓ експериментально встановлено оптимальні параметри оброблення гранульованого хмелю ультразвуком;
- ✓ науково обґрунтовано і запропоновано удосконалену технологію кип'ятіння пивного сусла за допомогою виносного теплообмінника та попереднього оброблення хмелю ультразвуком;
- ✓ вперше встановлено ефект дії УЗ-коливань на біологічну стійкість хлібного квасу як продукту бродіння;
- ✓ одержано 3 деклараційні патенти України на винаходи: „Експрес-метод визначення вологості хмелю”, „Експрес-метод визначення вмісту альфа-кислот в хмелі” (№№ 62607 А, 62608 А від 15.12.2003 р.) та „Спосіб оброблення хлібного квасу” (№ 38972 А від 15.05.2001 р.).

***Практичне значення одержаних результатів:***

- ✓ розроблено експрес-метод аналізу пивоварної якості хмелю, який дозволяє здійснювати оперативне і оптимальне його нормування;
- ✓ доведено доцільність та встановлені технологічні параметри використання виносного теплообмінника для теплового оброблення сусла;
- ✓ запропоновано інтенсифікувати процес екстрагування гірких речовин хмелю в технології пивного сусла, яка забезпечує більш повне використання хмелю на 15–20 %;
- ✓ запропоновано спосіб УЗ-оброблення продуктів бродіння для підвищення їх біологічної стійкості;
- ✓ розроблено, апробовано і затверджено технологічний регламент приготування пивного сусла. Економічний ефект становить 60–80 тис. грн. на 1 млн. дал пива.

***Особистий внесок здобувача.*** Автор особисто підбирав, систематизував і теоретично аналізував літературні джерела, проводив патентний пошук з проблем досліджень, приймав творчу участь у визначенні мети, задач і методики досліджень, проводив наукові експерименти, підготував статті, тези доповідей та заявки на винаходи. Підготовку до дослідів, аналіз та узагальнення результатів виконаних досліджень проводив спільно з науковим керівником д.т.н. Мелетьєвим А.Є., а також з к.ф.-м.н. Носенком В.Є., к.ф.-м.н. Троценком П.О. Виробничі експерименти стосовно оброблення хмелю ультразвуком виконував разом з к.т.н. Проценко Л.В. Досліди з виготовлення квасу за допомогою УЗ проводив з к.т.н. Прибильським В.Л.

***Апробація результатів дисертації.*** Основні положення дисертаційної роботи доповідались, обговорювались і були схвалені на семи наукових конференціях Національного університету харчових технологій у 1997–2003 рр., 6-й Міжнародній науково-технічній конференції „Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості” (Київ, 1999 р.), II- та III-й Міжнародних науково-технічних конференціях „Техника и технология пищевых производств” (Могильов, 2000 та 2001 рр.), Міжнародній науковій конференції Сучасні методи створення нових технологій та обладнання

в харчовій промисловості” (Київ, 2002 р.), Міжнародній науково-методичній конференції „Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України” (Київ, 2003 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 15 друкованих праць, у тому числі 3 статті в наукових фахових виданнях, перелік яких затверджено ВАК України, одержано 3 патенти України, інші – тези доповідей на наукових конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел із 152 найменувань та 5 додатків. Робота викладена на 118 сторінках друкованого тексту, містить 21 рисунок і 6 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, показано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Наведено відомості про особистий внесок автора, апробацію та опублікування результатів, структуру та обсяг роботи.

**Перший розділ „СУЧАСНІ СПОСОБИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИРОБНИЦТВІ ПИВА”** присвячено аналітичному огляду джерел спеціальної літератури. Показано, що для виробництва масового напою, яким є пиво, значними є витрати на сировину. Причому саме хміль – найдорожча, специфічна та незамінна сировина, тому робота спрямована на пошук шляхів більш раціонального його використання. Розглянуто хімічний склад хмелю, його основні речовини, значення і процеси перетворення їх у технології пива. Висвітлено характерні особливості використання хмельових препаратів, які набули найбільш широкого використання. Також обґрунтовано доцільність розроблення способу збільшення терміну зберігання напоїв бродіння при їх реалізації.

Проаналізовано можливість застосування новітніх фізико-хімічних методів для інтенсифікації технологічних процесів пивоваріння на етапах підготовки сировини, її перетворення, вплив на якість продукції та оброблення її з метою подовження терміну реалізації. Причому основну увагу зосереджено на застосуванні та механізмі дії УЗ як перспективного методу. Зроблено критичний огляд сучасних методів фізико-хімічного аналізу пивоварної якості хмелю та обґрунтовано доцільність вимірювання його основних показників методом ближньої ІЧС. Сформульовано основні напрями, мету і конкретні задачі досліджень.

**Другий розділ „ОБ’ЄКТИ, МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ І МЕТОДИ АНАЛІЗУ”** містить характеристику об’єктів, загальну методика досліджень і методи проведення аналізу.

Об’єктами досліджень були зразки гранульованого хмелю різних типів та сортів вітчизняних і закордонних виробників, пивне сусло, пиво, хлібний квас.

Для оцінки пивоварної якості хмелю використовували методи аналізу згідно з чинною нормативно-технічною документацією (НТЛ). Вологість визначали термогпа-

віметричним методом, вміст АК – методом кондуктометричного титрування. Спеціальним предметом досліджень були модифіковані методи аналізу названих показників на ІЧ-аналізаторі „Інфрапід-61”, що описано у третьому розділі.

Ультразвукове оброблення гранул хмелю у водному розчині та суслі проводили в диспергаторах типів УЗДН-2Т, УЗА-0,5 („Медітон”). Величину гіркоти (ВГ) в охмеленому водному розчині, суслі та пиві аналізували спектрофотометрично міжнародним методом ЕВС.

В дослідях з інтенсифікації технології пива використовували два способи теплового оброблення пивного сусла з хмелем: в класичному варіанті – на діючих сусліварильних апаратах з нагрівальною оболонкою та перколятором, в дослідному – на апараті з виносним теплообмінником. Перед внесенням в сусліварильний апарат хміль попередньо обробляли в спеціальному обладнанні без впливу і під дією УЗ. Під час кип'ятіння відбирали проби сусла і аналізували ВГ методом ЕВС, концентрацію сусла – цукроміром, колір – фотоелектроколориметром. Вплив нових технологічних прийомів на колоїдну стійкість готового пива прогнозували за показником „ступінь осаджування сульфатом магнію” та вмістом коагулюючого азоту – за К'ельдалем.

При дослідженні впливу УЗ на стійкість продуктів бродіння використовували хлібний квас, який містить більше мікроорганізмів і результати дослідів є більш показовими, виготовлений згідно з вимогами НТД з концентрату квасного сусла. При цьому вимірювали вміст сухих речовин (СР) рефрактометричним методом, загальну кислотність – титруванням розчином NaOH, а також проводили візуальний та органолептичний аналіз дослідних і контрольних зразків відповідно до чинної Інструкції з технічного контролю.

Кожну серію всіх дослідів виконували не менше, ніж у трьох повторюваннях з відповідним математичним обробленням. У таблицях, на діаграмах та рисунках відображені усереднені значення параметрів визначених величин.

Статистичну обробку результатів дослідів, побудову графіків та діаграм проводили за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

**Третій розділ „РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ПИВОВАРНОЇ ЯКОСТІ ХМЕЛЮ ПЕРЕД ВНЕСЕННЯМ В ПИВНЕ СУСЛО”** присвячений удосконаленню технології використання хмелю, яка ґрунтується на спрощенні та прискоренні методу оцінки його пивоварних показників (вмісту вологи і АК). Об'єктивний контроль хмелю безпосередньо при нормуванні сприятиме оптимізації саме цього процесу і дозволить збільшити ступінь використання цінних хмелевих речовин. Запропонований на основі проведеного аналізу літератури метод дифузної відбиваючої спектроскопії в ближній ІЧ-області спектру є специфічним фізичним методом комплексного визначення показників якості без застосування хімічних реактивів. Суть методу полягає у підготовці до вимірювання проби хмелю шляхом помелу, просіюванні крізь сито і аналізі отриманого гомогенного зразка з автоматичним комплексним визначенням вологості та АК.

Теоретичний огляд літературних джерел і відомості з суміжних технологій доводять, що на аналіз значно впливає дисперсність подрібненого зразка та безумовно особливо ступінь його гомогенності. Тому для успішного проведення експрес-аналізу яко-

сті хмелю досліджували залежність інтенсивності відбитого ІЧ-світла від розмірів диспергованих частинок і адекватність досліджуваних показників.

Зразки хмелю подрібнювали на електричній кавомолці (дробарці) та визначали їх гранулометричний склад методом ситового аналізу. Графічне зображення кількісно отриманих частинок хмелю різних найбільш представницьких типових сортів наведено на рис. 1.

Рис. 1. Гістограма розподілу частинок хмелю відповідних сортів за крупністю: 1 – Клон 18; 2 – Люблінер; 3 – Тетнангер; 4 – Традиційний; 5 – Норден Бревер

Рис. 2. Інфрачервоні спектри відбивання хмелю сорту Клон 18 в залежності від розмірів диспергованих частинок

Результати дослідів свідчать, що раціональніше користуватися ситами з розмірами отворів 0,294–1,000 мм. Візуальний аналіз структури цієї фракції підтвердив, що вона відповідає рівномірному розподілу всіх складових частинок будови хмелю, тобто як пелюстків, так і зерняток лупуліну.

Експериментально отриману залежність коефіцієнту відбивання  $R$  подрібненого гранульованого хмелю від розміру отворів сита в інтервалі довжин хвиль  $\lambda = 1,33\text{--}2,37$  мкм наведено на рис. 2 на прикладі типового вітчизняного сорту Клон 18 із вмістом АК = 3,4 %. Із результатів видно, що характер спектрів є ідентичним, хоча із збільшенням розміру отворів сита коефіцієнт відбивання зменшується. Спектральні лінії зразків хмелю, просіяних крізь сита з діаметром отворів 1 та 2 мм, практично не відрізняються.

Таким чином, на основі дифузних спектрів відбивання хмелю в ближній ІЧ-області встановлено залежність коефіцієнта відбивання від ступеня дисперсності меленого хмелю. Оптимальний ступінь його помелу становить 0,294–1,000 мм, яким і користувалися у подальших дослідженнях.

З метою розроблення експрес-методу визначення вологості хмелю готували зразки з різним вмістом води, який контролювали методом висушування до сталої маси. Отримані зразки хмелю сорту Клон 18 з вологістю 7,15; 8,02; 9,28; 12,63 та 19,11 % поспідовно завантажували в кюветне відділення та вимірювали інтенсивність спектру дифузного відбивання.

У результаті досліджень встановлено, що для аналітичних цілей при визначенні вмісту води у хмелі слід обирати довжини хвиль 1,47 та 1,93 мкм, на яких спостерігаються екстремуми, а саме мінімуми інтенсивності відбивання (рис. 3). Це підтверджується і теоретичними значеннями довжин хвиль, на яких знаходяться смуги поглинання води для різних харчових продуктів.

Рис. 3. Інфрачервоні спектри відбивання хмелю Клон 18 в залежності від вмісту в ньому води

Рис. 4. Інфрачервоні спектри відбивання хмелю різних сортів залежно від вмісту АК: 1– Клон 18 (АК = 3,4 %); 2 – Традиційний (АК = 10,0 %); 3 – Норден Бревер

Аналіз спектрів відбивання зразків хмелю з різною вологістю показав, що коефіцієнт відбивання  $R$  на даних довжинах хвиль зростає із зменшенням вологості. Причому в області  $\lambda = 1,45\text{--}1,49$  мкм із збільшенням вологи мінімум відбивання зміщується в короткохвильову область. Максимум поглинання ІЧ-випромінювання в інтервалі довжин хвиль  $1,85\text{--}2,01$  мкм припадає на довжину хвилі  $\lambda = 1,93$  мкм.

Рис. 8. Залежність коефіцієнту відбивання та оптичної густини від вмісту АК в хмелі при  $\lambda = 2,35$  мкм.

З метою розроблення безреагентного методу визначення вмісту АК Гранули хмелю сортів Клон 18, Люблінер, Тетнангер, Традиційний та Норден Бревер з масовими частками АК 3,2; 4,6; 8,0; 10,0 та 16,0 % відповідно готували визначеним раніше способом. Як контроль використовували стандартний кондуктометричний метод визначення АК.

З отриманих результатів, які наведено на рис. 4, видно, що аналіз вмісту АК за дифузним відбиванням ІЧ-випромінювання можна проводити при  $\lambda = 2,13\text{--}2,15; 2,27$  і  $2,35$  мкм. Але на першому інтервалі максимум поглинання ІЧ-випромінювання зміщується, що призведе до похибки вимірювань. Тому характеристичними довжинами хвиль обрані  $2,27$  та  $2,35$  мкм. Аналізуючи спектри відбивання зразків хмелю з різним вмістом АК, впевнюємося, що із збільшенням вмісту АК коефіцієнт відбивання на вказаних довжинах хвиль зменшується, тобто спостерігається обернено пропорційна залежність.

Тому після вибору характеристичних довжин хвиль для вказаних компонентів хмелю наступним етапом є побудова градувальних кривих, яку можна здійснювати різними способами. За першим способом вимірний коефіцієнт відбивання  $R$  на визначених вище довжинах хвиль залежно від вмісту вологи наноситься на основні координатні вісі графіків (рис. 5, 6). Отримані криві носять лінійний (при  $\lambda = 1,47$  мкм) та поліноміальний характер (при  $\lambda = 1,93$  мкм) з величинами достовірності апроксимації  $R^2 = 0,9957$  та  $0,9895$  відповідно. Замість коефіцієнта відбивання  $R$  можна використовувати також оптичну густину  $D$ , яка вимірюється безпосередньо на ІЧ-аналізаторі або розраховується його комп'ютером як  $\lg 1/R$ .

Шляхом перерахунку  $R$  визначено та відкладено значення  $D$  на допоміжних вісях координат (рис. 5, 6), тобто градувальна крива показує залежність оптичної густини від величини вологи в хмелі. Такий графік зручніше, ніж для калібрування по коефіцієнту відбивання, оскільки у випадку справедливості закону Бугера-Ламберта-Бера залежність оптичної густини від концентрації вологи лінійна. Отримані обидві залежності мають високу достовірність апроксимації ( $R^2 = 0,9969$  при  $\lambda = 1,47$  мкм та  $R^2 = 0,9924$  при  $\lambda = 1,93$  мкм).

Аналогічним способом отримано градувальні криві (рис. 7, 8) для визначення концентрації АК при  $\lambda = 2,27$  та  $2,35$  мкм. Побудовані градувальні криві згідно закону Бугера-Ламберта-Бера також носять лінійний характер та мають теж високу достовірність апроксимації ( $R^2 = 0,9957$  при  $\lambda = 2,27$  мкм та  $R^2 = 0,9945$  при  $\lambda = 2,35$  мкм).

Зробивши описану операцію із зразком хмелю невідомої концентрації АК або во-  
Рис. 7. Залежність коефіцієнту відби-  
вання та оптичної густини від вмісту  
АК в хмелі при  $\lambda = 2,27$  мкм

логи та вимірявши його оптичні дані на ІЧ-аналізаторі, прилад автоматично видає значення вмісту в зразку даних компонентів. Аналіз АК та вологи дослідних зразків здійснюють за калібрувальним графіком. Сучасні ІЧ-прилади мають вбудований мікропроцесор, тому результати калібрування вводять у відповідну програму і потім користуються, періодично перевіряючи.

Результати вимірювань контрольних та дослідних зразків показали, що новий метод визначення вмісту вологи та АК в хмелі є достатньо точним (абсолютне відхилення відносно стандартних методів для вологості не перевищує 0,4 %, для АК – 0,3 %, що знаходиться у межах розбіжностей, дозволених стандартом). Експрес-метод дає можливість оперативно визначати вміст цих компонентів саме перед внесенням у сусло із врахуванням найменших змін, що мають місце при зберіганні.

**У четвертому розділі „ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ГІРКИХ РЕЧОВИН ХМЕЛЮ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ”** наведено результати досліджень впливу ультразвукових коливань на процес вилучення цінних ГРХ. Процес полягає в екстрагуванні та ізомеризації, що залежить від рН, гідромодуля та температури середовища, інтенсивності перемішування і тривалості кип'ятіння.

Досліди проводили з варіюванням зазначених факторів із вимірюванням основного результату – вмісту ізо-АК, тобто показника ВГ. Встановлено, що оптимальними параметрами оброблення хмелю перед внесенням у сусло без застосування УЗ є: гідромодуль – 20, температура – 85 °С та тривалість – 30–45 хв. Враховуючи, що під впливом УЗ відбувається ще й інтенсифікація процесу супутніми явищами кавітації (тиск, температура, перемішування), провели відповідні досліді з сучасними препаратами гранульованого хмелю.

Процес екстрагування та ізомеризації ГРХ проводили при температурі 85 °С з гранулами ароматичного хмелю вітчизняного сорту Клон 18 з вмістом АК 3,4 % та гіркого німецького сорту Норден Бревер з вмістом АК 16,0 %. Норми хмелю були розраховані за вмістом АК згідно Інструкції.

В досліді застосовували ультразвуковий генератор типу УЗДН-2Т з частотою коливань в межах 22–44 кГц. Оброблення здійснювали за умови максимального поглинання енергії УЗ-хвиль, тобто кавітація спостерігалася у всьому об'ємі. Тривалість дії УЗ становила 5–15 хв. Контрольні зразки кип'ятили у виробничих умовах заводу „Оболонь” протягом 90 хв. Результати дослідів проілюстровано діаграмами (рис. 9, 10).

Як видно з рис. 9, процес ізомеризації досягав максимуму при 10-хвилинному обробленні, а більш тривале оброблення призводило навіть до зменшення спектрофотометричної гіркоти на 5–7 %. Можливо, це пояснюється занадто глибоким перебігом процесу до речовин, які не визначаються як ВГ за діючою методикою.

Ізомеризація хмелю, особливо гіркового сорту, в процесі оброблення відбувалася відносно повільніше, ніж слід було б очікувати. Тому виходячи з припущення, що УЗ

Рис. 9. Діаграма залежності ВГ сусла від тривалості оброблення УЗ

Рис. 10. Діаграма залежності ВГ обробленого УЗ сусла після витримки

діє на рослинні клітини та вивільняє молекули АК, але на хімічні реакції ізомеризації молекул його вплив не такий сильний, проби суміші після оброблення витримували протягом 60 хв. Дані рис. 10 підтверджують це припущення. Наприклад, ВГ сусла з гірким сортом хмелю була на 12–21 % більшою у порівнянні з контролем, тобто при кип'ятінні 90 хв. Саме такі закономірності спостерігаються у виробництві.

Таким чином, оскільки у виробництві після закінчення кип'ятіння сусла дія температури ще продовжується, то для отримання об'єктивного значення ВГ необхідно вимірювати її у вже охолодженому суслі. Тоді оцінка ВГ сусла буде більш точною, що дозволить оптимізувати нормування та дасть економічний ефект.

Виробничі дослідження з удосконалення технології пива із застосуванням отриманих результатів проводили на пивоварні Інституту сільського господарства Полісся УААН. Гранули хмелю сорту Злато Полісся перед внесенням у сусло обробляли ультразвуком у частині сусла з температурою 85 °С та гідромодулем 20 протягом 10 хв. Потім дослідні зразки кип'ятили з усім сусликом упродовж 10, 30 та 60 хв. Контролем було сусло, отримане звичайним кип'ятінням протягом 90 хв. без УЗ-оброблення.

Результати наведено на рис. 11, з яких видно, що сусло, яке кип'ятилося протягом 30 та 60 хв. з підготовленим хмелем, мало вищий показник ВГ на 4–9 %.

Рис. 11. Діаграма залежності спектрофотометричної ВГ від способу охмеління сусла

Отже, загальну тривалість теплового оброблення можна скоротити мінімум на 20 %, одночасно забезпечуючи економію хмелю.

**У н'ятому розділі „УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ ХМЕЛЮ”** надані пропозиції щодо удосконалення технології пивного сусла шляхом інтенсифікації процесу кип'ятіння до внесення хмелю поряд з оптимізацією нормування та попереднім обробленням хмелю ультразвуком.

Спеціальні дослідження щодо подальшої інтенсифікації всієї технології теплового оброблення сусла проводили у варильному цеху заводу „Оболонь”. Технологія інтенсивного кип'ятіння сусла полягає у застосуванні виносного теплообмінника, що сприяє видаленню високомолекулярних білків і зернових поліфенолів у відсутності їх конкурентів – поліфенолів хмелю при збільшенні швидкості випарювання сусла.

Спостереження динаміки процесу вели за концентрацією СР сусла та накопиченням у ньому продуктів екстрагування та ізомеризації хмелю – шляхом вимірювання ВГ. Хімічний склад сусла аналізували за загальноприйнятими методиками.

За класичною технологією сусло кип'ятили 120 хв. з інтенсивністю кип'ятіння 3,5–4,0 % випарюваної води за годину, а при використанні виносного теплообмінника – 90 хв. з інтенсивністю 7,5–9,0 %. Результати усереднених експериментальних дослід-

джень наведено у графічному вигляді на рис. 12, 13. Як видно з рис. 12, кип'ятіння на дослідному апараті з більшою інтенсивністю призводить до прискорення процесу кондиціювання сусла до необхідної концентрації. Такий результат дає також можливість глибше провести вимивання екстракту пивної дробини та досягти зниження технологічних втрат зернопродуктів. Рис. 13 свідчить, що максимум ВГ досягається за 85–90 хв., тобто тривалість оброблення скорочується на 30 хв.

Результати аналізів сусла, які узагальнені в табл., показали, що збільшення інтенсивності кип'ятіння супроводжується покращенням хімічного складу сусла. Аналіз азотистих речовин сусла підтверджує позитивний вплив інтенсифікації на вміст у суслі

Рис. 12. Динаміка упарювання сусла в процесі кип'ятіння сусла з хмелем

Рис. 13. Динаміка накопичення ВГ в процесі кип'ятіння сусла з хмелем

основних попередників помутніння пива: зниженням вмісту високомолекулярних білкових речовин, що осаджуються сульфатом магнію на 6,7–7,9 % та коагулюючого азоту – на 25–37 %. Це сприятиме поліпшенню надзвичайно важливого показника якості пива, особливо експортного, – стійкості в процесі реалізації. Тому ж відповідає і позитивна тенденція щодо зменшення кольору світлого пива.

Таблиця

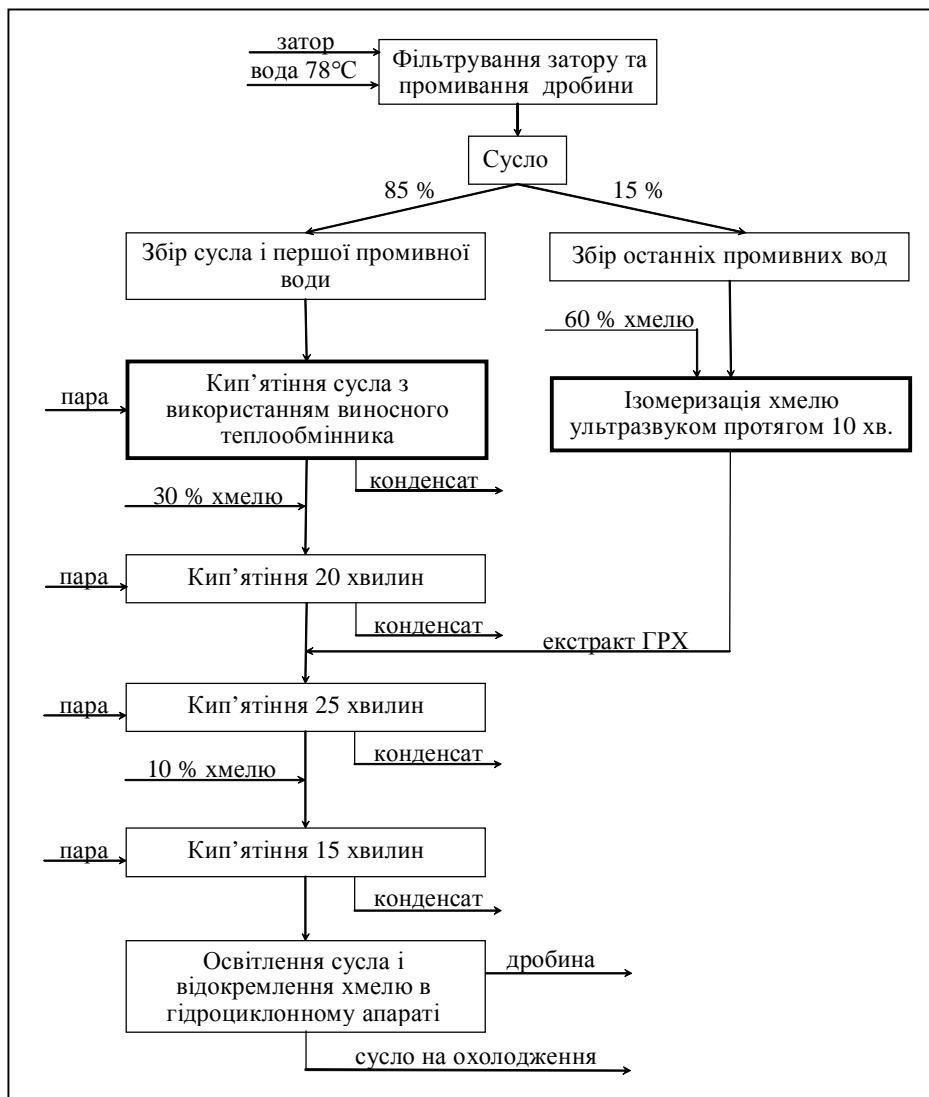
Показники охмеленого сусла в дослідях

Інтенсивність кип'ятіння, % випареної води за годину	Вміст ізогуму-лону, мг/дм <sup>3</sup>			N-MgSO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>			N-коагулюючий, мг/дм <sup>3</sup>			Колір сусла, см <sup>3</sup> 0,1 М йоду на 100 см <sup>3</sup>		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3,5–4,0	32,6	20,3	22,3	203,6	209,2	200,7	25,1	24,2	25,2	1,0	0,9	1,0
7,5–9,0	39,4	24,8	25,0	187,5	195,5	185,6	15,8	18,1	16,6	0,9	0,9	0,8
Різниця, %	+17,2	+18,1	+10,8	-7,9	-6,7	-7,5	-37	-25	-34	+0,1	0	-0,2

Отже, проведеними дослідженнями встановлено, що застосування виносного теплообмінника дає змогу інтенсифікувати процес випарювання і скоротити його на 30 хв. Інтенсифікація кип'ятіння позитивно впливає на якість сусла. Зниження високомолекулярного азоту на 8–30 % прогнозує відповідне підвищення стійкості пива під час реалізації. Така технологія оброблення хмелю забезпечує його економію на 10–18 %.

На основі результатів експериментів запропоновано комплексну технологію охмеління сусла із застосуванням виносного теплообмінника та попереднього оброблення хмелю ультразвуком перед внесенням в апарат. При цьому норма хмелю, розрахована згідно Інструкції, уточнюється за допомогою розробленого експрес-методу оцінки його якості.

Принципова технологічна схема удосконаленої технології наведена на рис. 14.



Виробничі випробування удосконаленої технології підтвердили, що апробована технологія забезпечує в середньому 15 % економії хмелю, прискорює технологічний процес та сприяє підвищенню стійкості пива.

На основі виконаних досліджень розроблена також апаратурно-технологічна схема, яка наведена на рис. 15, де умовно позначено: — - основний продукт; -1- - вода; -2- - пара; -2к- - конденсат; апарати: ЗА - заторний; ФА - фільтраційний; УЗ - ультразвуковий; СА - сусловарильний; ГЦА - гідроциклон-

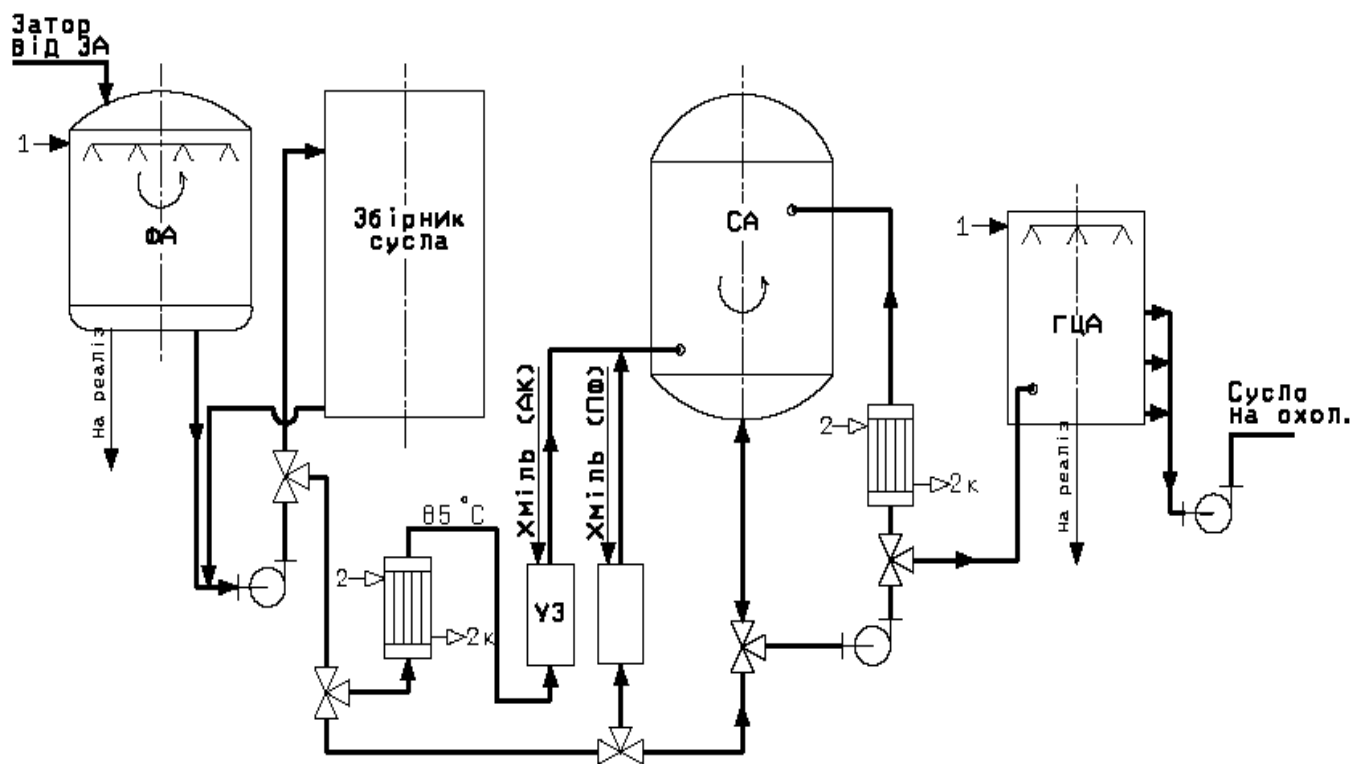
ний.

**У шостому розділі „ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБРОБЛЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОМ НА БІОЛОГІЧНУ СТІЙКІСТЬ НАПОЇВ БРОДІННЯ”** наведено результати досліджень, які проводили на зразках хлібного квасу, виготовленого з концентрату квасного суслу згідно вимог НТД. Використовували ультразвукові генератори типів УЗДН-2Т та УЗА-0,5, діапазон частот акустичних коливань яких знаходився у межах 22–44 кГц. Ультразвукові коливання супроводжувалися явищем кавітації. Ефективність оброблення визначали залежно від тривалості перебування зразків в активній зоні дії УЗ (від 5 хв. до 1 год.).

Контрольні та дослідні зразки зберігали за однакових умов у термостаті при температурі 30 °С. Основні показники квасу – загальну кислотність (К) та вміст сухих речовин (СР) – фіксували протягом 21 доби з періодичністю один раз через кожні 24 год. зберігання. Також проводили візуальний і органолептичний аналіз.

Рис. 14. Удосконалена принципова технологічна схема теплового оброблення суслу з хмелем

Початкові значення вмісту сухих речовин ( $CP_0$ ) та загальної кислотності ( $K_0$ ) становили 5,4 % і 2,15 од. відповідно. Встановлено, що внаслідок оброблення УЗ-коливаннями загальна кислотність усіх дослідних зразків порівняно з контролем зменшилася. Ефект зміни загальної кислотності  $(K_0 - K_1)/K_0 \cdot 100\%$  для різних зразків становив 40–57 % (тут  $K_1$  – кислотність через три доби зберігання). Вміст  $CP$  в день оброблення залишився незмінним. З часом в процесі гарантійного терміну зберігання (до 3 діб) в дослідних зразках зменшення вмісту  $CP$  та зростання загальної кислотності було менш інтенсивним. Через 3 доби вміст  $CP$  був вищим в середньому на 10 %, а загальна кислотність – на 20 % нижчою за контроль. Загальна кислотність контрольного зразка завжди залишалася вищою порівняно з обробленими зразками. Сповільнення процесу бродіння вказує на можливість подовження терміну зберігання. Виявилось, що оптима-



льною тривалістю оброблення є 10–15 хвилин, оскільки в цьому випадку спостерігається максимальний ефект дії УЗ.

Динаміка загальної кислотності та вмісту  $CP$  протягом більш тривалого часу свідчить про те, що відновлення кислотності до початкового значення відбувалося за 3–4 доби, потім же процес зберігання характеризувався більш інтенсивним збільшенням кислотності. Очевидно він пов'язаний із відновленням життєдіяльності мікроорганізмів. Але відносна кислотність, тобто  $K_1/K_0$ , оброблених зразків завжди залишалася нижчою, ніж у контрольному зразку. Зміна концентрації  $CP$  була подібною до кислотності, але до 11 доби, коли зброджуваних цукрів немає.

Під впливом УЗ-коливань у хлібному квасі спостерігалось сповільнення процесів наростання кислотності, зброджування  $CP$  і збільшення терміну реалізації. Цей спосіб має бути більш ефективним у виробництві пива (особливо безалкогольного), яке є про-

дуктом закінченого бродіння і містить менше мікроорганізмів. Отже, біологічну стійкість продуктів бродіння можна підвищити за допомогою УЗ з тривалістю оброблення 10 хв. В результаті відбувається продовження терміну зберігання на 3–4 доби, тобто у 2 рази. Спосіб оброблення не впливає на органолептичні показники напою.

У *сьомому розділі* „СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВА” показано, що соціальний ефект досягається за рахунок спрощення та прискорення методів оцінки нових препаратів хмелю, що стимулює їх виробництво, а також покращує умови праці у пивоварінні. Застосування УЗ-оброблення готового продукту сприяє підвищенню якості.

Економічний ефект від застосування результатів роботи полягає в економії витрат дорогої сировини, зниженні собівартості пива і прискоренні технологічних процесів. Очікуваний економічний ефект за рахунок удосконалення нормування та оптимізації дозування хмелю становить близько 15–20 %, або 60–80 тис. грн. на 1 млн. дал пива.

## ВИСНОВКИ

1. В дисертаційній роботі на основі аналізу спеціальної літератури і проведених експериментів удосконалено технологію пива шляхом застосування фізико-хімічних методів: передбачено експрес-методи оцінки при нормуванні хмелю та його оброблення за допомогою ультразвуку в комплексі з виносним теплообмінником.

2. Вирішена актуальна задача щодо удосконалення методів контролю вологості та вмісту АК в хмелі й оптимізації нормування. Розроблені методи експрес-аналізу якості хмелю за допомогою спектроскопії в ближній ІЧ-області спектру (патенти України № 62607 А „Експрес-метод визначення вологості хмелю” та № 62608 А „Експрес-метод визначення вмісту альфа-кислот в хмелі”) сприятимуть оперативному нормуванню і забезпеченню стабільної високої якості пива.

3. Доведено, що застосування виносного теплообмінника дає змогу інтенсифікувати процес теплового оброблення пивного сусла: скоротити тривалість кип'ятіння на 25 %, здійснити економію хмелю на 10–18 % та підвищити якість сусла, стійкість пива.

4. Встановлено, що оброблення хмелю ультразвуком значно прискорює екстрагування та ізомеризацію його гірких речовин. Визначені оптимальні умови і запропонований спосіб оброблення хмелю перед внесенням у суслотоварильний апарат, що забезпечує більш повне використання цінних речовин хмелю та зниження його витрат на 15–20 %.

5. Розроблено удосконалену комплексну технологію теплового оброблення сусла, яка передбачає оперативне нормування, кип'ятіння з виносним теплообмінником та оброблення хмелю ультразвуком перед внесенням в пивне сусло.

6. Апробацією комплексної технології у виробничих умовах встановлено, що запропонована технологія забезпечує мінімум 15 % економії хмелю, прискорює технологічний процес на 20 % та сприяє підвищенню стійкості пива.

7. Обґрунтовано доцільність та розроблено спосіб використання ультразвуку для оброблення продуктів бродіння з метою підвищення їх біологічної стійкості. Розробле-

ний спосіб оброблення хлібного квасу (патент України № 38972 А) дозволяє продовжити термін реалізації напою у 2 рази.

8. Розроблено технологічний регламент кип'ятіння пивного сусла з використанням експрес-аналізу та ультразвукового оброблення хмелю. Очікуваний економічний ефект за рахунок оптимізації нормування, дозування та оброблення хмелю ультразвуком становить 15–20 %, або 60–80 тис. грн. на 1 млн. дал пива.

## ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Інтенсифікація процесів теплового оброблення пивного сусла з хмелем / Мелетьєв А.Є., Прядко М.О., Воронцова С.І., Галак Г.М. // Наук. праці УДУХТ. – 2001. – № 9. – С. 68–69.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь у проведенні експериментальних досліджень, обробці результатів і підготовки статті до публікації.

2. Ультразвукова кавітаційна обробка хмелю / Мелетьєв А.Є., Носенко В.Є., Троценко П.О., Король А.М., Воронцова С.І. // Наук. праці УДУХТ. – 2001. – № 10. – С. 159–160.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації та проведенні експериментальних досліджень, обробці, узагальненні результатів, написанні та підготовці матеріалів до публікації.

3. Збільшення терміну зберігання хлібного квасу за допомогою ультразвукової кавітації / Воронцова С.І., Троценко П.О., Носенко В.Є., Прибильський В.Л. // Наук. праці НУХТ. – 2003. – № 14. – С. 71–73.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні експериментальних досліджень, обробці, узагальненні експериментальних даних, написанні та підготовці статті до публікації.

4. Пат. 38972 А України, МПК<sup>7</sup> A23L3/30. Спосіб оброблення хлібного квасу / Воронцова С.І., Носенко В.Є., Прибильський В.Л., Троценко П.О. – № 2000127228; Заявл. 15.12.2000; Опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь у проведенні патентного пошуку, підготовці формули винаходу, організації, проведенні, узагальненні експериментальних досліджень, узагальненні результатів дослідів та написанні заявки на винахід.

5. Пат. 62607 А України, МПК<sup>7</sup> C12C3/00, G01J3/00. Експрес-метод визначення вологості хмелю / Воронцова С.І., Носенко В.Є., Носенко Т.Т., Мелетьєв А.Є., Троценко П.О. – № 2003043386; Заявл. 15.04.2003; Опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь у проведенні патентного пошуку, підготовці формули винаходу, організації, проведенні, узагальненні експериментальних досліджень, обробці результатів та написанні заявки на винахід.

6. Пат. 62608 А України, МПК<sup>7</sup> C12C3/00, G01J3/00. Експрес-метод визначення вмісту альфа-кислот хмелю / Воронцова С.І., Носенко В.Є., Мелетьєв А.Є., Троценко П.О. – № 2003043387; Заявл. 15.04.2003; Опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь у проведенні патентного пошуку

підготовці формули винаходу, організації, проведенні, узагальненні експериментальних досліджень, обробці результатів та написанні заявки на винахід.

7. Вплив ультразвукових коливань на біологічну стійкість квасу / Воронцова С.І., Зінченко Н.П., Кравчук К.В., Мелешко О.В., Носенко В.Є., Прибильський В.Л., Троценко П.О. // Тези доповідей 64-ї студ. наук. конф. – К.: УДУХТ.–1998.–С. 13–14.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

8. Дослідження впливу ультразвуку на стійкість пива / Воронцова С.І., Ківа Т.І., Шубенко А.І., Мелетьєв А. Є., Носенко В.Є., Троценко П.О. // Тези доповідей 65-ї студ. наук. конф. – К.: УДУХТ. – 1999. – С. 20.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь у проведенні досліджень, обробці одержаних результатів і написанні тез доповіді.

9. Підвищення біологічної стійкості квасу за допомогою ультразвукової кавітації / Воронцова С.І., Носенко В.Є., Прибильський В.Л., Троценко П.О. // Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості: Матеріали Шостої наук.-техн. конф. – У 3 ч. – К.: УДУХТ. – 2000. – Ч. II. – С. 14–15.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

10. Воронцова С.І., Галак Г.М., Мелетьєв А.Є. Вплив інтенсивності кип'ятіння пивного суслу на ізомеризацію гірких речовин хмелю // Тези доповідей 66-ї студ. конф. – У 2 ч. – К.: УДУХТ. – 2000. – Ч. 1. – С. 104.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

11. Оптимизация технологии пивного суслу с целью рационального использования энергоносителей / Мелетьев А.Е., Галак Г.Н., Воронцова С.И., Носенко В.Е., Троценко П.А. // Техника и технология пищевых производств: Материалы II-Международ. науч.-техн. конф. – Могилев: МГТИ. – 2000. – С. 94.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

12. Удосконалення процесів приготування хмелевих препаратів з використанням їх у виробництві пива / Воронцова С.І., Риндич В.Л., Мелетьєв А.Є., Носенко В.Є. // Матеріали 67-ї наук. конф. студ., аспір. і молодих вчених – К.: УДУХТ, 2001. – С. 28–29.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

13. Повышение эффективности использования хмеля в пивоварении / Воронцова С.И., Риндич В.Л., Мелетьев А.Е., Носенко В.Е. // Техника и технология пищевых производств: Материалы III-Международ. науч. конф. студ. и аспирантов. – Могилев: МГТИ. – 2001. – С. 41.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

14. Використання ефекту кавітації у технології пивного сусла / Воронцова С.І., Галак Д.Г., Мелетьєв А.Є., Троценко П.О., Носенко В.Є. // Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості: Матеріали Міжнар. наук. конф. молодих вчених, аспір. і студ. – К.: УДУХТ, 2002. – Ч. 2. – С. 24.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

15. Удосконалення методики оцінки хмелю / Воронцова С.І., Шаран А.В., Мелетьєв А.Є., Носенко В.Є. // Розроблення, дослідження і створення продуктів функціонального харчування, обладнання та нових технологій для харчової і переробної промисловості: Програма і матеріали 69-ї наук. конф. молодих вчених, аспір. і студ. – К.: НУХТ, 2003.– Ч. 2. – С. 16.

*Особистий внесок здобувача:* приймала участь в організації, проведенні досліджень, обробці, узагальненні одержаних результатів і написанні тез доповіді.

## АНОТАЦІЯ

**Воронцова С.І. Удосконалення технології пива з використанням фізико-хімічних методів. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.07 – технологія продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2004.

В роботі розроблений експрес-метод комплексної оцінки якісних показників хмелю (вологості та  $\alpha$ -кислот) за допомогою ближньої інфрачервоної спектроскопії. Метод ґрунтується на спрощенні та прискоренні аналізу без використання хімічних реактивів та додаткового висушування. Безпосередній об'єктивний контроль якості хмелю сприятиме оптимізації нормування.

Удосконалено технологію екстрагування гірких речовин хмелю за допомогою ультразвукової кавітації, що дозволяє прискорити екстрагувальні процеси та оптимально використати всі цінні речовини хмелю. Кип'ятіння сусла з хмелем запропоновано проводити у сушловарильних апаратах з виносним теплообмінником. Удосконалена технологія передбачає при охмелінні сусла на сучасних апаратах вносити в них вже ізомеризований ультразвук хміль.

Обґрунтовано доцільність та ефективність використання ультразвуку для оброблення продуктів бродіння для підвищення їх біологічної стійкості. Розроблено спосіб оброблення хлібного квасу, який дозволяє продовжити термін зберігання.

**Ключові слова:** хміль, метод спектроскопії в ближній інфрачервоній області, масова частка вологи, масова частка  $\alpha$ -кислот, екстрагування, ультразвукове оброблення, кавітація.

## АННОТАЦИЯ

**Воронцова С.И. Усовершенствование технологии пива при использовании физико-химических методов – Рукопись**

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.07 – технология продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2004.

Диссертация посвящена обоснованию, разработке и испытанию усовершенствованной технологии пива путем применения физико-химических методов на этапах подготовки сырья, обработки полупродуктов и готового напитка.

С целью оптимального нормирования хмеля и объективной его оценки в работе установлена зависимость спектра отражения от степени дисперсности молотого хмеля. Подобрана оптимальная степень его помола. Определены характеристические длины волн для анализа содержания влаги и  $\alpha$ -кислот в хмеле.

На основании экспериментальных данных разработан экспресс-метод комплексной оценки качественных показателей хмеля (влажности и  $\alpha$ -кислот), который основывается на упрощении и ускорении анализа без применения химических реактивов и дополнительного высушивания. Суть метода состоит в подготовке к измерению образца хмеля путем его измельчения и просеивания через сито с размерами отверстий 0,294–1,000 мм, а также анализе полученного ситового прохода методом ближней инфракрасной спектроскопии с автоматическим определением показателей на ИК-анализаторе „Инфрапид-61”. Непосредственный объективный контроль качества хмеля будет способствовать оптимизации нормирования, которая позволит сократить потери ценных хмелевых веществ, что приведет к увеличению степени их использования.

Усовершенствована технология экстрагирования горьких веществ хмеля при помощи ультразвука, а именно экспериментально определены оптимальные условия обработки хмеля. Применение ультразвуковой кавитации позволит ускорить процессы экстракции и оптимально использовать все ценные вещества хмеля.

С целью интенсификации тепловой обработки сусла с хмелем предложено процесс проводить в сусловарочных аппаратах с выносным теплообменником. При этом сократится длительность кипячения на 30 минут, обеспечится повышенное качество сусла и рациональное использование хмеля.

На данную усовершенствованную технологию разработан технологический регламент, который позволит проводить быструю комплексную оценку хмеля при нормировании перед непосредственным внесением в пивное сусло и предусматривает дальнейшую обработку его ультразвуком. Предложенная технология при охмелении сусла на современных аппаратах предполагает вносить в них уже изомеризованный вышеуказанным способом хмель.

Обоснована целесообразность и эффективность использования ультразвука для обработки продуктов брожения с целью повышения их биологической стойкости. Исследования проводились на примере хлебного кваса как напитка с особенно низким сроком хранения. В результате разработан способ обработки кваса, который позволяет продлить срок реализации напитка на 3–4 суток, то есть в 2 раза.

Предложены усовершенствованная принципиальная технологическая и аппаратно-технологическая схемы тепловой обработки суслу с хмелем. Разработан и утвержден технологический регламент кипячения пивного суслу с использованием экспресс-анализа и ультразвуковой обработки хмеля. Проведена апробация новых технологий в производственных условиях, определена экономическая эффективность предложенных мероприятий по усовершенствованию технологии пива, которая составляет 60–80 тыс. грн. на 1 млн. дал пива.

Разработанные экспресс-методы определения влаги и содержания АК в хмеле, а также способ обработки хлебного кваса подтверждены патентами Украины на изобретения.

**Ключевые слова:** хмель, метод спектроскопии в ближний инфракрасной области, массовое содержание влаги, массовое содержание  $\alpha$ -кислот, экстрагирование, ультразвуковая обработка, кавитация.

## ANNOTATION

**Vorontsova S.I. The improvement of beer technology by using the physical and chemical methods. – Manuscript.**

The thesis for obtaining the scientific degree of the Candidate of Technical Science on specialty 05.18.07 – technology of fermentation products. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2004.

The thesis is dedicated to the substantiation, development and testing of the improved technology of beer by the way of application of physical and chemical methods at the stage of raw preparation, intermediate product processing and ready made drinks.

The express-methods of complex evaluation of the quality indexes of hop (humidity and  $\alpha$ -acids) that bases at the simplification and acceleration of analyze without using the chemical reagents and additional drying is designed in the work. Direct objective control of the hop quality would make the optimization of normalization.

The technology of extraction of the bitter hop substances with the help of ultrasonic has been improved. The applying of ultrasonic cavitation let to accelerate the extraction processes and to use all valuable hop substances in optimal way. For intensity the wort boiling with hop the wort-boiling apparatus with remote heat exchanger has been proposed.

The expediency and efficiency of using of ultrasonic for treatment of fermentation products for their biological firmness increasing have been proved.

Applying of the new technologies in production conditions has been made as well as economical efficiency has been determined.

**Key words:** hop, method of spectroscopy in near infrared area, mass consist of humidity, mass consist of  $\alpha$ -acids, extraction, ultrasonic treatment, cavitation.