

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біолого-технологічний факультет

Спеціальність
181 «Харчові технології»

«Допускається до захисту»

Завідувач кафедри безпеки та якості харчових продуктів, сировини і технологічних процесів
доцент С.В. Чернюк С.В. Чернюк

« 1 » 12 2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

«АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВА»

Виконав(ла) Баришполь Віталій
Миколайович
прізвище, імя, по батькові, підпис

Керівник доцент Чернюк С.В.
вчене звання, прізвище, ініціали підпис

Рецензент С.В. Чернюк
вчене звання, прізвище, ініціали підпис

Я, Баришполь Віталій, засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2025

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу здобувачу.....	3
АНОТАЦІЯ.....	4
ANNOTATION.....	5
Відгук керівника роботи.....	6
ВСТУП.....	7
1. Огляд літератури	10
1.1 Сучасний стан ринку пива в Україні.....	10
1.2 Загальна характеристика пива	12
2. МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	18
3. РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ	19
3.1 Вимоги до сировини і матеріалів.....	19
3.2 Продуктовий розрахунок	25
3.3 Апаратурно-технологічне забезпечення.....	31
3.4 Опис технології	35
4. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОДУКТУ, ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	41
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	45
ВИСНОВКИ.....	47
ПРОПОЗИЦІЇ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

АНОТАЦІЯ

Баришполь Віталій Миколайович

«АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПИВА»

Кваліфікаційна робота на тему «**Аналіз та удосконалення технології пива**» присвячена дослідженню сучасних технологічних процесів пивоваріння, вивченню впливу рослинних добавок на якісні показники напою та обґрунтуванню шляхів підвищення ефективності виробництва.

У роботі проаналізовано стан пивоварної галузі України, наведено класифікацію, асортимент і харчову цінність пива. Описано сировинну базу, основні етапи технологічного процесу та апаратурно-технологічне забезпечення виробництва. Особливу увагу приділено використанню сушених коренеплодів цикорію як функціонального інгредієнта, що дозволяє підвищити органолептичні показники готового продукту, поліпшити піноутворювальні властивості, надати пиву характерного кольору та аромату, а також зменшити його собівартість.

Розроблено удосконалену технологічну схему виробництва світлого пива із додаванням цикорію, подано розрахунок витрат сировини, охарактеризовано систему контролю якості та безпечності продукції, проведено аналіз екологічного забезпечення та економічної ефективності технології.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження результатів дослідження у виробничу діяльність пивоварних підприємств для підвищення конкурентоспроможності продукції та розширення її асортименту.

Ключові слова: світле пиво, цикорій, технологія виробництва, якість, ефективність, екологізація, безпечність.

ANNOTATION

Baryshpol Vitalii

“ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF BEER PRODUCTION TECHNOLOGY”

The qualification thesis entitled “*Analysis and Improvement of Beer Production Technology*” is devoted to the study of modern brewing processes, the investigation of the influence of plant additives on the quality indicators of beer, and the substantiation of ways to improve production efficiency.

The paper analyzes the current state of the brewing industry in Ukraine, provides a classification, assortment, and nutritional value of beer. It describes the raw material base, the main stages of the technological process, and the equipment and technological support of production. Special attention is paid to the use of dried chicory roots as a functional ingredient that enhances the organoleptic properties of the final product, improves foam formation, gives the beer a characteristic color and aroma, and reduces production costs.

An improved technological scheme for the production of light beer with chicory addition has been developed. The calculation of raw material consumption is presented, the system of quality and safety control of products is characterized, and the ecological support and economic efficiency of the technology are analyzed.

The practical significance of the work lies in the possibility of implementing the research results in the production activities of brewing enterprises to increase product competitiveness and expand its assortment.

Keywords: light beer, chicory, production technology, quality, efficiency, greening, safety.

ВСТУП

Історично пивоварна промисловість пройшла значний шлях розвитку. Якщо в XIX столітті виробництво пива у світі зросло в декілька разів, то в Україні рекордного показника було досягнуто у 1995 році – 147,7 млн дал при споживанні 28,8 літра на душу населення. На сучасному етапі все більше уваги приділяється саме якості продукції. Це передбачає перехід від адміністративних методів контролю до системи гнучкої стандартизації та економічних механізмів управління, що дозволяє швидше адаптуватися до вимог ринку [3, 8].

Виробництво пива є складним і багатоступеневим біотехнологічним процесом, який поєднує в собі елементи як традиційних, так і сучасних технологій [1, 5]. Його актуальність зумовлена тим, що пивоварна галузь не лише займає вагомe місце в харчовій промисловості України, а й безпосередньо впливає на економічний розвиток країни, формування внутрішнього ринку та експортного потенціалу [25]. Водночас, підвищені вимоги до якості напоїв, змінні умови ринкової конкуренції та інтеграція у світові стандарти спонукають виробників до пошуку нових шляхів удосконалення технологій [15, 31].

Технологія виробництва пива починається з підготовки зерна: його замочування, пророщування та термічної обробки з метою отримання солоду, багатого на активні ферменти [10, 9]. Далі відбувається затирання та ферментативне розщеплення крохмалю і білків, у результаті чого утворюється пивне сусло. Наступний етап – бродіння за участю спеціальних дріжджів [12], завдяки чому сусло перетворюється на пиво. Сировинною основою здебільшого виступає ячмінь та хміль [9, 11], проте можливе використання й інших культур – пшениці, кукурудзи, рису, бобових [14, 28].

Практичне значення нашої роботи полягає у вивченні технології виробництва пива та його асортименту, що дасть можливість не лише краще зрозуміти особливості формування органолептичних властивостей напою, але й розробити рекомендації щодо вдосконалення окремих елементів

технології [4, 20]. Це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українського пива як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку [30, 32].

У зв'язку з цим **метою** нашої роботи є аналіз та удосконалення технології пива.

Виходячи з поставленої мети ми визначили основні **завдання** нашої роботи:

- провести аналіз літературних джерел щодо сучасних технологій виробництва пива;
- розглянути сировинну базу для виробництва пива, визначити вимоги до якості основних та допоміжних інгредієнтів;
- провести продуктовий розрахунок витрат сировини;
- охарактеризувати апаратурно-технологічне забезпечення у даній технології;
- описати технологію пива, враховуючи рецептуру, режими обробки та умови зберігання;
- проаналізувати функціонування системи управління безпечністю технології пива на різних етапах виробництва;
- здійснити аналіз екологічного забезпечення у даному виробництві;
- оцінити економічну ефективність виробництва пива.

Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів та п'яти підрозділів.

Робота складається з таких розділів:

1. Вступ, де розкривається актуальність теми, формулюються мета і завдання.
2. Огляд літератури та теоретичні відомості, присвячені історії та сучасним аспектам пивоваріння.
3. Методологія кваліфікаційної роботи.
4. Розроблення удосконаленої технології виробництва пива з акцентом на особливості світлого сорту.

5. Контроль безпечності та якості продукту, а саме управління безпечністю технології пива на різних етапах виробництва.

6. Екологізація виробництва аналіз екологічного забезпечення у даному виробництві.

7. Економічна ефективність технології пива.

8. Висновки та пропозиції, що узагальнюють результати нашої роботи.

Загальний обсяг роботи становить 51 сторінка, що включає теоретичну частину, практичний аналіз та список використаної літератури.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасний стан ринку пива в Україні

Пивоварна галузь посідає одне з важливих місць у переробній промисловості [1]. Хоча, якщо порівнювати український та європейський ринки цієї продукції, то вітчизняному є ще куди зростати [18].

Загострення проблеми конкурентоспроможності є особливо актуальним для підприємств харчової промисловості. Виникають високі вимоги до якості продукції, недостатньо ефективний менеджмент, слабка інноваційна активність, недосконалість бізнес-процесів та інші фактори призвели до того, що багато компаній цієї сфери не змогли належним чином адаптуватися до ринкових умов [25].

Пивоварна галузь України переважно розвивається завдяки великим і середнім підприємствам, тоді як малі пивоварні часто стикаються з труднощами у забезпеченні конкурентоспроможності [30].

Сегмент пивоварної продукції та безалкогольних напоїв займає понад 20% у структурі реалізації продукції харчової промисловості [21]. Останніми роками цей ринок демонструє активне зростання, а обсяги виробництва пива в Україні збільшилися у 4,3 рази [2]. Основними рушійними чинниками цього процесу стали залучення іноземних інвестицій, технологічна модернізація та ефективна маркетингова стратегія підприємств [24].

Незважаючи на економічні виклики, пивоварна галузь залишається привабливою для інвесторів [23]. Високий попит на пиво та його рентабельність роблять вкладення в цю сферу перспективними, що стимулює подальший розвиток ринку [1].

В Україні є 241 пивоварний завод, з них 37 великі заводи. В малих заводах обсяг виробництва до 300 000 л. На даний момент чотири провідні компанії контролюють приблизно 80–85% українського ринку пива [4].

За якістю вітчизняне пиво не поступається аналогам із-за кордону і водночас є значно дешевшим, що дає йому конкурентну перевагу [28]. Незважаючи на це, ринок пивоварень України перебуває у складному

становищі. Війна внесла свої корективи до стрімкого розвитку цього бізнесу: зниження купівельної спроможності населення призвело до скорочення обсягів виробництва [6, 24].

Ключові тенденції пивного ринку в Україні за останні декілька років:

1. Зростання обсягів виробництва крафтового пива [22].
2. Розширення ринків збуту пивної продукції [30].
3. Ребрендинг продукції та вдосконалення рецептури пива [4, 20].
4. Зменшення обсягів виробництва через зупинку підприємств на тимчасово окупованих територіях [6].
5. Зосередження на екологічних рішеннях [26].
6. Просування продукції в соцмережах [22].
7. Збільшення співпраці з іноземними виробництвами [31].
8. Збільшення обсягу експорту в іноземні країни [32, 33].

Згідно з результатами аналізу, представленими в таблиці 1, можна зробити висновок, що основними конкурентними перевагами для підприємств цієї галузі є висока якість продукції, помірні ціни та широкий вибір товарів. Завдяки цим характеристикам підприємства можуть здобути довіру споживачів і забезпечити собі значні переваги на ринку.

Таблиця 1

SWOT-аналіз пивоварної ринку України 2021-2024 р.

<i>Сильні сторони</i>	<i>Слабкі сторони</i>
<input type="checkbox"/> Відмінна якість продукції; <input type="checkbox"/> Різноманіття товарів; <input type="checkbox"/> Конкурентоспроможні ціни; <input type="checkbox"/> Потужні виробничі ресурси; <input type="checkbox"/> Систематичний моніторинг власних і конкурентних позицій.	<input type="checkbox"/> Негативне ставлення споживачів до нових продуктів; <input type="checkbox"/> Коливання продажів в залежності від сезону; <input type="checkbox"/> Залежність від дій конкурентів; <input type="checkbox"/> Постійна конкуренція на ринку.
<i>Можливості</i>	<i>Загрози</i>
<input type="checkbox"/> Вихід на нові ринки збуту; <input type="checkbox"/> Привернення інвестицій; <input type="checkbox"/> Збільшення купівельної спроможності населення; <input type="checkbox"/> Розширення виробничих потужностей	<input type="checkbox"/> Виникнення нових конкурентів; <input type="checkbox"/> Негативний вплив державної політики; <input type="checkbox"/> Зростання інфляції; <input type="checkbox"/> Зміни в уподобаннях та потребах споживачів.

Джерело: складено автором на основі [3]

Розширення присутності на нових ринках, зокрема за кордоном, залучення як вітчизняних, так і іноземних інвесторів, а також збільшення виробничих потужностей дозволить підприємствам підвищити свою рентабельність, адже для стабільного розвитку важливо постійно відслідковувати зміни в державній політиці та розробляти програми, спрямовані на мінімізацію ризиків, пов'язаних з можливими змінами в законодавстві.

На сьогодні пивоварна галузь України переживає складний період, обумовлений суттєвим скороченням обсягів споживання на внутрішньому ринку [30]. Це, зокрема, спричинено погіршенням соціально-економічної ситуації в країні, зниженням купівельної спроможності населення, а також політичною нестабільністю, яка безпосередньо впливає на функціонування пивоварного сектору. Одним з основних факторів негативного впливу є постійне підвищення акцизів на пиво [25, 30].

В майбутньому розвиток українського ринку пива буде залежати від рівня фінансової спроможності населення, впровадження енергоефективних технологій на виробництві, що сприятиме зниженню собівартості кінцевої продукції, а також від розширення асортименту шляхом виробництва крафтового пива та нових оригінальних напоїв на основі пива.

1.2. Загальна характеристика пива

Пиво – це слабоалкогольний напій із характерною пінистою структурою, який виготовляється шляхом бродіння охмеленого сусла за допомогою спеціальних пивних дріжджів [1, 27]. Для його виробництва використовуються як пророслі, так і непророслі зернові культури. Цей напій не лише ефективно втамовує спрагу, а й сприяє покращенню обмінних процесів в організмі, підвищує його тонус і позитивно впливає на засвоєння їжі. Завдяки своїй поживній цінності пиво можна вважати важливим доповненням у раціоні людини [17, 19].

За своєю природою пиво є складною системою органічних і неорганічних речовин у вигляді колоїдів та кристалоїдів, що містяться у водно-спиртовому розчині. Вуглекислий газ, яким воно насичене, підсилює відчуття свіжості та допомагає швидко втамовувати спрагу. При помірному вживанні цей солодовий напій не шкодить здоров'ю, а навпаки – сприяє підвищенню життєвої енергії. Його користь пояснюється хімічним складом і впливом біологічно активних компонентів на організм людини [6].

У середньому в пиві міститься:

- 85–92% води,
- 3,0–10,0% незброженого екстракту (вітаміни, амінокислоти, білки, вуглеводи, мінерали),
- до 9,3% етилового спирту,
- до 0,4% вуглекислого газу.

Загалом напій включає понад 400 різних сполук, які визначають його якість та цінність. Смакові характеристики залежать від гармонійного поєднання аромату, кольору, гіркоти хмелю, прозорості, стійкості піни та здатності зберігати свої властивості тривалий час [11, 17]. Особливо важливими є гіркі речовини та поліфеноли хмелю, що надають напою специфічної гіркуватості, впливають на стабільність і чистоту смаку, а також сприяють піноутворенню. Додатковий аромат формується завдяки ефірним оліям хмелю.

Пиво також має антибактеріальні властивості: гіркі речовини пригнічують розвиток шкідливих бактерій, але не впливають негативно на пивні дріжджі, необхідні для процесу бродіння [18].

Протягом багатьох століть пиво не вважалося причиною ожиріння чи алкоголізму. Навпаки, у помірних кількостях воно могло стимулювати апетит і навіть допомагати в боротьбі з надмірною вагою. Його калорійність становить 1677–3351 кДж (400–800 ккал) на 1 літр, що складає значну частину добової енергетичної потреби дорослої людини (2500–3000 ккал).

При цьому приблизно половина калорій припадає на білки та вуглеводи, а решта – на спирт.

Попри високу енергетичність, пиво не можна вважати повноцінним продуктом харчування, адже лише частина його складових бере участь у відновленні тканин організму. Алкоголь виконує лише енергетичну функцію, не сприяючи побудові клітин. Водночас пиво відіграє важливу роль у травленні: його колоїдні компоненти виступають природними емульгаторами, сприяючи кращому контакту їжі зі стінками кишківника та активізації ферментативних процесів. Це покращує засвоєння поживних речовин і загалом позитивно впливає на обмін речовин.

Таким чином, пиво – це не просто напій, а багатокomпонентний продукт, що має певну харчову цінність і може позитивно впливати на організм людини за умови помірною вживання [19].

Класифікація пива

Зазвичай в основу класифікації беруть густину сусла (тобто, щільність суміші солоду й води, в якій варять пиво). Відповідно до густини сусла, пиво розподіляється на чотири типи:

****Міцне**** – густина сусла понад 16 % (міцність 5-12 % об.). У цього виду пива більш багатший смак.

****Розливне**** – густина сусла 7-11 % (міцність 0,5-2,8 % об.).

****Просте**** – густина основного сусла до 7 % (міцність 0,5-1,5 % об.), може бути як світлим, так і темним, без виражених особливостей.

****Цільне**** – густина сусла 11-16 % (міцність 0,5-2,8 % об.). Понад 90 % проданого пива – цільне. До цього типу часто відносять безалкогольне та пиво зниженої калорійності. Іноді з цільного пива виділяють п'ятий тип – легке цільне та безалкогольне – з густотою сусла 6-12 % (міцність 0,3-3 % об.). У безалкогольному пиві може бути до 0,6 % об. спирту [19].

Пиво також діляться за кольором:

- біле;
- темне;

- червоне;
- світле.

Залежно від того, який солод використаний при варінні, пиво класифікують на чотири види:

- традиційне;
- пшеничне;
- рисове;
- кукурудзяне.

За іншими ознаками цей напитек можна розподілити за:

- пастеризацією (не пастеризоване, пастеризоване);
- фільтрацією (не фільтроване, фільтроване);
- типом тари (пляшкове, ЖБ та ПЕТ, кегове).

Отже, пиво – це продукт, який можна класифікувати за різноманітними критеріями [33].

Асортимент продукту

На українському ринку пива сьогодні працює близько 50 підприємств, із яких 42 входять до асоціації «Укрпиво» та контролюють приблизно 70% обсягів виробництва. Лідуючі позиції у галузі належать чотирьом основним компаніям:

1. Холдинг «САН Інтербрю Україна»
2. ЗАТ «Сармат»
3. Скандинавська пивоварна компанія Baltic Beverages Holding (BBH) в Україні
4. ЗАТ «Оболонь»

Окрім них, діють і менші пивоварні, кожна з яких виробляє близько 0,4 млн декалітрів пива на рік: «Бердичівський пивзавод», «Микулинецький пивзавод «Бровар», об'єднання «Хмільпиво», АОЗТ «Радомишль», «Ніжинський пивзавод», одеський завод «Гамбрінус», «Пивзавод на Подолі», «Запорізький пивзавод №1», «Уманьпиво», Лисичанський і Рівненський пивзаводи та інші.

Насичення ринку різними сортами пива й подолання дефіциту зумовили зростання ролі маркетингу. Якщо раніше більшість компаній орієнтувалися на масового споживача, то згодом виникла потреба чіткої сегментації: виокремлення продукції преміум-класу, середнього сегмента та масового ринку. Сьогодні дедалі більше уваги приділяється брендингу, маркетинговим інструментам і просуванню марок. Основне завдання маркетингової стратегії – збільшення продажів, зміцнення ринкових позицій бренду та підвищення його впізнаваності.

Асортимент українського пивного ринку охоплює п'ять основних груп: світле, біле, міцне, темне та червоне пиво. Домінуюче місце посідають світлі сорти, на які припадає близько 90% обсягів продажів; решта 10% – це здебільшого темні сорти. Останнім часом особливою популярністю користуються нефільтровані види пива.

Щодо упаковки, у 2021 році на ринку була представлена безалкогольна пивна продукція у семи видах тари. Найбільшим попитом користувалася скляна пляшка, що залишається традиційною для українських споживачів. За прогнозами експертів, протягом двох років частка ПЕТ-тари може зрости до 25%. Вже у 2021 році її споживання збільшилося на 10% завдяки провідним виробникам – «Оболонь», «САН Інтербрю Україна», ВВН та Донецькій групі. Також зростає інтерес до пива в алюмінієвих банках.

Таблиця 2

Обсяги ринку пивної тари в Україні у 2024 р.

Вид тари	Частка (%)
Скляна пляшка 0,5 л	73,0
Скляна пляшка 0,33 л	3,1
Жерстяна банка 0,33 л	0,3
Жерстяна банка 0,5 л	3,1
Жерстяна пляшка 2 л	4,3
ПЕТ-пляшка 1,5 л	2,5
ПЕТ-пляшка 2 л	13,6

Таким чином, пиво – це слабоалкогольний пінистий напій, отриманий шляхом зброджування охмеленого сусла пивними дріжджами із застосуванням пророщених та непророщених зернових культур. Його класифікують за кольором, видом солоду, фільтрацією, пастеризацією та типом тари, в яку розливається готова продукція.

2. МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета нашої кваліфікаційної роботи полягає в аналізі та удосконаленні технології світлого пива шляхом використання сушених коренеплодів цикорію для підвищення якості і зменшення собівартості готового продукту.

Для досягнення поставленої мети застосовано комплекс аналітичних і порівняльних методів.

- *Об'єктом* удосконалення є процес виробництва світлого пива за класичною технологією.
- *Предметом* удосконалення є вплив додавання сушених коренеплодів цикорію на фізико-хімічні та органолептичні властивості пива, а також на економічні показники його виробництва.

Матеріали

- ячмінний солод світлих сортів;
- сушені коренеплоди цикорію (подрібнені до дрібнодисперсного стану);
- хміль гранульований;
- вода;
- пивні дріжджі низового бродіння.

В результаті аналізу літературних даних та нормативної документації описано вимоги до сировини та матеріалів, проведено продуктивний розрахунок, подано апаратурно-технологічне забезпечення та детальний аналіз технології пива.

Таким чином, наведена методологія дала можливість комплексно описати вплив використання сушених коренеплодів цикорію на процес пивоваріння та обґрунтувати доцільність їх застосування у виробництві світлого пива.

3. РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Традиційна технологія виробництва світлого пива базується на використанні ячмінного солоду як основної сировини, хмелю та дріжджів низового бродіння. Проте сучасні тенденції пивоваріння передбачають впровадження інноваційних рішень, які дозволяють не лише покращити органолептичні властивості напою, а й знизити його собівартість. Одним із таких напрямів є використання рослинних добавок – зокрема, сушених коренеплодів цикорію, які містять інулін та інші біологічно активні речовини [4].

3.1 Вимоги до сировини і матеріалів

Для проведення експериментальних досліджень були використані такі матеріали і продукти:

- Солод пивоварний ячмінний світлий відповідно до ДСТУ 4282:2018 [10];
- Ячмінь відповідно до ДСТУ 3769:98 [9];
- Сушені коренеплоди цикорію, подрібнені до дрібнодисперсного стану до ДСТУ 8210:2015 [14];
- Хміль мелений гранульований відповідно до ДСТУ 7067:2009 [11];
- Вода питна відповідно до ДСТУ 7525:2014 та ДСанПіН 2.2.4-171-10 [8];
- Дріжджі пивоварні відповідно до ДСТУ 7344:2013 [12]

3.1.1. Характеристика солоду Солод пивоварний ячмінний

Для приготування пива використовується ячмінний солод українського виробництва. Солод – це продукт, який є основною сировинною для приготування пива. Його отримують шляхом пророщення пшеничного зерна. Завдяки цьому процесу покращується хімічний склад сировини, що є необхідним для виробництва пива. Утворення ферменту діастазі робить солод здатним до оцукрювання. Розчеплення крохмальних сполук призводить до утворення цукрі, які необхідні для спиртового бродіння (продукти бродіння – спирти та діоксин вуглецю).

Для початку зерно очищують від органічних, сміттєвих та феромагнітних домішок. Етап відбувається на сепараторах. Після цього ячмінь висушують та замочують. Саме замочування є основою пророщування зерна. Тривалість процесу залежить від сировини. В середньому, замочування триває не більше 3-х діб. Вода змінюється кожні 8 годин. 2 години з циклу ячмінь залишається без вологи для досягнення максимальної швидкості пророщування.

Після цього зерно пшениці чи ячменю підсушують і відправляють на пророщення у спеціальні приміщення, де підтримується постійна температура та вологість. Вже на 3 день з'являються ростки довжиною близько 1-2 мм. На 7 день витримки їх довжина сягає 2-4 см. Після пророщування ростки відділяються від зерна, а готовий солод направляється на висушування та зберігання. Висушування проходить при дотриманні таких режимів: температура 45-55 °С, тривалість – 16-18 годин. Недотримання режимів може призвести до потемніння зерна та його псуванню.

Солод зберігається на складах насипом товщиною не більше 4 м. Температура у приміщенні повинна бути не більше 20 °С для попередження самозігрівання. Після зберігання солод фасують у герметичні мішки та відправляють на виробництво.

Розрізняють декілька видів солоду в залежності від технології його отримання. Свіжепророщений солод також називають зеленим. Він володіє найбільшою біохімічною активністю, швидко оцукрює крохмаль. Але термін зберігання зеленого солоду – 2-3 доби, тому його майже не використовують.

Світлий солод отримують шляхом висушування зеленого солоду при температурі 25-80 °С (з поступовим підвищенням) 16 годин. Готовий солод має світле, ледь кремове забарвлення, солодкуватий присмак та борошнисту структуру. Завдяки поступовому підвищенню температури більша частина ферментів залишається у активному стані, тому оцукрювання крохмалистих речовин проходить швидко та якісно.

Для того щоб отримати карамельний солод зелений солод обсмажують при температурі 120-170 °С. Він володіє меншою ферментною активністю, але краще екстрагується, завдяки чому і використовується для варки темних сортів пива. Меланоїдиновмісні сполуки, які у ньому містяться, обумовлюють темне забарвлення, а також карамельний смак та аромат готового напою.

Якість ячмінного солоду нормується згідно діючому ДСТУ 4282 [10].

3.1.2. Ячмінь пивоварний

Показники якості ячменю нормуються згідно діючому ДСТУ 3769-98 [9]. Саме цей документ забезпечує виконання вимог до якості продукції, що гарантують безпечність для життя та здоров'я населення і захист навколишнього середовища.

Несоложений ячмінь використовують для підвищення екстрактивності, створення певного смаку і зниження собівартості пива. Загальна кількість несоложеного ячменю, що додається, повинна бути 15-50 % від маси ячмінного солоду.

До основного зерна ячменю відносять:

- цілі та пошкоджені зерна ячменю, які не віднесені за характером їх пошкоджень до зернових домішок;
- дрібні зерна ячменю, що проходять крізь сито з продовгуватими отворами розміром 2,2*20,0 мм.
- у ячмені II сорту, що використовується для виробництва солоду – зерна та насіння культур інших рослин, які не віднесені до домішок, а також 50 %

битих та пошкоджених зерен ячменю, що також не відносяться до сміттєвих домішок.

Ячмінь повинен бути здоровим, без ознак самозігрівання і без теплового пошкодження при висушуванні, мати нормальний запах, що характерний здоровому зерну (без затхлого, солодового, пліснявого, стороннього запахів); нормальний колір, характерний здоровому зерну

даного класу; не допускається зараженість шкідниками, крім зараженість кліщем не вище I ступеню.

3.1.3. Хміль пивоварний гранульований

Показники якості хмелю нормуються згідно діючому ДСТУ 7067:2009 [11]. Саме цей документ забезпечує виконання вимог до якості продукції, що гарантують безпечність для життя та здоров'я населення і захист навколишнього середовища.

Хміль використовують для надання пиву характерного аромату, специфічного гіркуватого смаку і біологічної стійкості при зберіганні. За участі хмелю формуються також такі показники якості, як колір, прозорість та піноутворення.

При виробництві пива найбільш важливими є гіркі кислоти і смоли (10-26% маси сухих речовин хмелю), а також дубильні речовини (2-5%) та ефірні масла хмелю (0,2-1%).

Гіркі речовини хмелю – це комплекс безазотистих з'єднань, що представляє собою суміш гірких кислот, рідких та твердих смол. Їм характерна висока антибіотична активність по відношенню до мікроорганізмів, що можуть вплинути на якість пива.

Дубильні речовини хмелю відносяться до катехинів. Вони впливають на терпкість пивного сула, його прозорість та інтенсивність забарвлення.

Ефірні масла хмелю представляють собою суміш ароматичних вуглеводнів та терпенів, які приймають участь у формуванні аромату пива, незважаючи на те, що під час кип'ятіння більша частина ефірів випаровуються.

Не допускається використання хмелю:

- з прілим, затхлим, сирним, димним та іншими сторонніми запахами;
- з пліснявою;
- при масовому враженні шкідниками чи хворобами;
- з вмістом сторонніх домішок.

Хміль – це один із чотирьох основних компонентів пива. Його використовують не тільки для надання приємного аромату, а й для специфічного гірко-присмаку напою та підвищення біологічної стійкості пива при зберіганні. Ефірні масла хмелю впливають на формування кольору, піни та прозорості готового продукту.

Найбільш цінними компонентами хмелю є смоли а гіркі кислоти, які складають близько 20-25 % від загального вмісту сухих речовин. Не менш важливими є дубильні речовини (які і надають пиву гіркоти) та ефірні масла. Їх масова частка – не більше 5 %.

Гіркими речовинами хмелю називають без азотисті органічні з'єднання, до складу яких входять тверді та рідкі смоли, гіркі кислоти, дубильні речовини. Цей комплекс впливає на органолептичні властивості пива і термін його зберігання, так як для нього характерна висока антибіотична активність по відношенню до хвороботворних мікроорганізмів, що здатні викликати псування готового продукту.

Дубильні речовини представлені катехінами. Ефірні масла – сумішшю ароматичних вуглеводнів та терпенів, які залишаються у пиві навіть після кипіння.

Значення даних показників є усередненими, так як вони можуть змінюватись в залежності від кліматичних умов, області вирощування та післязбирального терміну зберігання перед гранулюванням.

Гранульований хміль має такі переваги, як:

- довгий термін зберігання;
- зручність транспортування;
- пакети з гранульованим хмелем займають значно меншу площу;
- дробина гранульованого хмелю легко відділяється від пивного суслу.

3.1.4. Сушені коренеплоди цикорію

Цикорій (*Cichorium intybus L.*) – багаторічна трав'яниста рослина родини айстрових. Найціннішою частиною є його коренеплоди, які містять

велику кількість запасних речовин. Для промислового використання коріння збирають восени, ретельно миють, подрібнюють і висушують при контрольованих температурах, після чого воно може піддаватися подрібненню до порошкоподібного стану.

Основним компонентом цикорію є інулін (до 40–60 % від сухої маси). Це природний полісахарид, який виконує роль пребіотика і під час гідролізу перетворюється на фруктозу. Цикорій містить інулін, який є пребіотиком, сприяє розвитку корисної мікрофлори кишечника та поліпшує обмін речовин. Надає продукту легку кавову або карамельну нотку, приємний аромат і м'яку гірчинку. Завдяки наявності інуліну частково замінює солод, що дозволяє знизити собівартість виробництва, а при ферментації утворює додаткові зброджувані цукри.

Переваги використання в пивоварінні пов'язані з підвищенням біологічної цінності пива, поліпшенням смаку й аромату готового продукту, зниженням собівартості виробництва завдяки частковій заміні солоду.

3.1.5. Дріжджі пивні

На заводі використовуються французькі гібридні дріжджі штаму Saflager W- 34/70 (для ячмінного пива) [12]. Це гібридні дріжджі низового бродіння роду *Saccharomyces cerevisiae*. Цей відомий штам використовується на пивоварних заводах та міні-пивоварнях по всьому світі. Гібрид дозволяє отримати готове пиво зі збалансованим фруктовим та квітковим ароматами, чудовою питкістю та тонким смаком.

3.1.6. Вода питна

Показники якості води нормуються згідно діючому ДСТУ 7525:2014 [13]. Саме цей документ забезпечує виконання вимог до якості продукції, що гарантують безпечність для життя та здоров'я населення і захист навколишнього середовища.

Вода грає велику роль у формуванні якості пива. Тому до неї пред'являють особливі вимоги щодо жорсткості, активної кислотності, смаку і запаху, механічної і мікробіологічної чистоти. Особливу увагу

звертають на склад та співвідношення мінеральних речовин у воді. Для світлих сортів пива використовують тільки м'яку воду (0,1-1,8 мг*екв/л), для темних – помірно жорстку (1,8-3,5 мг*екв/л).

Вода, окрім того, що входить у склад пивного сусла, також використовується і як допоміжний матеріал (при замочуванні ячменю, мийці обладнання і т.д.).

Вода як сировина для пивоваріння повинна відповідати вимогам до питної води. Необхідно звертати увагу на її біологічні та фізичні властивості, а також хімічний склад.

3.2. Продуктовий розрахунок

Продуктовий розрахунок – це технологічний розрахунок, який проводять у харчовій промисловості (зокрема, у пивоварінні) з метою визначення кількості готової продукції яку можна отримати із певної кількості сировини, при цьому визначають які витрати сировини необхідні для виробництва одиниці продукції, вихід екстракту та коефіцієнти його використання, втрати сировини та проміжних продуктів на різних стадіях технології [1].

У нашому випадку продуктовий розрахунок включає:

- визначення екстрактивності солоду та додаткової сировини (цикорію);
- розрахунок кількості екстракту, який переходить у сусло;
- врахування втрат під час фільтрації, кип'ятіння, бродіння;
- перерахунок отриманого екстракту у готове пиво (заданої початкової щільності 11–12%);
- визначення кількості пива з 100 кг зерно продуктів;
- подальший перерахунок на 1 дал (10 л) і на річний випуск.

Рецептура продукції. Щоб одержати якісний кінцевий продукт, поза сумнівом, потрібно використовувати якісні матеріали. Для пивоваріння основними інгредієнтами є вода, хміль, цикорій, ячмінь і пивні дріжджі.

Використовуючи такі прості складові, пивовари створюють велику кількість марок пива. Для виготовлення цього продукту потрібно робити певні розрахунки продуктів пива, які наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Розрахунок продуктів пива

Продукти	На 100 кг зернової сировини	На 1 dal пива	На 3 000 000 dal
Зернова сировина, кг			
Світлий солод	100,000	1,8250	5 475 000
Другі види сировини, кг			
Хміль, кг	2,132	0,03891 (38,9 г)	116 727
Цикорій (сушений), кг	0,084	0,001533 (1,53 г)	4 599
Вода технологічна, всього, л	700,0	12,775	38 325 000
Вода для затирання, л	350,0	6,3875	19 162 500
Інші компоненти			
Молочна кислота 100%, кг	0,080	0,001460 (1,46 г)	4 380
Дріжджі засівні, кг	2,9589	0,0540 (54 г)	162 000
Ферментні препарати, кг	0,004	0,000073 (0,073 г)	219
Проміжний продукт			
Гаряче сусло, dal	62,56	1,1417	3 425 160

1. Визначаємо кількість дал із 100 кг зерна:

$$N_{dal} = \frac{100 \text{ kg}}{1,825 \text{ kg/dal}} = 54,7945 \text{ dal.}$$

2. Перерахунок на 1 dal:
$$X_{1dal} = \frac{X_{100kg}}{N_{dal}}.$$

3. Перерахунок на 3 000 000 dal: $X_{3M} = X_{1dal} \times 3\,000\,000.$

- Світлий солод – беремо як базова 100 кілограмова партія; з таблиці випливає потреба 1,825 кг солоду на 1 дал пива.

- Хміль, цикорій, вода та ін. – перераховуємо пропорційно до 100 кг за формулою вище.

- Дріжджі вказано 0,054 кг на 1 dal.

- Гаряче сусло є проміжним об'єм: із 100 кг отримуємо ~62,56 dal гарячого сусла.

Розрахунок продукту для світлого пива.

Сировина: 100 % ячмінний солод, 100 кг зернопродуктів.

1. Визначення екстрактивних речовин

Втрати при поліруванні солоду:

$$100 \cdot 0,001 = 0,1 \text{ кг}$$

На дроблення надходить:

$$100 - 0,1 = 99,9 \text{ кг}$$

Вміст сухих речовин (при вологості солоду 5,3 %):

$$99,9 \cdot (1 - 0,053) = 94,69 \text{ кг}$$

Екстрактивність ячмінного солоду (76 %):

$$94,69 \cdot 0,76 = 71,96 \text{ кг}$$

Втрати з пивною дробиною (1,75 %):

$$71,96 \cdot (1 - 0,0175) = 70,70 \text{ кг} - \text{переходить у сусло.}$$

Сухі речовини, що залишилися в дробині:

$$94,69 - 70,70 = 23,99 \text{ кг}$$

2. Визначення проміжних продуктів

Гаряче сусло.

При концентрації сухих речовин у суслі 11,5 %:

$$70,7 \cdot 100 / 11,5 = 614,78 \text{ кг}$$

Об'єм сусла при 20 °C (густина 1,035 кг/л):

$$614,78 / 1,035 = 594,9 \text{ л}$$

З урахуванням теплового розширення (1,04):

$$594,9 \cdot 1,04 = 618,7 \text{ л}$$

Холодне сусло.

Втрати 5,8 %:

$$618,7 \cdot (1 - 0,058) = 582,8 \text{ л}$$

Молоде пиво.

Втрати у бродильному цеху 2,5 %:

$$582,8 \cdot (1 - 0,025) = 568,2 \text{ л}$$

Товарне пиво.

Втрати при розливі 2,5 %:

$$568,2 \cdot (1 - 0,025) = 553,5 \text{ л}$$

Сумарні втрати рідкої фази:

$$618,7 - 553,5 = 65,2 \text{ л}$$

3. Витрати хмелю

Норма – 19 г на 1 дал готового пива.

$$\text{Отримано } 553,5 \text{ л} = 55,35 \text{ дал}$$

Отже, хмелю потрібно:

$$55,35 \cdot 0,019 = 1,05 \text{ кг}$$

4. Розрахунок відходів

Пивна дробина (W = 86 %):

$$23,99 \cdot 10014 = 171,3 \text{ кг}$$

Хмельова дробина (W = 85 %):

Безводна дробина – 60 % від хмелю:

$$1,05 \cdot 0,6 = 0,63 \text{ кг}$$

З урахуванням вологості:

$$0,63 \cdot 6,67 = 4,2 \text{ кг}$$

Відстій у танках доброджування: 1,71 л на 100 кг зернопродуктів.

Надлишкові дріжджі:

$$553,5 \cdot 0,01 = 5,54 \text{ л (половина використовується повторно).}$$

Діоксид вуглецю.

Маса холодного сула:

$$582,8 \cdot 1,035 = 603,7 \text{ кг}$$

Вміст екстракту (11,5 %):

$$603,7 \cdot 0,115 = 69,4 \text{ кг}$$

Зброджується 50 %:

$$69,4 \cdot 0,5 = 34,7 \text{ кг}$$

CO₂, що виділиться:

$$34,7 \cdot 176342 = 17,9 \text{ кг}$$

Зв'язаний CO₂ (0,35 %):

$$603,7 \cdot 0,0035 = 2,11 \text{ кг}$$

У атмосферу:

$$17,9 - 2,1 = 15,8 \text{ кг}$$

Об'єм при 20 °C і 0,1 МПа:

$$15,81,832 = 8,6 \text{ м}^3$$

Таким чином, з 100 кг ячмінного солоду отримують приблизно 55 дал товарного пива «Світле», при цьому утворюються побічні продукти: пивна та хмельова дробина, надлишкові дріжджі, діоксид вуглецю.

Згідно з проведеними розрахунками у таблиці 4 для річного виробництва 3 млн дал світлого пива:

- Основна сировина – ячмінний солод становить близько 5,43 тис. тонн, а хмелю використовується 57 тонн.
- У процесі виробництва формується значний обсяг проміжних продуктів: понад 33,5 млн л гарячого сусла, 31,6 млн л холодного сусла, що в кінцевому підсумку дає 30 млн л готового товарного пива.
- Вихід готового продукту становить близько 90% від об'єму холодного сусла та близько 80% від об'єму гарячого сусла, що свідчить про закономірні втрати в процесі бродіння та доброджування.
 - Відходи виробництва теж є суттєвими:
 - пивна дробина – 9,27 тис. тонн,
 - хмельова дробина – 228 тонн,
 - надлишкові дріжджі – 300 тис. л,
 - відстій після доброджування – 93 тис. л,
 - діоксин вуглецю – 855 тонн,
 - відходи полірування – 5,4 тонни.

Зведена таблиця розрахунку продуктів для світлого пива

Продукт	Пиво світле		
	На 100 кг зернової сировини	На 1 dal пива	На 3 000 000 dal пива у рік
Зернова сировина, кг:			
– ячмінний солод	100	1,81	5 430 000 кг
Всього, кг	100	1,81	5 430 000 кг
Хміль	1,05	0,019	57 000 кг
Проміжні продукти, л:			
– гаряче сусло	618,7	11,18	33 540 000 л
– холодне сусло	582,8	10,53	31 590 000 л
– молоде пиво	568,2	10,27	30 810 000 л
– товарне пиво	553,5	10,00	30 000 000 л
Відходи:			
Пивна дробина, кг	171,3	3,09	9 270 000 кг
Хмельова дробина, кг	4,2	0,076	228 000 кг
Надлишкові дріжджі, л	5,54	0,10	300 000 л
Відстій після доброджування, л	1,71	0,031	93 000 л
Діоксид вуглецю, кг	15,8	0,285	855 000 кг
Відходи полірування, кг	0,10	0,0018	5 400 кг

Таким чином, виробництво пива є не лише процесом отримання готового напою, а й комплексом технологічних стадій з утворенням великої кількості побічних продуктів і відходів. Останні можуть виступати цінною сировиною для інших галузей:

- пивна дробина використовується в тваринництві як корм,
- дріжджі – у харчовій і фармацевтичній промисловості,
- вуглекислий газ – у харчовій індустрії та газованих напоях.

Отже, ефективність виробництва світлого пива визначається не лише якістю готового продукту, а й раціональним використанням сировини та вторинних продуктів.

3.3. Апаратурно-технологічне забезпечення

Процес виробництва пива базується на послідовності технологічних стадій, кожна з яких потребує спеціального апаратурного забезпечення. Принципова технологічна схема виробництва пива наведена на рисунку 1 [3].

Дана схема відображає послідовність основних операцій від підготовки сировини до отримання готового пива.

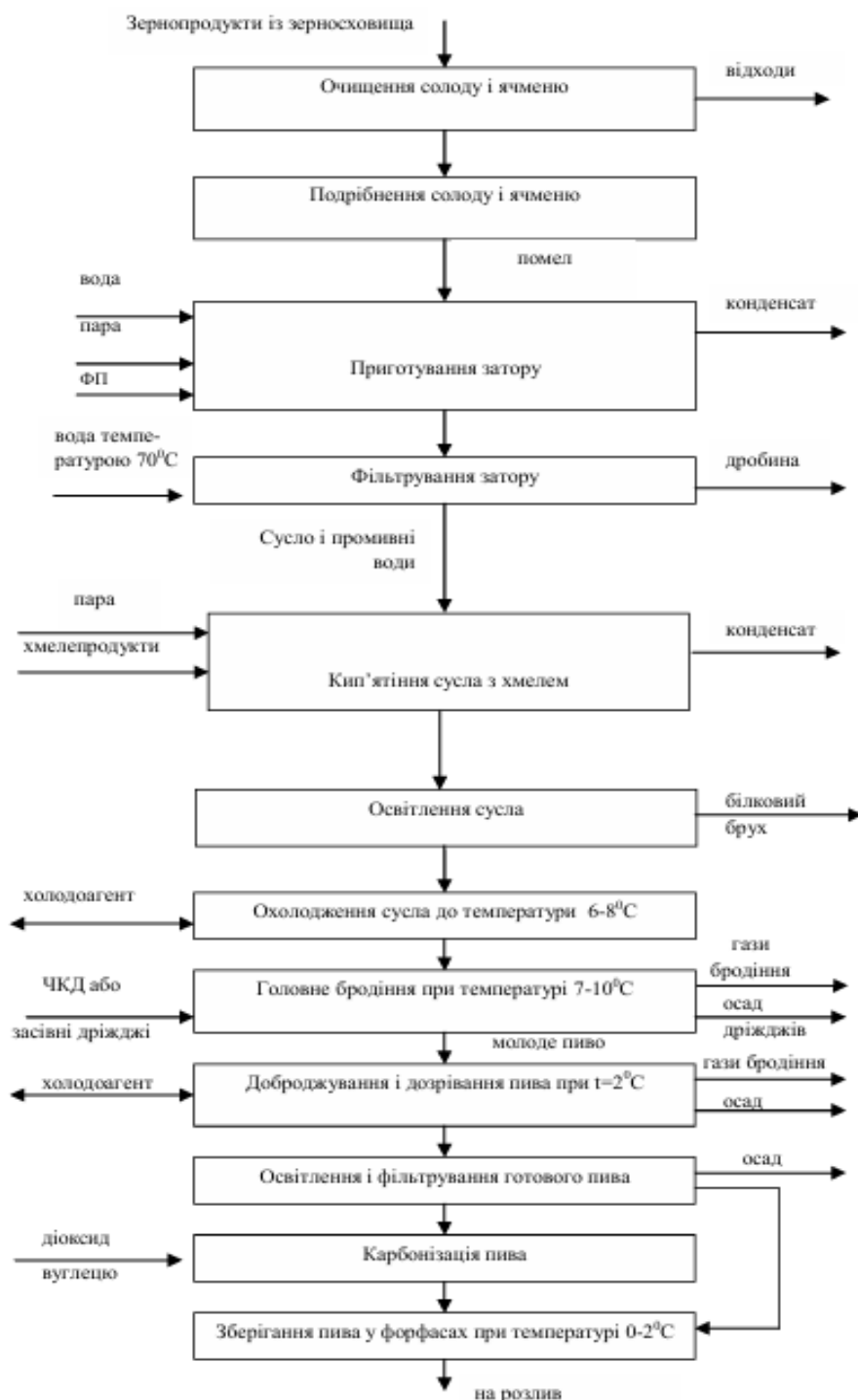


Рис. 1 – Принципова технологічна схема виробництва пива

Представлена схема демонструє послідовність стадій від підготовки зернопродуктів до отримання готового товарного пива.

Підготовка сировини. Зернопродукти надходять із зерносховища. Вони проходять очищення солоду й ячменю від домішок, після чого частина відходів видаляється. Далі здійснюється подрібнення сировини, утворюючи помел.

Приготування затору. Помел змішують із водою, паром та ферментними препаратами (ФП). У заторному апараті відбувається ферментативний гідроліз крохмалю до цукрів. Побічний продукт – конденсат.

Фільтрація затору. Сусло відокремлюють від нерозчинних частинок (дробини). Додатково використовується вода температурою близько 70 °С для промивання. У результаті отримують сусло та промивні води.

Кип'ятіння сусла з хмелем. На цьому етапі відбувається екстрагування гірких речовин і ароматичних компонентів хмелю. Процес супроводжується виділенням конденсату.

Освітлення сусла. Відділяється білковий брук, який утворюється під час кип'ятіння.

Охолодження сусла. Сусло охолоджують до температури 6–8 °С за допомогою холодоагенту для оптимальних умов бродіння.

Головне бродіння. У циліндро-конічних апаратах (ЧКД) або бродильних танках при температурі 7–10 °С сусло зброджується завдяки засівним дріжджам. Утворюється молоде пиво, виділяються гази бродіння та осад дріжджів.

Доброджування і дозрівання пива. Молоде пиво витримують при 1–2 °С. Відбувається насичення вуглекислим газом природного походження, утворюються додаткові продукти бродіння, випадає осад.

Освітлення і фільтрація готового пива. Видаляють дріжджові залишки й колоїдні частинки. На виході отримують стабільний за якістю продукт.

Карбонізація пива. Пиво додатково насичують діоксидом вуглецю для поліпшення смакових властивостей та утворення стійкої піни.

Зберігання і розлив. Готове пиво зберігають у форфасах при температурі 0–2 °С до розливу у споживчу тару (пляшки, кеги, банки).

Для кожної стадії підібрано типове обладнання з маркуванням, яке застосовується у промислових пивоварнях (Табл. 5).

Таблиця 5

Технологічне обладнання для виробництва пива

№ етапу	Технологічний процес	Основне обладнання	Приклад маркування/тип
1	Очищення ячменю та солоду	Зерноочисні машини, сепаратори, аспіратори, магнітні вловлювачі	ЗОМ-100, АСХ-50, магнітні пастки МП-2
2	Подрібнення зернової сировини	Валкові дробарки для солоду	ДСВ-4, Buhler Varioroll
3	Приготування затору	Заторні апарати з мішалками та паровим обігрівом	ЗА-100, Steinecker Maischbottich
4	Фільтрація затору	Лаутер-тюни або фільтр-преси	ФА-25, Meura 2001
5	Кип'ятіння сусла з хмелем	Варильні котли з паровим обігрівом, дозатори хмелю	ВК-125, KHS Brew House
6	Освітлення сусла	Відстійники, гідроциклонні апарати	ВО-10, Whirlpool Steinecker
7	Охолодження сусла	Пластинчасті теплообмінники	ПТО-50, Alfa Laval FrontLine
8	Головне бродіння (7–10 °С)	Циліндро-конічні танки (ЦКТ) або бродильні чани	ЦКТ-100, Ziemann CCT
9	Доброджування та дозрівання (1–2 °С)	Доброджувальні танки з охолодженням	ЛТ-200, Ziemann Lager Tank
10	Освітлення та фільтрація пива	Кізелгурові фільтри, мембранні фільтри	КФ-30, Pall Membrane Filter
11	Карбонізація пива	Установки для дозування CO ₂	УК-5, Pentair Carbo Blender
12	Зберігання готового пива	Форфаси (ізотермічні ємності)	ФФ-50, Ziemann Bright Beer Tank
13	Розлив	Автоматизовані лінії розливу у пляшки, банки, кеги; пастеризатори	КР-30, Krones Line, Tunnel Pasteurizer KHS

Очищення ячменю та солоду здійснюється у зерноочисних машинах (ЗОМ-100), сепараторах і аспіраторах, які забезпечують видалення домішок. Додатково застосовуються магнітні пастки (МП-2) для вилучення металевих частинок.

Подрібнення зернової сировини виконується валковими дробарками (ДСВ-4, Buhler Varioroll), що дозволяють досягти оптимального помелу для затирання.

Приготування затору відбувається у заторних апаратах (ЗА-100, Steinecker Maischbottich), оснащених мішалками та паровим обігрівом, де забезпечується ферментативне розщеплення крохмалю.

Фільтрація затору здійснюється у лаутер-тюнах або фільтр-пресах (ФА-25, Meura 2001), де відділяється сушло від дробини.

Кип'ятіння сусла з хмелем проводиться у варильних котлах з паровим обігрівом (ВК-125, KHS Brew House) із системами дозування хмелю, що забезпечують екстракцію ароматичних та гірких речовин.

Освітлення сусла виконується у відстійниках або гідроциклонних апаратах (ВО-10, Whirlpool Steinecker), де видаляються білкові коагуляти.

Охолодження сусла здійснюється у пластинчастих теплообмінниках (ПТО-50, Alfa Laval FrontLine), які забезпечують швидке зниження температури до умов для внесення дріжджів.

Головне бродіння проходить у циліндро-конічних танках (ЦКТ-100, Ziemann CCT) або бродильних чанах при 7–10 °С, де дріжджі зброджують цукри у спирт і CO₂.

Доброджування та дозрівання пива відбувається у лагерних танках (ЛТ-200, Ziemann Lager Tank) при 1–2 °С, що забезпечує формування смаку та насичення природним вуглекислим газом.

Освітлення та фільтрація пива виконуються за допомогою кізельгурових або мембранних фільтрів (КФ-30, Pall Membrane Filter), що надають напою прозорості та стабільності.

Карбонізація пива проводиться в установках (УК-5, Pentair Carbo Blender), де напій додатково насичується діоксидом вуглецю.

Зберігання готового пива здійснюється у форфасах (ФФ-50, Ziemann Bright Beer Tank) при низьких температурах до моменту розливу.

Розлив пива проводиться на автоматизованих лініях (КР-30, Kronen Line), з можливістю пастеризації в тунельних пастеризаторах (KHS).

Таким чином, наведена принципова технологічна схема відображає замкнутий технологічний цикл: від зерна до готового пива, з виділенням побічних продуктів (дробина, білковий брук, дріжджі, гази бродіння), які можуть бути утилізовані або використані повторно, а підібране відповідне обладнання забезпечує ефективність процесу, якість готового пива та можливість масштабування виробництва.

3.4. Опис технології

Виробництво пива – це складний біотехнологічний процес, який поєднує хімічні, біохімічні та мікробіологічні стадії, спрямовані на перетворення зернової сировини у готовий напій із характерними смаковими та ароматичними властивостями [5].

Технологічний процес виробництва пива складається з наступних основних стадій (Рис. 2):

- охмеленого сусла;
- бродіння і доброджування сусла;
- освітлення і розлив пива.

Приготування охмеленого сусла відбувається у варочному відділенні і складається з таких операцій:

- дроблення солоду;
- затирання солоду і несолоджених матеріалів;
- варіння і оцукрювання сусла;
- фільтрація сусла;
- кип'ятіння сусла з хмелем;

- відокремлення хмельової дробини.

Отже, початковий технологічний етап заключається в тому, що солод завантажують у апарат для зволоження до 30 % і направляють на чотирьох-, або шести-вальцьові дробарки для подрібнення з мінімальним руйнуванням оболонок. Подрібнення солоду відбувається для того, щоб вміст солодового зерна був доступним для дії ферментів. Велике значення має якість помелу. Грубий помел є причиною підвищення втрат екстракту в дробині, а дуже дрібний помел може затримати процес фільтрування затору [29, 34].

Наступним кроком є затирання - це змішування в заторному чані подрібнених зернових матеріалів (засипки) з наливом у співвідношенні 1:4. Затирання повинно вестися так, щоб налив і помел ретельно перемішалися один з одним без утворення грудочок.

Суміш подрібненого солоду з водою називається затором, нерозчинені речовини – дробиною, а розчин, вивільнений від дробини – суслom. Розчинені речовини сусла називаються екстрактом.

Мета затирання – переведення у розчин якомога більше сухих (екстрактивних) речовин. Щоб перевести їх у розчин, необхідно створити сприятливі умови для дії гідролітичних ферментів, в т. ч. амілолітичних, протеолітичних і цитолітичних.

Основними засобами регулювання ферментативних процесів при затиранні є температура, рН середовища і інактивація ферментів шляхом кип'ятіння частин затору. При затиранні продовжуються ті ферментативні процеси, що розпочалися ще при пророщуванні ячменю.

При затиранні солоду і інших зернопродуктів відбувається багато різних процесів: фізичних, біохімічних і хімічних. На перших стадіях затирання у розчин переходять речовини, які не потребують участі ферментів: низькомолекулярні вуглеводи, амінокислоти, пентозани, мінеральні солі, ферменти, гіркі речовини оболонок зерна (фізичні процеси).

Процес затирання заключається в тім, що температуру затору піднімають до оптимальних температур дії тих чи інших ферментів, а потім

витримують паузу.

На перших стадіях затирання у розчин переходять водорозчинні компоненти солоду: вуглеводи, частково білки та продукти їх гідролізу, пектинові, дубильні і гіркі речовини, ферменти і мінеральні солі. Основні компоненти зернопродуктів крохмаль і білки не розчинні у наливі, тому їх переведення у розчинний стан здійснюється в результаті направленої дії відповідних ферментів.

Гідроліз крохмалю починається при солодощенні і при затиранні він продовжується. Перетворення крохмалю при затиранні проходить в 3 стадії:

- клейстеризація;
- розрідження;
- оцукрювання.

Під *клейстеризацією* крохмалю розуміють набухання і розрив оболонки зерен крохмалю в теплій воді. Вивільнені молекули крохмалю краще піддаються дії амілаз, ніж не клейстеризовані.

Під *розрідженням* розуміють зменшення в'язкості клейстеризованого крохмалю під дією α -амілази. Цей фермент розщеплює ланцюги амілози і амілопектину на декстрини з 7...12 глюкозними залишками. Оптимальні умови для дії α -амілази: 72...75 °C (пауза оцукрювання) і при 80 °C вона швидко руйнується. Оптимальне значення рН – 5,6...5,8.

β -амілаза відокремлює від нередукуючих кінців ланцюгу крохмалю мальтозу, при цьому утворюються також глюкоза і мальтотриоза. Оптимальні умови для дії β -амілази: 60...65 °C, рН 5,4...5,5 (мальтозна пауза). Підвищення температури до 70 °C швидко інактивує цей фермент.

Під *оцукрюванням* розуміють повний гідроліз крохмалю амілазами на мальтозу і декстрини.

Процес оцукрювання контролюється за йодною реакцією, тому що крохмаль і декстрини утворюють різний колір з йодом:

- крохмаль і амілодекстрини → синій;
- еритродекстрини → червоно-бурий;

- ахродекстрини і інші продукти гідролізу колір йодного роз-чину не змінюють.

Продукти гідролізу крохмалю, що утворилися в процесі затирання, по різному зброджуються пивними дріжджами:

- глюкоза – піддається дії дріжджів в першу чергу (цукор заброджування);
- мальтоза – зброджується дріжджами добре і швидко (цукор головного бродіння);
- мальтотриоза – зброджується усіма активними штамами дріжджів після того, як перебродє вся мальтоза, а саме, при доброджуванні, за що мальтотриоза і отримала назву – цукор доброджування;
- декстрини – не зброджуються.

Оцукрений затор являє собою суспензію, яка складається з 2 фаз: рідкої (пивне сусло) і твердої (пивна дробина).

В подальшому проводять фільтрацію пивного сусла, тут оцукрений затор надходить на фільтрацію для відокремлення від нього пивної дробини. Фільтрування проводиться через шар осаду затору на ситах і фільтр-пресах при температурі 76...78°C.

Після фільтрування в дробині залишається 30...35% сусла, яке вилучають промиванням підігрітою до 78...80 °C водою. Промивку дробини проводять при постійно працюючому розпушувачі, ножі котрого гідравлічним підіймачем поступово опускаються і зупиняються на відстані 10 см від сита, не порушуючи фільтруючого шару. Швидкість обертання розпушувача – 1 поворот за 4...5 хв.

Після фільтрації відфільтроване сусло надходить у котел для варіння сусла з хмелем. Процес відбувається під тиском 0,02...0,03 МПа протягом 1,5...2 годин.

Мета кип'ятіння – стерилізація сусла, стабілізація і ароматизація його складу гіркими речовинами хмелю. За цей час випаровується надлишкова кількість води, екстрагуються гіркі речовини хмелю, який додається у

кипляче сушло в подрібненому вигляді або у вигляді екстракту. Кількість хмелю, що додається, залежить від сорту пива.

Далі в хмелецідильнику відбувається відокремлення хмелевої дробини (шишок та листків хмелю). Сушло направляють у відстійні чани для охолодження, відстоювання і освітлення, де відокремлюються денатуровані при кип'ятінні білки, які надають пиву грубу гіркоту. Освітлення здійснюється відстоюванням або сепаруванням.

Наступним кроком є зброджування сусла, яке здійснюється в 2 етапи при різних режимах і в різних приміщеннях.

1 етап – головне бродіння – ведеться у бродильному відділенні. Для збудження бродіння застосовують чисті культури дріжджів певних видів і штамів. Для цього ємність (танк) наповнюють охолодженим сушлом і посівними дріжджами у кількості 0,5 % від об'єму сусла. Головне бродіння характеризується інтенсивним зброджуванням цукрів під дією ферментів дріжджів і накопичуванням продуктів бродіння. Воно триває 6...12 діб при $t=6...10^{\circ}\text{C}$. Кінець бродіння контролюють за залишковим вмістом редуруючих речовин (12 на 100 мл). В результаті головного бродіння із сусла одержується молоде (зелене) пиво.

2 етап бродіння – доброджування – здійснюється в лагерному підвалі. При доброджуванні зелене пиво вивільняється від дріжджів, накопичується CO_2 , дозріває і перетворюється у готовий напій. Основним процесом є спиртове бродіння. Для насичення пива двооксидом вуглецю до стандартної концентрації (0,3...0,35%) в молодому пиві залишають до 1 % (1л) дріжджів і підвищують розчинність CO_2 , знижуючи температуру до 0...2 $^{\circ}\text{C}$ і підвищуючи тиск до 0,03...0,07 МПА.

Після закінчення бродіння дріжджі зсідаються, захопивши у осад білки і гіркі речовини хмелю. Це сприяє освітленню пива і пом'якшенню гіркого смаку. При доброджуванні зменшується вміст альдегідів, збільшується кількість ефірів, вищих спиртів і органічних кислот, які збагачують смак і аромат пива.

Витримка при доброджуванні триває 18...19 діб залежно від сорту пива.

Після варіння сусло подається в ЦКТ знизу одночасно з внесенням дріжджів. Залежно від технології бродіння, воно може йти як під тиском, так і без нього. В кінці головного бродіння тиск в ЦКТ набирається в будь-якому випадку, так як необхідно забезпечити насичення пива вуглекислим газом. Особливістю ЦКТ є те, що в цій ємності можуть проходити всі "холодні" процеси: головне бродіння, доброджування і дозрівання пива. [2] Збір дріжджів для подальшого використання здійснюється з конуса танка. Для готовності пива низового бродіння в ЦКТ потрібно близько 4 тижнів. Пиво верхового бродіння зазвичай може бути готове швидше. У разі випуску нефільтрованого пива, розлив може здійснюватися безпосередньо з ЦКТ. В інших випадках пиво спочатку відправляється на фільтрацію або сепарацію, а вже потім на розлив.

Для розливу пива застосовують тільки ізобаричні розливочні машини, в яких тиск у тарі і резервуарі однаковий.

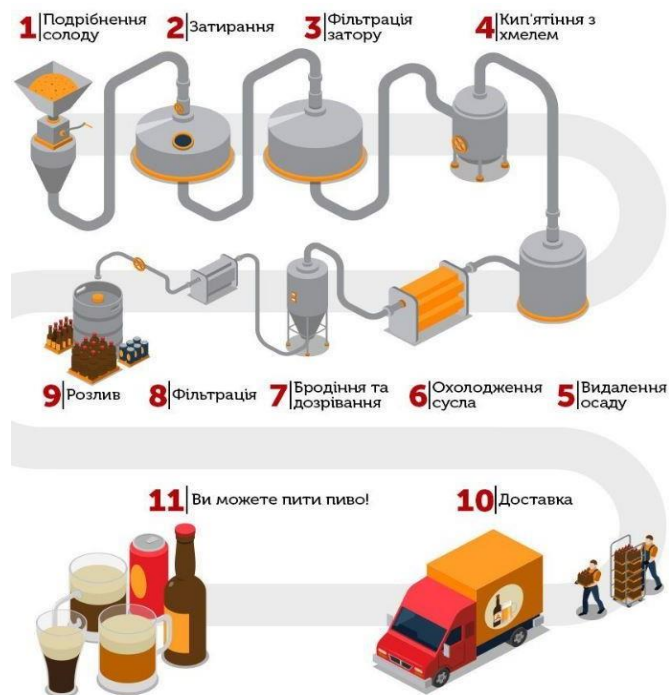


Рис. 2. – Технологічна схема виробництва пива

Таким чином, технологія виробництва пива – це чітко регламентований комплекс операцій, де кожна стадія має важливе значення. Від якості

сировини, точності дотримання температурних і технологічних режимів, а також від сучасного апаратурного забезпечення залежить не лише вихід готового продукту, але й його смакові, ароматичні та фізико-хімічні характеристики.

4. Контроль якості та безпечності продукту, екологізація виробництва

Піклування про здоров'я населення, збереження генофонду, забезпечення безпеки продовольчої сировини та харчових продуктів – пріоритетні напрямки розвитку сучасного суспільства.

Забруднення навколишнього середовища та харчових продуктів – одна з причин того, що середня тривалість життя населення України скорочується, а смертність перевищує народжуваність. Тому проблема визначення показників якості та безпеки продуктів харчування, розробка методів досконалого їх контролю – надзвичайно актуальна.

Пиво світле має відповідати вимогам ДСТУ 3888:2015 «Пиво. Загальні технічні умови» [7] і вариться відповідно до технологічної інструкції та рецептури. За органолептичними та фізико-хімічними показниками пиво має відповідати вимогам, що наведені у таблицях 6–7.

Органолептичні властивості пива відповідають конкретному виду пива і оцінюються за 25-бальною шкалою. За цією шкалою, оцінку «відмінно» отримує пиво з такими показниками у балах: колір – 3, смак – 5, прозорість – 3, хмелева гіркота – 5, піна та насиченість діоксидом вуглецю – 5, аромат – 4. Пивна піна має бути стійка та компактна. Для пива у пляшках її висота не менше 40 мм, стійкість не менше 4 хв; для пива в бочках – 35 мм та 3,5 хв відповідно.

Окрім контролю якості при виробництві пива, важливим елементом є його безпечність. Тому виробникам важливо впроваджувати стандарти безпеки НАССР.

НАССР – це система аналізу і контролю фізичних, хімічних та біологічних небезпек у продовольчій сировині, технологічних процесах і готовій продукції, яка забезпечує високу якість і безпечність харчових продуктів.

Таблиця 6

Органолептичні показники пива

Назва показника	Характеристика показника					
	фільтроване			неосвітлене та нефільтроване освітлене		
	світле	напівтемне	темне	світле	напівтемне	темне
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без невластивих пиву сторонніх включень та осаду			Непрозора піниста рідина або прозора з опалесценцією без сторонніх включень невластивих пиву. Допустима наявність дріжджового осаду та часточок білково-дубильних сполук		
Запах	Чистий, солодовий, зброджений, хмелевий, без сторонніх запахів			Чистий, хмелевий, зброджений, солодовий, без сторонніх запахів, допускається слабкий дріжджовий аромат		
Для пшеничного пива властивий йому пряний аромат						
	Чистий, солодовий, з хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, зброджений, без сторонніх присмаків	Чистий, солодовий, з хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, зброджений з помірним присмаком карамельного або паленого солоду, без сторонніх присмаків	Чистий, солодовий, з вираженим присмаком карамельного або паленого солоду, зброджений, з хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, без наявності сторонніх присмаків	Чистий, солодовий, зброджений, з хмелевою гіркотою, що відповідає даному сорту пива, з присмаком дріжджів, без сторонніх присмаків	Чистий, зброджений, солодовий з помірним присмаком паленого чи карамельного солоду, з легким присмаком дріжджів, з хмелевою гіркотою відповідно до сорту пива, без сторонніх присмаків	Чистий, солодовий, з присмаком дріжджів, з вираженим присмаком карамельного або паленого солоду, з яскравою хмелевою гіркотою, що відповідає сорту пива, без додаткових сторонніх присмаків

Таблиця 7

Фізико-хімічні показники якості пива

Тип пива	МЧ сухих речовин у початковому суслі, %	МЧ спирту, %	Кислотність, моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ пива	Кольоровість, см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ пива	МЧ діоксиду вуглецю, %
Світле	8,0...20,0	2,0...6,0	1,3...5,0	0,4...1,8	0,3...0,35
Напівтемне	10,0...20,0	2,6...6,0	1,9...5,0	1,9...3,9	0,3...0,33
Темне	11,0...20,0	2,8...6,0	1,5...5,5	4,0...8,0 і більше	0,30-0,33

Як показує практика, більшість ризиків на пивоварному виробництві пов'язана з мікробіологічними чинниками. Основні небезпеки зараження і

розвитку мікробіології виникають на етапі водопідготовки. Велику роль відіграє ступінь чистоти води, що надходить на підприємство. Вода очищається на декількох фільтрах, включаючи зворотній осмос і обробку ультрафіолетом. Але накопичення обробленої води відбувається в баках, чистоту яких також необхідно ретельно контролювати.

Вимагають посиленого контролю: аерація сула і дріжджів повітрям, переміщення пива до ємностей за допомогою CO₂ і карбонізація. Велика довжина трубопроводів, віддаленість входних фільтрів від ємностей може сприяти зараженню повітря і вуглекислоти мікроорганізмами.

Використання гнучких шлангів сприяє проникненню небажаних мікроорганізмів під час періодичного їх зняття в результаті непередбачених аварій або обслуговування.

Порушення технології в процесі миття також може призвести до виникнення ризиків. Наприклад, недостатня концентрація мийного розчину або несвоєчасна його заміна в апаратах для миття.

Небезпеки можуть виникати внаслідок порушення технології під час фільтрації пива через діатомітовий фільтр: відхилення у тиску, у наливанні діатоміту (можливе попадання часточок діатоміту і силікагелю в продукцію), погіршення фільтрації і підвищення вмісту колоїдів і мікроорганізмів бродіння.

Подальша пастеризація може усунути мікробіологічні ризики, але в разі наявності часточок діатоміту з фільтрів у пиві температурна обробка не дасть необхідних результатів.

Необхідно також враховувати хімічні фактори ризику, наприклад, залишки непромитих мийних речовин на стінках обладнання тощо.

Небезпеки можуть виникнути на різних етапах: від приймання і зберігання тари, приймання сировини – до розливу, зберігання і транспортування пива.

Неменш важливим фактором в технології виробництва пива є утилізація відходів, яка здійснюється згідно Закону України «Про відходи», а також регламентується іншими діючими законодавчими і нормативними актами щодо екологічної безпеки.

Екологізація виробництва пива полягає у впровадженні технологій, спрямованих на зменшення негативного впливу на довкілля. Це включає використання відновлюваних джерел енергії, скорочення витрат води, переробку побічних продуктів (наприклад, використання дробини), застосування органічних добрив під час вирощування хмелю та ячменю, а також оптимізацію логістичних процесів для зменшення викидів у повітря.

Основні складові екологізації спрямовані на:

- ❖ зменшення забруднення повітря, шляхом встановлення сучасних очисних систем, зокрема адсорберів та абсорберів, для уловлювання шкідливих газів;
- ❖ раціональне використання водних ресурсів впроваджуючи технології очищення стічних вод, що знижують кількість органічних залишків (дріжджів, дробини) та скорочують загальний обсяг відходів;
- ❖ передачу всіх виробничих залишків на переробку та утилізацію спеціалізованим підприємствам;
- ❖ удосконалення технологічних процесів для зменшення кількості відходів та зниження екологічного навантаження;
- ❖ орієнтацію пивоварень на дотримання екологічних стандартів та поступове покращення впливу на довкілля.

Таким чином, сучасне пивоварне виробництво повинно бути орієнтоване не лише на досягнення високих якісних характеристик напою, але й на комплексне забезпечення його безпечності та екологічності. Це сприятиме зміцненню здоров'я населення, збереженню природного середовища та формуванню культури відповідального виробництва і споживання.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Економічна ефективність у пивоварінні означає досягнення максимального випуску пива та прибутку при мінімальних витратах ресурсів (сировини, праці, капіталу). Вона є критично важливою для забезпечення прибутковості бізнесу, оптимізації використання ресурсів, підвищення конкурентоспроможності та збереження стійкого розвитку пивоварні. У таблиці 8 наведено економічний розрахунок собівартості виробництва світлого пива за удосконаленою технологією.

Таблиця 8

Економічний розрахунок собівартості виробництва світлого пива
(на 1 дал та на річний випуск 3 млн дал)

Сировина / продукт	Норма на 1 дал	Ціна за 1 кг/л, грн	Вартість на 1 дал, грн	Вартість на 3 млн дал, млн грн
Ячмінний солод	1,81 кг	22,0	39,8	119,4
Хміль	0,019 кг	300,0	5,7	17,1
Цикорій сушений	0,0015 кг	70,0	0,1	0,2
Дріжджі пивні	0,054 кг	400,0	21,6	64,8
Молочна кислота	0,0015 кг	50,0	0,1	0,3
Ферментні препарати	0,00007 кг	2500,0	0,18	0,54
Вода питна	12,8 л	0,02	0,26	0,78
Разом	–	–	67,7 грн	202,9 млн грн

У таблиці подано складові витрат на сировину та допоміжні матеріали для виробництва пива. Розрахунки наведені як у перерахунку на 1 дал (10 літрів продукції), так і на річний обсяг виробництва – 3 млн дал.

Основним показником при виробництві пива є ячмінний солод, що використовується у нормі 1,81 кг на 1 дал за ціною 22,0 грн/кг, і становить 39,80 грн у собівартості та є найбільшою статтею витрат, формуючи понад 58 % загальних витрат.

Хміль використовується у нормі 0,019 кг на 1 дал, за ціною 300 грн/кг. Його вартість становить 5,7 грн на 1 дал. Це важливий компонент, що формує смак і аромат пива та займає близько 8,4 % загальних витрат.

Дріжджі пивні є другою за значенням статтею витрат. Норма використання – 54 г на 1 дал, ціна – 400 грн/кг. Це дає 21,6 грн на 1 дал, що становить понад 32 % загальної собівартості.

Цикорій сушений додається у дуже малих обсягах – 1,5 г на 1 дал при ціні 70 грн/кг. Вартість становить лише 0,1 грн на 1 дал, що складає менше 0,2 % собівартості.

Молочна кислота застосовується для корекції кислотності сусла. Її норма – 1,5 г на 1 дал при ціні 50 грн/кг. Витрати складають 0,1 грн на 1 дал і є також незначною часткою у собівартості – 0,2 %.

Ферментні препарати, незважаючи на високу ціну – 2500 грн/кг, використовуються в дуже малих кількостях (0,7 г на 1 дал). Це становить лише 0,18 грн на 1 дал, тому їхня частка у витратах є мінімальною.

Вода питна є найдешевшим, але обов'язковим компонентом. При нормі 12,8 л на 1 дал і ціні 0,02 грн/л витрати складають 0,26 грн на 1 дал.

До цієї суми у реальному виробництві додаються ще, енерговитрати (електроенергія, тепло, газ, пара), заробітна плата, амортизація обладнання, логістика та пакування, податки й акцизи.

З урахуванням цих складових собівартість 1 дал пива зростає у 2–3 рази, що й формує кінцеву ціну для споживача.

Такими чином, собівартість виробництва світлого пива (на 1 дал) становить 67,7 грн. Основними складовими витрат є ячмінний солод – 58 % та дріжджі пивні – 32 %. Разом ці два компоненти формують понад 90% загальної собівартості. Решта інгредієнтів (хміль, вода, молочна кислота, цикорій, ферментні препарати) мають відносно невелику вагу у структурі витрат.

ВИСНОВКИ

1. Сировина, що використовується для виробництва пива, повинна відповідати чинним стандартам (ДСТУ) і забезпечувати високу якість готового продукту. Основними компонентами є ячмінний солод, хміль, вода та дріжджі. Додатковим інгредієнтом, який підвищує біологічну цінність пива та знижує собівартість, є сушені коренеплоди цикорію. Всі матеріали мають бути чистими, без сторонніх запахів, шкідників чи ознак псування. Такий підхід гарантує стабільність процесу бродіння та отримання пива з оптимальними органолептичними характеристиками.

2. Проведений продуктовий розрахунок показав, що з 100 кг ячмінного солоду можна отримати близько 55 дал готового пива. Розраховано баланс основних і побічних продуктів, зокрема сусла, дробини, хмелю, дріжджів та CO₂. Отримані результати свідчать про ефективність технології та можливість раціонального використання сировини. Вторинні продукти (дробина, дріжджі, вуглекислий газ) можуть бути використані в інших галузях, що підвищує економічну та екологічну ефективність виробництва.

3. Виробництво пива потребує високотехнологічного обладнання, яке забезпечує контроль параметрів на всіх стадіях: від підготовки сировини до розливу готового напою. Вибрані апарати (дробарки, заторні апарати, фільтр-преси, варильні котли, ЦКТ, фільтри тощо) забезпечують ефективність, стабільність і безпеку процесу. Схема виробництва відображає замкнутий цикл з можливістю утилізації побічних продуктів, що відповідає сучасним екологічним вимогам.

4. Удосконалена технологія виробництва світлого пива із застосуванням сушених коренеплодів цикорію є економічно доцільною, технологічно обґрунтованою та екологічно безпечною. Вона забезпечує отримання продукту з покращеними смако-ароматичними властивостями та підвищеною біологічною цінністю, що відповідає сучасним тенденціям розвитку пивоварної галузі.

ПРОПОЗИЦІЇ

З метою підвищення ефективності виробництва та покращення якості готового продукту доцільно удосконалити традиційну технологію виробництва світлого пива шляхом часткової заміни ячмінного солоду сушеними коренеплодами цикорію. Такий підхід дозволить:

- знизити собівартість пива за рахунок зменшення частки солоду;
- підвищити біологічну цінність напою завдяки вмісту інуліну — природного пребіотика;
- надати пиву приємного карамельного аромату та легкого кавового присмаку;
- покращити органолептичні показники та стабільність під час зберігання.

Таким чином, удосконалена технологія виробництва світлого пива з додаванням цикорію є перспективним напрямом інновацій у пивоварінні, що поєднує економічну вигоду з поліпшенням якості та функціональних властивостей продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барановський В. О. Технологія пива та безалкогольних напоїв : підручник. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. – 368 с.
2. Білінчук В., Соболева-Терещенко О. Сучасний стан та перспективи розвитку пивного ринку України. Проблеми та перспективи економіки та управління. №1(17). 2019. с.122-130.
3. Бойко С. О. Біотехнологічні процеси у виробництві пива. – Київ : НУХТ, 2017. – 240 с.
4. Булій Ю.В., Куц А.М., Мукоїд Р.М. Технологія світлого і темного сортів пива з цикорієм. Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції: тези доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції, 8 листопада 2022 р. м. Київ: НУХТ. 2022. С. 139–140.
5. Василенко В. Г. Харчові технології: біотехнологія пива. – Львів : ЛНУВМБ, 2020. – 184 с.
6. Виробництво пива критично скоротилося. URL: <https://agronews.ua/news/vyrobnyczstvo-pyva-krytychno-skorotylosya/> (дата звернення: 22.05.2023).
7. ДСТУ 3888:2015. Пиво. Загальні технічні умови. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2016. – 16 с.
8. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2010. – 35 с.
9. ДСТУ 3769:98. Ячмінь. Технічні умови. – Київ: Держстандарт України, 1999. – 12 с.
10. ДСТУ 4282:2018. Солод пивоварний ячмінний. Технічні умови. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 15 с.
11. ДСТУ 7067:2009. Хміль. Технічні умови. – Київ: Держспоживстандарт України, 2010. – 18 с.
12. ДСТУ 7344:2013. Дріжджі пивоварні. Технічні умови. – Київ:

Мінекономрозвитку України, 2014. – 16 с.

13. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. – 22 с.

14. ДСТУ 8210:2015. Цикорій. Коренеплоди сушені. Технічні умови. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 14 с.

15. Європейський стандарт EN 45011:2017. Beer – Quality and Safety Management. – Brussels : CEN, 2017. – 34 p.

16. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: Підруч./ С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін. // За заг. ред.. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. – К.: НУХТ, 2012. – 487 с.

17. Кунце Ст. Технологія та солодові пива / В. Кунце Р. Міт. - СПб.: Професія, 2001. - 824 с.

18. Лозовська, Г. М. Проблеми та основні тенденції розвитку пивної галузі України. Зб. тез. доп. 78-ї наук. конф. викл. акад., Одеса, 23–27 квіт. 2018 р. Одес. нац. акад. харч. технологій ; під заг. ред. Б. В. Єгорова. Одеса, 2018. с. 293–295.

19. Мелетьєв А. Є., Годосійчук С. Р., Кошова В. М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв : підручник / за ред. А. Є. Мелетьєва. Вінниця : Нова Книга, 2007. 392 с.

20. Мельник О. С. Вплив рослинних добавок на якість пива // Вісник НУХТ. – 2020. – Т. 26, № 5. – С. 88–93.

21. Морозов Д.С. Проблеми та перспективи ринку пива в Україні. Формування механізмів управління якістю та підвищення конкурентоспроможності підприємств: XIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих вчених та студентів: тези доповідей. Дніпро. 19 травня. 2022. URL: <http://ndekc.lviv.ua/pdf/13.pdf> (дата звернення 10.09.2023)

22. Названі переваги крафтового пива над масовим. URL: <https://news.obozrevatel.com/ukr/economics/economy/nazvani-perevagi-kraftovogo-piva-nad-masovim.htm> (дата звернення: 10.09.2023р.)

23. Півний ринок України: тренди 2022 року. URL: <https://ain.business/2022/02/21/puvnyj-rynok-ukrayiny-trendy-2022-roku/> (дата звернення: 22.05.2023).

24. Ринок пива в Україні. Чи справді прийшла крафтова революція?. URL: <https://ain.business/2021/12/13/beer-in-ukraine/> (дата звернення: 22.05.2023)

25. Розумей С.Б., Ступка К.Є., Ніколенко І.В. Дослідження стану пивного ринку України в умовах економічної нестабільності. Причорноморські економічні студії. №29. 2018. с.117-122.

26. Савчук Л.В. Шляхи зменшення негативного впливу стічних вод пивзаводів на довкілля. Вісник національного університету «Львівська політехніка», Хімія, технологія речовини та їх застосування, № 787, 2014. с. 95-99.

27. Семененко І. М., Сидоренко Т. П. Основи пивоваріння : навч. посіб. – Харків : ХНТУСГ, 2016. – 212 с.

28. Тараненко В. І., Ковальова О. В. Сировинна база пивоварної промисловості України // Харчова промисловість. – 2022. – № 4. – С. 45–52.

29. Технологія і обладнання виробництва пива та безалкогольних напоїв. Підручник для поч.. проф. освіти.-М.: ІРПО; Вид. центр «Академія», 2000. – 416 с.

30. Українська пивна асоціація «Укрпиво». Аналітичний огляд ринку пива в Україні 2021–2024 рр. – Київ : Укрпиво, 2024. – 42 с.

31. European Brewery Convention. EBC Manual of Good Practice : Brewing Science and Technology. – Brussels : EBC, 2019. – 298 p.

32. FAO Statistics Division. Beer production and consumption trends in Eastern Europe [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fao.org/statistics>

33. Kunze, W. Technology Brewing and Malting. – 6th ed. – Berlin : VLB, 2019. – 1010 p.

34. Obolon Group. Офіційний сайт компанії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.obolon.ua>