

Пархоменко А. М.

*аспірант кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства
Національний університет харчових технологій
м. Київ, Україна*

Мукоїд Р. М.

*доцент кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства
Національний університет харчових технологій
м. Київ, Україна*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ДЕФЕКТІВ
У ПИВОВАРІННІ**

Робота присвячена дослідженню причин виникнення дефектів у пивоварінні.

З кожним днем попит на смачне та якісне пиво зростає все більше. Причиною цього є в першу чергу те, що розвиток виробництва розширює асортимент продукції та її смакові властивості. Тому для кожного пивовара важливо створити конкурентоспроможний продукт, який повинен відповідати високим якісним показникам.

Під час виробництва пива зустрічаються дефекти, які пов'язані із сировиною, неправильним веденням технологічного процесу, що в подальшому призводить до порушень біологічних, фізико-хімічних та, власне, органолептичних властивостей пива. Тому актуальним є дослідження причин виникнення дефектів у пивоварінні.

На основі теоретичних і експериментальних даних встановлено причини виникнення найпоширеніших дефектів в пивоварінні та розглянуто механізми утворення побічних продуктів бродіння, досліджено показники якості пива в процесі. Науково обґрунтовано ефективність застосування способів виявлення та усунення дефектів для підвищення якості готового пива.

Вступ

Створення пива – тривалий, складний технологічний процес, на кожному етапі якого можуть виникнути як великі, так і маленькі проблеми. З кожним днем попит на смачне та якісне пиво зростає все більше. Причиною цього є в першу чергу те, що розвиток виробництва розширює асортимент продукції та її

смакові властивості. Тому для кожного пивовара важливо створити конкурентоспроможний продукт, який повинен відповідати високим якісним органолептичним та фізико-хімічним показникам.

Пиво – вразливий продукт, підвладний примхам природи, і його легко зіпсувати мікроорганізмами, погано доглянутими системами розливу, і – найлегше – плином часу.

Недоліки пива відносяться до будь-якої ознаки, не передбаченої пивоваром. Дуже важливо розуміти, що недоліки не обов'язково продиктовані сенсорними уподобаннями або стилістичними рекомендаціями, а є скоріше відхиленнями від стандарту, розробленого пивоваром.

Навіть якщо ми не здатні визначити конкретні побічні аромати чи смаки, то все одно можемо упізнати пиво, яке уже трохи видихалося чи втомилося, розгубило свої аромати і свіжість. А отже важливо розуміти причини виникнення тих чи інших дефектів в ході виробництва та зберігання пива.

Під час виробництва зустрічаються дефекти, які пов'язані із сировиною, неправильним веденням технологічного процесу, біологічного походження, що в подальшому призводить до порушень біологічних та фізико-хімічних властивостей пива. Тому актуальним є дослідження причин виникнення дефектів у пивоварінні та розроблення рекомендацій щодо їх усунення.

Для виконання дослідження було поставлено наступні завдання: визначити причини виникнення дефектів в готовому пиві; визначити вплив дефектів на якість напою; визначити фактори, які впливають на утворення побічних продуктів бродіння; дослідити причини біологічних і колоїдних помутнінь в пиві.

1. Причини виникнення дефектів у пивоварінні

На сьогоднішній день пивоварна промисловість України і світу переживає один з наймасштабніших моментів розвитку та перебудови виробництва.

Розвиток пивоварного виробництва розширює асортимент продукції та смакові властивості, так як попит на смачне та якісне пиво зростає день за днем.

Кожен смаковий чи ароматичний відтінок пива у келиху залежить від рішень, які приймає пивовар. Легкі горіхові ноти і натяки на родзинки? Це все солод для світлих елів легкого обсмажування. Різкий свіжий аромат хмелю? Це наслідок

ретельного вибору і вчасного додавання найкращих ароматичних хмелів під час кип'ятіння, або в процесі бродіння. Також на загальний смак та аромат напою впливає робота правильно підібраної раси пивоварних дріжджів.

1.1 Формування якості пива

Для виготовлення якісного пива важливо контролювати кожен етап виробництва починаючи з прийому сировини і закінчуючи умовами зберігання готового продукту.

Основною сировиною для виробництва пива є ячмінний солод, хміль та вода. Як додаткову сировину використовують пивні дріжджі, несолоджені матеріали, ферментні препарати [2].

Вода є основним видом сировини і важливою складовою готового продукту. Для смаку пива має значення, перш за все, сольовий склад технологічної води. До води, що використовується для приготування пива, висуваються вимоги щодо жорсткості, активної кислотності (рН), смаку та запаху, механічної і мікробіологічної чистоти [7].

Мінерали у воді змінюють не лише смак і аромат. Іони у воді є хімічно активними і мають неабиякий вплив на пивоварний процес. За роки експериментів з різними сортами та типами пива було підібрано ідеальний склад води для кожного стилю пива і відповідного пивоварного процесу.

Ячмінь є основною сировиною для виробництва солоду. Він не лише має великий запас крохмалю, який перетвориться на цукор, і зовнішню плівку зерна, яка слугує чудовим фільтруючим шаром, але й головний інструмент – ферменти, які запускають процес перетворення.

Унікальна ферментна система ячменю робить його ідеальною пивоварною сировиною, адже дозволяє розщеплювати запаси крохмалю у твердих зернинах на прості цукри, якими житимуться в подальшому дріжджі і перероблятимуть їх на алкоголь [6].

Солод набуває своїх характерних властивостей під час солододорощення, проте, деякі з них залежать від властивостей ячменю, який був використаний. Найбільш важливими вимогами до якості зерна, що використовується для солодування, є активне його проростання (90-95 %), невисока плівчастість (не більше 10 % від маси), помірний вміст білка (не нижче 9 і не вище 12 %) та високий вміст крохмалю (до 65 %) [4; 8].

Підвищена плівчастість зерна негативно впливає на екстрактивність і смакові ознаки пива за рахунок гірких речовин, що містяться в оболонці. Зі зниженням крохмалистості використаного зерна – пиво стає слабко екстрактивним, а низький вміст білка в ячмені є причиною отримання пива зі слабкою піною і невираженим смаком. Зерно ячменю, багате на білки, важко переробляється і є причиною отримання, як правило, нестійкого під час зберігання пиво [1; 21].

Процес солодоращення починається з вибору якнайкращого ячменю і замочування його впродовж 2-4 діб, поки він не досягне вмісту вологи 43 % і більше. Це запускає ферментативні процеси, які проходять у зерні. Основною метою пророщування є накопичення гідролітичних ферментів, які необхідні для подальших технологічних процесів у виробництві пива. Замочений солод транспортують в солодоростильне відділення, де витримуються всі технологічні параметри для його пророщування. Солод пророщують, поки паросток не досягне 1,5 довжини зерна. [13].

На цьому етапі вологе пророщене зерно відправляється на висушування. При сушінні солоду протікають біохімічні та фізико-хімічні процеси. Солод висушують в дві стадії: 1. підсушування, видалення води при низьких температурах до вологості приблизно 10 %; 2. власне висушування солоду до потрібної вологості. При висушуванні солоду протікає три фази сушіння: фізіологічна, ферментативна та хімічна.

Залежно від способу висушування, солод має дуже широку кольорову гаму – від 2 одиниць Ловібонда у найсвітліших солодах до 500 одиниць у чорному солоді найпотужнішого обпалення.

Несолоджені матеріали застосовують для збільшення екстрактивності, створення певного смаку та зниження собівартості пива. Як несолоджену сировину використовують ячмінь, рис подрібнений, кукурудзяну знежирену крупу, сою, пшеницю, обрушений ячмінь, буряковий цукор тощо [15].

Під час переробки несолоджених матеріалів передбачено використання ферментних препаратів. Якщо їх не використовують, то кількість несолодженої сировини не повинна перевищувати 20 % [20].

Застосування заміників солоду не завжди позитивно впливає на якість пива. Так, ячмінь у невеликих кількостях (6-10 %) поліпшує піну і наповнює смакову гаму пива. Однак зі

збільшенням його кількості в рецептурі екстрактивність пива знижується, ускладнюється процес виробництва [23].

Ферментні препарати. Для виготовлення пива з додаванням несолодженої сировини використовуються ферментні препарати. З їх допомогою можна переробляти менш якісну зернову сировину, одержувати пивне сушло заданого складу, поліпшувати якість продукту [17].

У наш час випускаються промисловістю і застосовуються у виробництві пива наступні ферментні препарати: Амілоризин Пх, Цитороземін Пх, Амілосубтилін ПІ 10х, комплексний ферментний препарат МЕК (Мультиензимна композиція) тощо. Активність цих ферментних препаратів у декілька разів перевищує активність ферментів солоду, а їх застосування сприяє успішній переробці несолодженої сировини, інтенсифікації процесу пивоваріння, зменшенню матеріалоемності продукції [17].

Хміль – друга після солоду основна пивоварна сировина.

Найважливішими складовими хмелю є гіркі речовини, що надають пиву характерної гірчинки; дубильні речовини, що сприяють стійкості пива; ефірні олії – важливий компонент аромату пива [22].

Для пивоваріння найважливішими компонентами хмелю є гіркі речовини (альфа- і бета-кислоти), поліфеноли і ефірна олія. Їх вміст коливається залежно від сорту хмелю та ґрунтово-кліматичних умов.

Дріжджі – за морфологічними ознаками відносяться до класу грибів роду *Saccharomycetes*. Пивні дріжджі поділяються на дріжджі верхового і низового бродіння. Дріжджі, які застосовуються в пивоварному виробництві, переважно відносяться до низових дріжджів рас 7; 76; 11; 47. Ці дріжджі глибоко і швидко зброджують екстракт сусла, надають пиву яскравого аромату і м'якого смаку. Дріжджі верхового бродіння використовуються тільки для зброджування елевих сортів пива [15].

1.2 Характеристика дефектів пива та причини їх виникнення

Вивчаючи дегустаційну науку, ми вчимося спочатку впізнавати знайомі аромати і смаки в пиві, потім – уловлювати складні поєднання, відчувати і описувати ледь помітні відтінки. Але найвищий рівень – виявити в напої сторонні запахи та присмаки, розпізнати дефекти і виявити їх джерело. Під час

проведення дегустації є певний порядок дій, які допоможуть в повній мірі оцінити напій [10].

В першу чергу необхідно оцінити зовнішній вигляд напою. Варто враховувати те, що пиво різних стилів може виглядати по-різному. В бокалі не має бути жодних сторонніх домішок, білкового осаду в вигляді пластівців, неосаджених частинок хмелю та інших включень. Для нефільтрованих сортів допустима незначна опалесценція [12].

Далі необхідно оцінити аромат пива. Спочатку аромат вдихають на невеликій відстані від бокалу, далі – впритул до напою. Потім необхідно трохи покрутити бокал і вдихнути повторно, для того щоб отримати весь спектр ароматів.

Останнім етапом дегустації є оцінка смаку напою. На відміну від вина, пиво необхідно обов'язково проковтнути, оскільки на корені язика знаходяться рецептори, які відповідають за гіркоту. Без повного ковтка ми не зможемо відчутти гіркоту, яка є важливою складовою смаку напою.

Недоліки пива відносяться до будь-якої ознаки, не передбаченої пивоваром. Дуже важливо розуміти, що недоліки не обов'язково продиктовані сенсорними уподобаннями або стилістичними рекомендаціями, а є скоріше відхиленнями від стандарту, розробленого пивоваром [12].

Виробництво пива – тривалий багатостадійний процес, тому проблеми можуть з'являтися на різних етапах виробництва. Дефекти можна розділити на дві основні категорії: ті, які отримані в процесі пивоваріння і ті, що виникають в пиві вже після розливу. Ці групи можуть поділятися на сенсорні та фізичні дефекти [10; 12].

1.2.1 Дефекти, пов'язані з сировиною

Запах варених овочів (кукурудзи, гороху). Викликається речовиною диметилсульфід. Попередники цієї речовини містяться в солоді і випаровуються при кип'ятінні сусла, тому найчастіше цей дефект пов'язаний з недостатньою інтенсивністю і тривалістю кип'ятіння, а також з неякісним солодом [12].

Неприємна, в'язка хмельова гіркота. Причиною зазвичай є неправильно розраховане задання хмелю (тобто хміль задається не в той час і не в тих кількостях) і невірний вибір його сорти для надання пиву гіркоти (наприклад, що містить підвищений рівень когумулону) [24].

Запах «кішки», «скусса» або інтенсивний аромат чорної смородини. Викликається розкладанням компонентів хмелю під дією ультрафіолету. Таке пиво називають «засвіченим». Дефект більш характерний для сильноохмелених сортів напою: їм достатньо кілька годин постояти на світлі, щоб він проявився [25].

Металевий смак. Може бути пов'язаний як з низькою якістю води, так і з особливостями сировини і стилю пива (так, англійські елі іноді мають такий присмак) [12].

Легкі світлі лагери повинні бути максимально «чистими»: без відчутної кількості ефірів, альдегідів або діацетилю. У бельгійських же міцних елях концентрація вищих спиртів і ефірів зазвичай підвищена. За рахунок цього вони отримують свій характерний смак [10].

1.2.2 Дефекти смаку, пов'язані з порушенням технології виробництва

Порожній смак має пиво з низьким вмістом спирту, тобто недостатньо зброджене; пиво, виготовлене з сусла з високим вмістом декстринів і низьким ступенем зброджування. Порожній смак іноді зустрічається також у пива з сильнорозчиненого солоду, він може з'явитися у результаті надмірного розщеплення білків при затиранні, через надмірне окислення або при занадто різкій фільтрації [28].

Неприємний гіркий і терпкий смак найчастіше має пиво з жорсткої карбонатної води, води сильно лужної, головним чином при пом'якшенні перекальцинованої води; в цьому випадку пиво має також більш інтенсивний колір [12].

Часто причиною неприємної гіркоти пива буває недостатнє осадження і видалення гірких частинок в апаратах для осадження і в процесі головного бродіння, або неправильний зняття бродильних дек. Гірким буває також пиво з погано розчиненого солоду.

Іншою причиною гіркового смаку пива є окислювання. Воно може з'явитися в ході технологічного процесу або при розливі готового пива в транспортну тару. У пиві в пляшках причиною цього буває високий вміст кисню повітря в шийці пляшки, який, крім того, негативно впливає на смак і колоїдну стабільність пива переважно при пастеризації.

Іноді причиною гіркового смаку буває переробка влєжаного хмелю або неправильне дозування хмелю [27].

Терпкий або пригорілий присмак темного пива походить від неякісного кольорового солоду або з карамелі невідповідного якості [12].

Кислий присмак зустрічається у пива під час головного бродіння і доброджування при підвищеній температурі і у молодого, невитриманого пива. Крім того, старі дріжджі 3-5 генерації, які дегідрували і частково піддані автолізу, збережені при високих температурах під водою, можуть стати причиною дріжджового присмаку. Дріжджовий присмак може мати пиво з великою кількістю завитків [10].

Незрілий смак має пиво, яке доброджувалося короткий час або повільно. Вважають, що причиною незрілого смаку пива є, з одного боку, присутність меркаптанів і деяких альдегідів і, з іншого – присутність летючих сірчистих сполук, головним чином сірководню і діоксиду сірки, які утворюються при головному бродінні. При холодному і досить тривалому доброджуванні ці летючі речовини видаляються з вуглекислим газом, що виходить через шпунт-апарат. У молодого пива цей процес протікає лише частково і пиво зберігає «незрілий» смак [5].

Підвальний присмак – це різні відхилення від нормального чистого смаку, які зустрічаються у пива деяких заводів у зв'язку з якимось виробничим недоліком. Найчастіше причинами бувають різні недоліки чистки виробничого устаткування або середовища. Рідко причиною буває постійна помилка в операціях.

Різні присмаки можуть виникнути також при переробці неякісної сировини (солоду чи хмелю) [10].

Пастеризаційний (хлібний) присмак має майже все пастеризоване пиво. Його інтенсивність різна, зростає з температурою і часом, протягом якого діє температура пастеризації. Тому прагнуть досягти необхідного дії пастеризації при максимально низькій температурі, що дає ефект пастеризації і за короткий час. При пастеризації з'являється також окислювання пива киснем повітря з шийки пляшки, при цьому утворюється кислий присмак, який до речі з'являється також і в непастеризованому вигляді через певний час зберігання. Причиною кислого присмаку вважається фенілаланін; при його окисненні утворюється фенілоцтова кислота, яка етерифікується [10].

Сонячний присмак дуже неприємний і утворюється в пиві в пляшках (і пиві в склянці) при відносно швидкій дії прямих сонячних променів або при тривалому впливі розсіяного денного світла.

Цей дефект – результат фотохімічного впливу ультрафіолету на сульфогідрильні групи екстрактивних речовин з утворенням етилмеркаптану [5].

1.2.3 Дефекти смаку, які з'являються при взаємодії пива зі сторонніми матеріалами

Смак деревини утворюється при взаємодії пива з незахищеною спеціальним покриттям деревиною, головним чином з новою, яка не використовувалася при виробництві пива [14].

Смак смоли з'являється при обробці бочок смолою, що містить багато летких речовин. Часто причиною буває недостатнє видалення смоляних парів з засмоленої бочки або розлив пива в щойно оброблені бочки, що не були промиті водою [12].

Смак гасу може зустрічатися у пива з бродильних апаратів, покритих свіжим парафіном, якщо був використаний парафін з низькою точкою плавлення, що містить леткі фракції гасу [12].

Смак лаку має пиво з бродильних чанів, покритих пивним лаком поганої якості. Неякісними бувають пивні лаки з деяких замінників натурального шелаку [12].

Металевий і чорнильний присмак утворюється при реакції дубильних речовин пива з незахищеною поверхнею залізного устаткування. Таке пиво має при цьому піну коричневого кольору [14].

Фенольний (карболовий, лікарняний) присмак утворюється з багатьох причин. В першу чергу він буває у пива з виробничої води з високим вмістом нітратів. Його може викликати також вільний хлор, якщо ячмінь замочується у воді з добавкою хлорного вапна, або фільтраційна маса стерилізується хлорним вапном і навіть залишки хлору не видаляються хімічним шляхом (сульфітом) [10].

При редукції сульфатів або сульфідів з сульфітованого хмелю можуть утворюватися меркаптани або сірководень. У випадках, якщо бродіння недостатньо бурхливе, щоб вуглекислий газ міг видалити ці речовини з пива, то також з'являється фенольний (карболовий) присмак.

Нарешті, причиною фенольного присмаку може бути частковий автоліз дріжджів при доброжуванні. Причина полягає в поганому фізіологічному стані насінневих дріжджів, якщо їх задають кілька разів без промивання або довго зберігати під водою із досить низькою температурою [26].

1.2.4 Дефекти біологічного походження

Сторонні мікроорганізми, що інфікують пиво в виробничому процесі, викликають смакові недоліки пива за рахунок утворення продуктів метаболізму. Інфіковане пиво водночас мутніє [16].

Якщо в суслі при охолодженні розмножаться звані термобактерії, то в пиві утвориться характерний присмак, що нагадує *смак селери*. Цей присмак в суслі дуже сильний і він залишається в пиві. Він зустрічається часом в пиві, виготовленому на невеликих пивоварних заводах, де сусло зброджують з запізненням.

Якщо в пиві, розлитому в транспортну тару, відновиться бродіння культурними дріжджами, то виникає *дріжджовий присмак*.

Якщо пиво має дріжджовий присмак після фільтрації, то цей недолік виник при доброджуванні в результаті автолізу мертвих дріжджових клітин [18].

Пиво, інфіковане дикими дріжджами, піддається різним смаковим змінам. Дикі дріжджі, головним чином *Sacch. pastorianus*, надають пиву терпко-гіркий смак, який підвищується до такого рівня, що пиво може стати непридатним.

Молочнокислі бактерії (Lactobacillus pastorianus) сприяють утворенню молочної кислоти та інших кислот. Якщо перевищена гранична межа, то пиво стає непридатним [18].

Сарциновий смак – це комбінація кислого смаку зі смаком діацетилу, який є продуктом метаболізму, так званої пивний сарцини (*Pediosoccus cerevisiae*). Смак дуже неприємний, робить пиво непридатним. Слабкий присмак діацетилу можна усунути при додаванні завитків до пива. При редуруючій дії дріжджів з діацетилу утворюється ацетоїн, смак якого проявляється в меншій мірі. Однак велика кількість ацетоїну теж надає пиву неприємний смак [10].

Присмак цвілі буває частиною так званого підвального присмаку, який залежить від виду цвілі, поширеної в приміщеннях, де розміщені бродильні апарати. Часто присмак цвілі пива походить від різних видів *Penicillii*, а затхлий підвальный присмак від *Mico*. Підвальною цвіллю є бактерії, які викликають «запліснявіння» дерев'яних бродильних апаратів і лагерних бочок *Dematium pullulans* і *Oospora lactis*. Пиво дуже вразливе до сторонніх запахів і легко сприймає запах цвілі або підвальный присмак [10].

Смак гвоздики, мускатного горіха. 4-вініл гваякол (2-метокси-4-вінілфенол) – головна фенольна сполука пшеничного пива, дає пиву аромат гвоздики, мускатного горіха, духмяного перцю. Утворюється шляхом перетворення ферулової кислоти дріжджами.

Ферулова кислота важлива для пивоваріння як попередник 4-вініл гваякола, вона міститься у пшеничних висівках. Екстракція кислоти відбувається при температурній паузі 43-45 °С під час затирання із щільних оболонок пшеничного зерна.

Під час ферментації ферулова кислота перетворюється в 4-вініл гваякол ферментом цинамат-декарбоксилазою (декарбоксилазою ферулової кислоти). Цей фермент продукується штамми дріжджів з активною формою гену POF, до яких відносяться пивоварні пшеничні, хлібні дріжджі, а також більшість диких дріжджів.

Для того, щоб досягти більш вираженого характеру гвоздики в пиві необхідно збільшити вміст ферулової кислоти. Цього можна досягти шляхом вибору специфічного штаму дріжджів, в особливості *Brettanomyces*, які можуть суттєво впливати на формування специфічного смаку і аромату пива [12].

1.3 Характеристика біохімічних процесів, що відбуваються при зберіганні готового пива

Проблема підвищення стійкості пива набуває першорядного значення у зв'язку зі зростанням вимог до конкурентоздатності пива, розширенням ринку його збуту та реалізації на великій відстані від місця виробництва. Процеси помутніння та пов'язані з цим зміни аромату і смаку пива спричиняють дві групи факторів – біологічні, що обумовлені розвитком у готовому пиві мікроорганізмів і визначають біологічну стійкість, та фізико-хімічні перетворення колоїдних речовин пива, які обумовлюють його колоїдну стійкість [9; 19].

1.3.1 Біологічна стійкість пива

Біологічна стійкість пива обумовлена розвитком у ньому мікроорганізмів, які здатні викликати в ньому помутніння або утворення осаду, а також призводити до псування пива за рахунок продуктів життєдіяльності. Кількість таких мікроорганізмів невелика, оскільки пиво завдяки наявності спирту, CO₂ і гірких речовин, а також низькому рівню рН, анаеробному середовищу та низьким температурам в процесі приготування позбавляє

більшості мікроорганізмів, особливо патогенних і термостійких можливості розвиватися. Таким чином, в пиві здатні розвиватися лише молочнокислі бактерії, грамнегативні бактерії родів *Pectinatus* і *Megasphaera*, а також активні дріжджі [11].

Від моменту контамінації мікроорганізмами до появи помутніння чи осаду проходить певний час, який залежить від ступеня контамінації, приналежності мікроорганізмів до того чи іншого роду і від ступеня їх адаптації до середовища, а також від властивостей пива, наявності кисню і температури зберігання [15].

1.3.1.1 Причини контамінації пива

Бактерії *Pediococcus damnosus* поряд з моно- і диплококами формують специфічні тетради і утворюють в пиві після розливу осад (іноді помутніння), а також надають пиву кислий маслянистий присмак діацетилу. Ці небезпечні мікроорганізми, що викликають псування пива, в якості первинного контамінанта зустрічаються насамперед у відділенні зберігання чистої культури дріжджів, бродильному цеху і відділенні доброджування. Уже в ході бродіння вони можуть зумовити підвищений вміст діацетилу, а при сильній контамінації можуть проходити і через фільтр. Завдяки останнім інноваціям в технології фільтрування ці бактерії досить рідко потрапляють в пиво після розливу [15].

Більшість проблем виникає в «дріжджовому білому» пиві (*Hefeweissbier*), якщо якась кількість педіококів присутня в дозованих дріжджах. Поряд з *Pediococcus damnosus* зустрічається також *Pediococcus inopinatus*, але цей вид на пивоварних виробництвах набагато менше поширений [15].

Пивні *молочнокислі бактерії* представлені численними видами, які можуть призводити до псування пива. Найчастіше це гетероферментативні види *Lactobacillus brevis* і *Lactobacillus lindneri*, здатні викликати помутніння і надавати пиву кислуватий присмак через утворення молочної і оцтової кислот, CO₂ і етилового спирту, проте діацетил вони не продукують. Іноді зустрічаються також гомоферментативні види *Lactobacillus casei* і *L. coaguliformis*, що викликають інтенсивне утворення діацетилу (особливо в слабоохмеленому пиві, наприклад, в дріжджовому білому). Ці облигатні мікроорганізми можуть бути як первинними (*L. lindneri*), так і вторинними контамінантами (численні штами *L. brevis*). Так як осадження молочнокислих бактерій відбувається

не так інтенсивно, як у педіококів, то вони присутні у всьому обсязі пива, що знаходиться в цеху доброджування і частіше потрапляють на фільтруючі шари; при гідравлічних ударах вони нерідко заносяться в пиво після розливу [15].

В останні роки все активніше виходять па передній план *грамнегативні анаеробні бактерії* родів *Pectinatus* і *Megasphaera*. Причини цього полягають, перш за все, у використанні безкисневих технологій, особливо на ділянці розливу, а також у деякому підвищенні значень рН пива, оскільки не відбувається біологічного підкислення сула. Бактерія *Megasphaera cerevisiae* утворює відносно великі скупчення овальної форми, які грають у парах або ланцюжка. Внаслідок продукування цими бактеріями масляної, валеріанова і капронової кислот пиво стає абсолютно непридатним до вживання [7].

Подібним чином поводитьися і *бактерія Pectinatus cerevisiphilus*, що продукує головним чином пропіонову кислоту і ацетоїн. Ця бактерія має форму злегка викривлених або штопороподобних паличок. На початку розвитку вони рухливі внаслідок монолатерального (гребенчатого) ураження жгутиковими бактеріями. Цей вид зустрічається частіше деяких молочнокислих бактерій (ним викликається більше 10% мікробіологічних проблем пива) [16].

Потенційна і непрямі контамінація, що викликає псування пива. Поряд з вищевказаними облігатними бактеріями, що викликають псування пива, в пивоварному виробництві часто зустрічаються також мікроорганізми, що представляють потенційну або непрямі небезпеку. Сторонні мікроорганізми не можуть розвиватися в пиві, розлив якого здійснювався звичайним способом, але якщо вони досить довго існують на виробництві, то з часом здатні адаптуватися до пивного середовища. Крім того, вони можуть надати негативну дію на окремі типи пива (наприклад, на безалкогольне або слабоохмеленне пиво, пиво з підвищеним значенням рН). Зазвичай це стосується бактерій *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum* або *Micrococcus kristinae*. Грамнегативні ентеробактерії викликають неприємний «селеровий» присмак через продукування ДМС, ацетоїна та інших з'єднань [15; 16].

Дикі дріжджі рідше, ніж бактерії, виступають в якості контамінантів. Найчастіше мова йде про сильноброджуючі штами *Saccharomyces cerevisiae*, а саме *S. diastaticus* і *S. logos*.

Завдяки зброджуванню декстринів ці дріжджі здатні розмножуватися в добре збродженому пиві з утворенням в пляшковому пиві помутнінь і осаду. Крім того, в більшості випадків в пиві утворюється нетиповий аромат і «дряпаючий» гіркий сторонній присмак. Ці види дріжджів можуть виступати як в якості первинних, так і вторинних контамінантів пива, що зберігаються в бочках і пляшках [16].

Культурні дріжджі. Якщо вони потрапляють в пиво після розливу внаслідок недостатньої ефективності фільтрування, то в деяких умовах в ньому може утворюватися легкий осад або відбуватися розмноження колоній дріжджів на дні пляшки. Крім того, зростанню культурних дріжджів сприяє підвищене поглинання кисню при розливі пива. Такому ризику піддається також безалкогольне пиво, що отримується методами переривання бродіння або контакту з дріжджами, оскільки при цьому в пиві присутня ще достатня кількість легкозброджуваних цукрів. З огляду на це, дані типи пива по можливості слід пастеризувати в пляшках [15].

Мікроорганізми-індикатори. У сучасній мікробіології пива постійно необхідно виявляти «слідову» контамінацію. Оскільки виявлення слідів ускладнено і велику роль тут відіграє випадковість, то в даний час з метою підвищення надійності застосовують підтвердження контамінації шляхом використання так званих «мікроорганізмів-індикаторів». Мова йде, перш за все, про специфічні для пивоваріння оцтовокислі бактерії (*Acetobacter pasteurianus* і *Gluconobacter frateurii*), які часто супроводжуються іншим мікроорганізмам, що викликає псування пива. Якщо ці мікроорганізми-індикатори систематично і в підвищених концентраціях зустрічаються в місцях контакту з пивом, то в таких «точках ризику» необхідно провести мийку та дезінфекцію, а також теплову обробку (паром) [16].

1.3.1.2 Забезпечення біологічної стійкості пива

Біологічна стійкість пива забезпечується застосуванням бездоганних з мікробіологічної точки зору активних насінневих дріжджів, їх контролем та наскрізною мийкою та дезінфекцією танків, трубопроводів і апаратів. При цьому особливої уваги потребують установки автоматичної мийки. Високоякісне фільтрування в поєднанні з розливом без доступу повітря за умови якісно вимитої тари створює передумови біологічної стійкості пива

навіть без його нагрівання і пастеризації. На окремих етапах виробництва, таких як бродіння, доброджування, фільтрування і розлив, необхідний ретельний мікробіологічний контроль [16].

Для виявлення різних мікроорганізмів, що викликають псування пива, потрібні спеціальні культуральні середовища селективної дії. Так як певні мікроорганізми, що викликають псування пива (зокрема *L. lindneri*), вкрай вимогливі до особливих ростових речовин (наприклад, з'єднань, що продукуються в ході метаболізму дріжджів), то індикаторні середовища також повинні характеризуватися оптимальним складом поживних і ростових речовин. Основними вимогами в мікробіологічному аналізі є надійність виявлення, вибірковість, оперативність, простота застосування і хороша інтерпретація результатів аналізу.

Заходи виробничого контролю слід проводити систематично і регулярно, забезпечуючи своєчасне виявлення «слабких місць». В інструкціях по мікробіологічному контролю вказуються найважливіші точки відбору проб, а також відповідні методи аналізу [15].

1.3.2 Колоїдна стійкість пива

Розрізняють два типу помутніння: холодне (оборотне) і необоротне [9].

Показником холодної нестабільності пива є поява каламуті при охолодженні пива. Холодне помутніння визначається як помутніння при температурі 0 °С, яке зникає при температурі 20 °С.

До складу осадів, що утворилися при низьких температурах, входять частинки з молекулярної масою від 10 до 100 кДа. Розмір частинок холодного помутніння коливається від 0,1 до 1,0 мкм, в основному вони мають кулясту форму [9].

1.3.2.1 Холодне помутніння

Причиною появи каламуті в свіжому пиві при його охолодженні є взаємозв'язок низькомолекулярних фенольних сполук з кислими білками пива [9].

Крім того, при низьких температурах йдуть процеси дегідратації колоїдних частинок і утворення колоїдів з різними зарядами. Найбільше це стосується поліпептидів і полісахаридів, які в подальшому адсорбуються на поліфеноли. При підвищенні температури спостерігається руйнування комплексів, які

утворилися, так як поліфеноли і поліпептиди пов'язані між собою нестійкими водневими зв'язками [9].

Колоїдний склад пива змінюється в ньому при збільшенні концентрації етанолу, при цьому відбувається зміна співвідношення між колоїдними частинками різної хімічної природи: збільшується частка поліфенольної і полісахаридної фракцій, в той час як кількість поліпептидів в осадах зменшується [9].

1.3.2.2 Необоротне помутніння

Стійке (необоротне) помутніння не зникає при температурі 20 °С, воно виникає в процесі зберігання пива. В цьому випадку має місце утворення як множинних водневих зв'язків між високомолекулярними сполуками, так і міцних ковалентних зв'язків. Розмір частинок необоротної каламуті вище, ніж у оборотної, і коливається від 1 до 10-20 мкм [7].

Процес появи стійкої каламуті прискорюється при збовтуванні пива і його зберіганні при високих температурах: вище 12°С – для непастеризованого пива і вище 20 °С – для пастеризованого. Велика частина необоротних помутнінь розчиняється при нагріванні пива до температури від 40 до 70°С [7].

Цей тип помутніння пов'язаний з полімеризацією флавоноїдів шляхом окисної конденсації, тобто з утворенням високомолекулярних фенольних сполук – таноїдів, які зв'язуються з білками не тільки за допомогою водневих зв'язків, а й за допомогою гідрофобних та іонних зв'язків, що не руйнуються при нагріванні.

Вміст сполук, що входять в необоротне помутніння, становить від 6,6 до 14,6 мг/дм³. Хімічний склад осаду може значно відрізнятись в різних зразках пива. Ці коливання залежать від якісних характеристик сировини і технології виробництва пива [9; 16].

1.3.3 Шляхи підвищення колоїдної стійкості пива

Можна виділити наступні напрямки в підвищенні колоїдної стабільності пива [9]:

- застосування сировини з низьким вмістом сполук, відповідальних за колоїдне помутніння;
- використання технологічних режимів в процесі отримання суслу і пива, спрямованих на зменшення вмісту в продукті білків, полісахаридів, поліфенолів, оксалатів, кисню;

- застосування протеолітичних і амілолітичних ферментів, які здійснюють гідроліз білків і полісахаридів до з'єднань з меншою молекулярною масою;
- інтенсифікація процесу бродіння і своєчасне видалення дріжджів;
- доброджування пива при низьких температурах;
- фільтрування пива з використанням марок кізельгуру з різною проникністю;
- застосування адсорбентів, що видаляють з пива нестійкі високомолекулярні сполуки білкової і фенольної природи, а також їх комплекси;
- оптимізація режиму фільтрування, спрямована на наукове обґрунтування співвідношення між окремими фракціями кізельгуру і адсорбентів при наміванні;
- зниження вмісту кисню в пиві.

1.4 Основи сенсорної оцінки пива

І великі, і малі пивоварні повинні постійно оцінювати своє пиво на сталість якості, відсутність вад, відповідність ніші ринку. Навіть для маленьких пивоварень запровадження систематичних дегустацій може відіграти значну роль у майбутніх продажах. Інші учасники пивної галузі теж повинні вміти відрізнити хороше пиво від поганого, стиль від стилю, стежити за дотриманням певних правил і шукати пиво, яке забезпечить їхнім споживачам найбільше радості. І навіть дегустатори-ентузіасти, що витратять час і зусилля на опанування належної дегустаційної процедури і словника, відкриють для себе безліч нових знань, вражень і задоволення від кожного келиха пива [12].

Відчуття починається з подразнення і завершується сприйняттям. Коли наші органи чуття контактують із зовнішнім світом, сенсорні нерви спрацьовують в особливий спосіб, стимульовані певною кількістю різноманітних хімічних речовин, сигнали проходять крізь кілька етапів обробки у дуже давню та часто-густо напрочуд емоційну частину нашого мозку, і лише потім добираються до свідомості. Починається все з простих кодів, які проходять кілька рівнів обробки і перетворюються на думки, спогади і, зрештою, втілюються в слова [12].

Смак і нюх – науковою мовою смакова і ольфакторна системи – об'єднуються у систему хімічного упізнання, частково їй допомагають тактильні сенсори у роті. Це напрочуд тонко

налаштований механізм, відточений сотнями мільйонів років еволюції, і, безумовно, попередник «вищих» чуттів слуху і зору. Майже кожне створіння на планеті має такий механізм тої чи іншої потужності. Дуже довго науковці з упередженням ставилися до цих життєво необхідних чуттів, вважаючи їх примітивними і не вартими вивчення. Дослідження останніх десятиліть довели, що вони глибоко помилялися [12; 23].

Нюх, смак і тактильні відчуття – основні засоби пізнання пива, але інші органи чуття теж беруть участь у дегустаційному процесі. Якщо ви навчитеся добре ними користуватися, вони розкажуть про цей напій все, що ви хочете знати. І хоча це окремі чуття, наш мозок збирає їх до купи, що зазвичай корисно, але, може, подеколи ускладнює процес розрізнення цих чуттів. Ми всі здебільшого уявляємо, що таке «букет», але насправді це зовсім не відчуття, а враження, що складається з взаємодії всіх трьох задіяних у системі хімічного упізнання чуттів, можливо, за участі інших, ба навіть когнітивного процесу упізнання бренду [12].

Тому ми маємо вчитися за потреби відрізнити одне чуття від іншого і чітко їх описувати. Ми часто називаємо запах солодким, але це просто неможливо, бо солодкість відчувається винятково язиком. Насправді продукти на кшталт карамелі, какао чи ванілі у наших щоденних асоціаціях настільки прив'язані до солодкого смаку, що ми не можемо підібрати інше слово для опису їхнього запаху. Тому частина навчання дегустаторській справі полягає у тому, щоб «розучити» мозок від такого допоміжного зазвичай зв'язування всіх цих речей воедино, а потім навчитися розбирати ці шари [12].

Мета дегустації – дізнатися максимум можливої інформації про дегустаційний зразок. Зазвичай, дегустації влаштовують з конкретною метою, а вона може бути різною. У пивоварнях дегустації з метою контролю якості влаштовують регулярно, щоб не допустити смакових відхилень і побічних смакових домішок, яких не має бути у пиві. Професійні бармени можуть зосереджувати увагу на проблемах спричинених старінням пива і чистотою систем розливу. Незалежно від мети, ми всі використовуємо певні інструменти і здатності нашого мозку і тіла. І завдяки певним технікам, тренуванню і практиці ми можемо видобути дуже багато інформації навіть з маленького дегустаційного келиха. Кілька простих правил і підходів роблять це завдання цілком посильним [12].

Для дегустацій ідеально підходить келих для білого вина, але щорічно мільйони зразків пива оцінюють поданими у звичайних пластикових стаканчиках. Але яким би келихом ви не користувалися, ніколи не наповнюйте його більш ніж на третину, оскільки важливо лишити достатньо місця для накопичення аромату [12].

Переконайтеся, що пиво має відповідну температуру, для лагерів і легких елів це кілька градусів вище за нуль, міцніше пиво подається прохолодної температури, не слід забувати, що пиво швидко гріється під час наливання. Якщо пиво надто холодне, затисніть келих у долонях і обережно погойдуйте, утворюючи невеликий коловорот, тоді пиво швидко нагріється.

Добре, коли дегустація відбувається у тихому, спокійному місці, де ніщо не відволікає від процесу [12].

Налийте пиво. Останню порцію вилийте вертикально в самісінький центр келиха, щоб підняти трохи піни.

Далі піднесіть келих прямо до носа і зробіть кілька коротких вдихів. Що ви відчуваєте? Переберіть весь пивний лексикон і спробуйте розкласти по полицках свої враження: це хлібний, солодовий, з нотами печива, карамелі, паленого цукру, підсмаженої скоринки, палений солодовий профіль, чи можливо, трав'янистий, квітковий, тропічний хмелевий характер, чи пікантні, фруктові або дикі дріжджів? [12].

Після знайомства з ароматом оцініть зовнішній вигляд пива. Який воно має колір і прозорість? Чи привабливі вони? Чи стійка і пишна піна? Але не забувайте, що зовнішні риси пива досить обмежені у варіаціях і можуть бути оманливими [12].

Тепер надпийте. Потримайте пиво у роті і зверніть увагу, як щосекунди змінюються смаки. Кислота буде помітна одразу ж, тоді в гру вступає солодкість, і – заждіть трошки – потроху наростає гіркота. Куштуючи дуже охмелене пиво, кульмінації гіркоти можна чекати хвилину чи навіть більше. Не кваптеся ковтати. Дайте пиву нагрітися і лише тоді неспішно проковтніть рідину, повільно видихаючи через ніс, не розтуляючи вуст. Це буде ретроназальна ольфакція, надзвичайно важлива частина процесу дегустації, що дуже відрізнятиметься від втягування аромату носом з келиха [12].

Не забувайте і про важливість консистенції. Колоїдальна сітка протеїнів у пиві збільшує в'язкість і робить тіло більш щільним, а вуглеводи типу глюканів надають йому оксамитової, кремової текстури. Карбонізація теж є важливою рисою. У міцніших сортах

пива алкоголь може відчуватися язиком як гаряче чи легке поколювання [10].

Після того, як ви проковтнули пиво, ви відчуваєте його смак ще якийсь час разом із тривкою гіркотою і; можливо іншими нотами, такими, як в'яжуче відчуття або зігріваюче тепло алкоголю. Смак пива має початок, середину, кінець і навіть післясмак. Кожен з цих етапів надзвичайно важливий. Справді досконале пиво має прекрасні смак і аромат від початку до повного згасання післясмаку.

Для того, щоб опанувати витончене і чудернацьке мистецтво дегустації, немає обхідних коротких шляхів. Це подорож довжиною у життя, у якій ніколи не досягаєш кінцевого пункту призначення, а лише крок за кроком стаєш більш досвідченим мандрівником. [10; 12].

Відповідно до опрацьованої літератури можна зробити наступні висновки:

1. На смак і аромат пива впливає великий спектр органічних і неорганічних речовин. На збалансування в пиві цих речовин істотно впливає кількісний і якісний склад амінокислот в суслі.

2. Для виготовлення якісного пива важливо контролювати кожен етап виробництва починаючи з прийому сировини і закінчуючи умовами зберігання готового продукту.

3. Під час виробництва зустрічаються дефекти, які пов'язані із сировиною, неправильним веденням технологічного процесу, що в подальшому призводить до порушень біологічних та фізико-хімічних властивостей пива.

4. Проблема підвищення стійкості пива набуває першорядного значення у зв'язку зі зростанням вимог до конкурентоздатності пива, розширенням ринку його збуту та реалізації на великій відстані від місця виробництва.

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

2. Дослідження причин виникнення дефектів у пивоварінні

2.1 Дослідження органолептичних властивостей дослідних зразків пива

Для здійснення органолептичної оцінки пива було обрано 6 зразків пива, отриманих на пивоварних підприємствах України, а саме:

- **Зразок № 1** – Лагер «Світле» з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 11 %;
- **Зразок № 2** – Лагер «Premium» з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 11 %;
- **Зразок № 3** – Британський ель з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 14 %;
- **Зразок № 4** – Milk Stout з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 15,5 %;
- **Зразок № 5** – International Pale Lager з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 12 %;
- **Зразок № 6** – «Lager Czech» з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 11 %.

Дослідні зразки порівнювали з контрольними зразками відповідних типів пива. Для дегустації використовували скляні циліндричні склянки об'ємом 200 см³ та діаметром 60 мм, температура дослідних зразків становила 12-14°C. Порядок дегустації зразків встановлювали за кольором пива та масовій концентрації сухих речовин в початковому суслі (за зростанням).

Дегустаційна оцінка дослідних зразків пива наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Дегустаційна оцінка дослідних зразків пива

Зразок	Назва показника	Дослідний зразок	Контроль
1	2	3	4
Зразок № 1	<i>Зовнішній вигляд</i>	Прозоре, світло-солом'яного кольору зі стійкою мілкозернистою піною білого кольору	Прозоре, світло-солом'яного кольору зі стійкою піною середньої зернистості білого кольору

Сучасна траєкторія розвитку науково-технічного прогресу в Україні та світі

	Аромат	Слабко виражений, солодовий з відтінком варених овочів	Слабко солодовий з легкими зерновими нотами
	Смак	Пустий, ледь відчутна хмелева гіркота, у післясмаці проявляється солодкість. З неприємним «засвіченим» присмаком	Досить нейтральний, солодовий. У післясмаці проявляється незначна солодкість і трав'янисто-хмелева гіркота
	Загальне враження	Неприємний смак без відчутної карбонізації	Легкий, майже позбавлений смаку лагер середньої карбонізації
	Виявлений дефект	«Сонячний» присмак внаслідок утворення етилмеркаптану	
Зразок № 2	Зовнішній вигляд	Прозоре, блідо-жовтого кольору зі щільною піною білого кольору	Прозоре, блідо-жовтого кольору зі щільною піною білого кольору
	Аромат	Нейтральний, ледь солодовий	Легкий солодовий аромат з незначним проявом дріжджового характеру
	Смак	Легкий солодовий смак з нехарактерним гірким присмаком	Децю солодовий з низьким рівнем гіркоти і свіжим післясмаком
	Загальне враження	Не виражений смак та аромат	Легкотілий лагер з нейтральним смаковим профілем і помірною гіркотою
	Виявлений дефект	«Сонячний» присмак внаслідок утворення етилмеркаптану	
Зразок № 3	Зовнішній вигляд	Темно-золотавий колір, піна низька, не стійка білого кольору	Темно-золотого кольору, піна кремового кольору з незначною стійкістю
	Аромат	Сильний хмелевий	Насичений хмелевий з фруктовими нотками

Сучасна траєкторія розвитку науково-технічного прогресу в Україні та світі

	Смак	Пустий, прогірклий смак з сильною нехмелевою гіркотою	Хмелевий, подібний аромату. Відчуття гіркоти середньої інтенсивності
	Загальне враження	Пустий смак з неприємною гіркотою	Насичений хмелевий смак та аромат з м'яким, округлим тілом
	Виявлений дефект	Порожній смак з гірким, терпким післясмаком	
Зразок № 4	Зовнішній вигляд	Темно-брунатний колір з високою, стійкою кремовою піною	Темно-брунатний колір з кремовою піною рудуватого забарвлення
	Аромат	М'який, насичений аромат паленого солоду	М'який аромат паленого зерна з нотами шоколаду
	Смак	Сильно солодовий, гармонійний з нехарактерною кислотою	Профіль паленого солоду з шоколадними нотами, у післясмаці проявляється солодкість і хмелева гіркота
	Загальне враження	Кислий, не збалансований смак	Темний, солодкий повнотілий ель з натяками на паленість
	Виявлений дефект	Незрілий смак з кислим присмаком	
Зразок № 5	Зовнішній вигляд	Світло-золотого кольору з білою щільною піною	Золотавого кольору з білою щільною піною та незначною мутністю
	Аромат	Солодовий з відтінком вареної кукурудзи	Солодовий з прямими хмелевими нотками середньої інтенсивності
	Смак	Зерновий, з незначною гіркотою та відчутним смаком варених овочів	Зерново-солодовий, злегка солодкий з незначною хмелевою гіркотою
	Загальне враження	Легкий, з вираженими овочевими смаком та ароматом	Легкий, свіжий, добре збалансований

			смак з приємною гіркотою
	Виявлений дефект	Диметилсульфід	
Зразок № 6	Зовнішній вигляд	Золотистого кольору з легкою опалесценцією і щільною дрібнозернистою піною	Блідо-жовтого кольору з білою щільною піною
	Аромат	Нейтральний, злегка солодовий	Легкий солодовий з легкими квітковими нотами
	Смак	Солодовий, досить не виражений з масляним присмаком	Солодовий, досить нейтральний зі свіжим післясмаком та незначною хмелевою гіркотою
	Загальне враження	Нейтральний смаковий профіль з масляним присмаком	Світлий, легкотілий лагер з помірною гіркотою та нейтральним смаковим профілем
	Виявлений дефект	Діацетил	

Для перевірки можливості виникнення дефекту «сонячного» присмаку внаслідок утворення етилмеркаптану в пиві, зразки № 1 і № 2 було витримано під дією прямих сонячних променів протягом 60 діб.

Як видно з табл. 2.1, дефекти в пиві можуть зустрічатися незалежно від типу пива. Найчастіше дефекти виникають внаслідок порушення технології виробництва.

Отримані результати свідчать про те, що внаслідок тривалої дії ультрафіолету в фільтрованому пастеризованому пиві може бути утворений етилмеркаптан. Також з'ясовано, що нетривале зберігання непастеризованого пива провокує його скисання, а якщо напій був приготований з порушенням технології, то при зберіганні утворюються дефекти, які роблять неможливим вживання такого пива.

Для більш детальної оцінки смакових властивостей аналізованих зразків пива було створено смакові профілі пива, які наведено на рис. 2.1-2.6.



Рис. 2.1. Смаковий профіль досліджуваного зразка № 1



Рис. 2.2. Смаковий профіль досліджуваного зразка № 2



Рис. 2.3. Смаковий профіль досліджуваного зразка № 3



Рис. 2.4. Смаковий профіль досліджуваного зразка № 4



Рис. 2.5. Смаковий профіль досліджуваного зразка № 5



Рис. 2.6. Смаковий профіль досліджуваного зразка № 6

Органолептична оцінка дослідних зразків пива в балах наведена в табл. 2.2-2.3. Дослідні зразки № 1, № 2 оцінювали за 25-бальною шкалою для фільтрованого пива, а зразки № 3 – № 6 оцінювали – 22-бальною шкалою для нефільтрованого пива.

Таблиця 2.2

**Органолептична оцінка дослідних зразків пива
(фільтроване)**

Зразок №	Найменування показників якості						Сумарна оцінка в балах
	Прозорість	Колір	Аромат	Смак		Піноутворення	
				Повнота смаку	Хмельова гіркота		
<i>Оцінка в балах</i>							
	1-3	1-3	1-4	2-5	2-5	2-5	9-25
1	3	3	2	2	2	4	16
2	3	3	3	2	2	4	17

За результатами оцінювання, наведеними в табл. 2.2 видно, що зразок пива № 2 отримав вищу дегустаційну оцінку – 17 балів, однак смак пива виявився неприємним, різким та невідповідним стилю.

Незважаючи на те, що в кожному з дослідних зразків були виявлені дефекти, це майже не вплинуло на утворення піни та її стійкість у зразків.

Також з табл. 2.2 видно, що виявлені дефекти незначно впливають на ароматику та зовнішній вигляд напоїв.

Таблиця 2.3

**Органолептична оцінка дослідних зразків пива
(нефільтроване)**

Зразок №	Найменування показників якості					Сумарна оцінка в балах
	Колір	Аромат	Смак		Піноутворення	
			Повнота смаку	Хмельова гіркота		
<i>Оцінка в балах</i>						
	1-3	1-4	2-5	2-5	2-5	8-22
3	2	3	2	2	3	12
4	3	4	3	3	5	18
5	3	2	3	3	4	15
6	2	3	3	3	5	16

З табл. 2.3 видно, що найкращим за всіма показниками є зразок № 4. Виявлений в цьому зразку дефект спровокований порушенням режиму зберігання і незначно впливає на аромат, зовнішній вигляд та піностійкість зразка.

Дефекти в зразках № 5 і № 6 пов'язані з порушенням технологічного режиму виробництва. Ці дефекти, а саме наявність ДМС та діацетилу впливають на смак та аромат зразків, однак

майже не впливають на піностійкість. Також в даних зразках наявний незначний осад.

Інтенсивність аромату дослідних зразків пива оцінювали із застосування профільного методу. Результати оцінювання наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Результати оцінювання рівня інтенсивності аромату пива

Характерні ознаки аромату	Оцінка в балах по зразкам пива					
	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5	Зразок № 6
Хмельовий	2	1	4	3	2	2
Солодовий	2	2	3	4	2	3
Свіжий	2	2	2	3	1	3
Насичений	1	2	4	4	2	3
Фруктовий	1	1	1	2	1	1

Відповідно до результатів, отриманих в табл. 2.4 побудуємо профіль аромату досліджуваних зразків пива, представлених на рис. 2.7-2.12.



Рис. 2.7. Профілі аромату досліджуваного зразка № 1



Рис. 2.8. Профілі аромату досліджуваного зразка № 2



Рис. 2.9. Профілі аромату досліджуваного зразка № 3



Рис. 2.10. Профілі аромату досліджуваного зразка № 4



Рис. 2.11. Профілі аромату досліджуваного зразка № 5

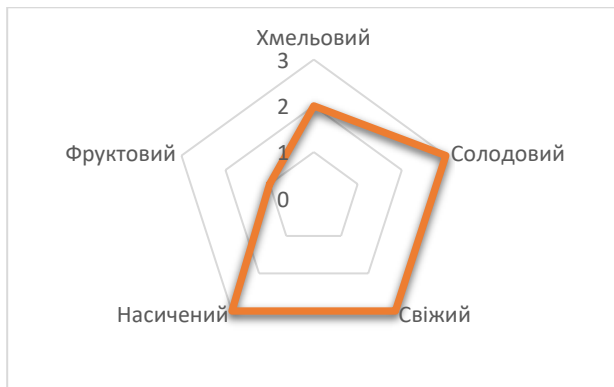


Рис. 2.12. Профілі аромату досліджуваного зразка № 6

2.2. Дослідження якості пива в процесі його зберігання

Для дослідження якості пива в процесі його зберігання було досліджено зразки пива №1 (світле пастеризоване з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі 11 %) та № 6 (світле непастеризоване з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі 11 %).

Дослідні зразки пива зберігали у склянках з широким горлом в темному місці за температури 20-22°C при постійному контакті з атмосферним повітрям. Після кожної доби зберігання аналізували фізико-хімічні показники зразків.

В табл. 2.5 наведено зміну фізико-хімічних показників дослідних зразків пива в залежності від терміну його зберігання.

Як видно з даних табл. 2.5, рН зразку №6 знизився після 3 діб зберігання, показник титрованої кислотності на 3 добу зберігання перевищив гранично-допустимі ДСТУ [3] значення – 2,8 од. і склав 2,9 од. На 5 добу зберігання спостерігалось швидке помутніння пива. Це свідчить про процес розвитку дріжджів, які не було видалено повністю під час виробництва.

В зразку №1 показник рН знизився на 7 добу зберігання, титрована кислотність перевищила гранично-допустиме ДСТУ [3] значення – 2,8 од. і склала 4,8 од. на 8 добу зберігання. На сьому добу зберігання також спостерігалася поява каламуті, яку можна пояснити біологічним псуванням пива.

Таблиця 2.5

Фізико-хімічні показники якості пива під час зберігання

Показник	Доба зберігання								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Зразок №6									
рН	4,4	4,4	4,4	4,4	4,0	4,0	3,9	3,9	3,7
Титрована кислотність, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	2,2	2,2	2,2	2,9	3,4	3,4	3,8	4,4	5,0
Мутність, од. ЕВС	0,69	0,73	0,75	0,81	1,2	4,09	4,47	4,78	5,23
Колір, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Амінний азот, мг/100 см ³	13,5	13,5	13,5	13,5	13,4	13,4	13,4	13,3	13,3
Зразок №1									
рН	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,0
Титрована кислотність, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину NaOH на 100 см ³ пива	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	2,3	4,8
Мутність, од. ЕВС	0,31	0,37	0,39	0,42	0,45	0,5	0,62	0,76	0,89
Колір, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Амінний азот, мг/100 см ³	13,4	13,4	13,4	13,4	13,3	13,3	13,3	13,3	13,2

Інші показники якості зразків №1 та №6 не змінювалися. Це можна пояснити тим, що ці показники характеризують колоїдну стійкість пива, а в умовах експерименту біологічне псування наступало раніше.

Для оптимізації досліджень причин виникнення дефектів у пивоварінні було складено математичну модель, на яку діють вхідні та вихідні параметри.

В якості змінної стану було вибрано мутність пива.

На мутність пива впливають наступні показники:

- титрована кислотність;
- тривалість зберігання;
- кількість дріжджів.

Отримана математична модель має вигляд:

$$C_{\text{мут.}} = 1,082 - 0,11 \cdot C_{\text{титр.кисл.}} - 0,046 \cdot C_{\text{трив.збер.}} - 0,007 \cdot C_{\text{к-ть др.}} + 0,0077 C_{\text{титр.кисл.}} \cdot C_{\text{трив.збер.}}$$

Щоб отримати точні значення вхідних параметрів, дотримуючись яких, можна досягти мінімальної мутності готового пива в процесі зберігання, було проведено ще ряд дослідів і змінено діапазон варіювання факторів. Отримані результати опрацьовували за допомогою програми «Statistica» (рис. 2.13-2.18).

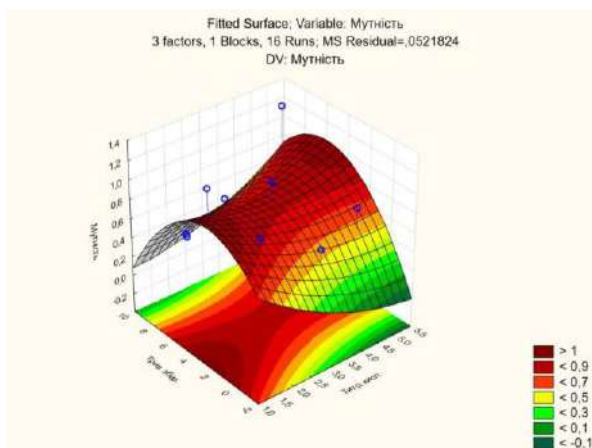


Рис. 2.13

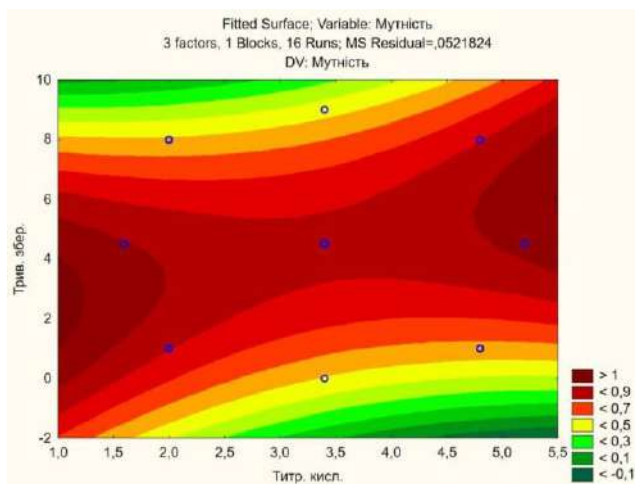


Рис. 2.14

Поверхня відгуку та лінії рівня поверхні відгуку математичної моделі залежності мутності від тривалості зберігання і титрованої кислотності при фіксованій кількості дріжджів, що рівна 20 млн. др. кл. в см³ сула

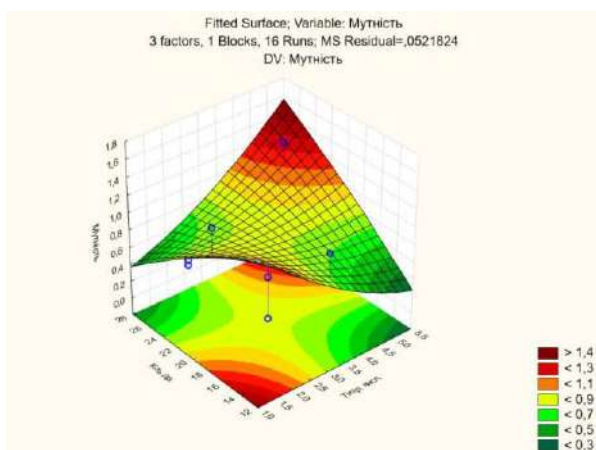


Рис. 2.15

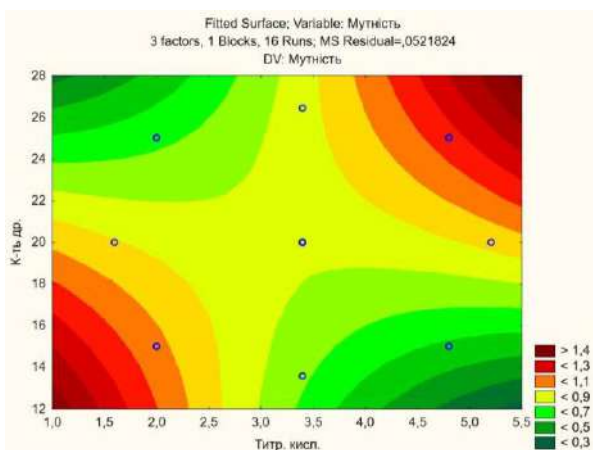


Рис. 2.16

Поверхня відгуку та лінії рівня поверхні відгуку математичної моделі залежності мутності від кількості дріжджів і титрованої кислотності при фіксованій тривалості зберігання, що рівна 4,5 діб

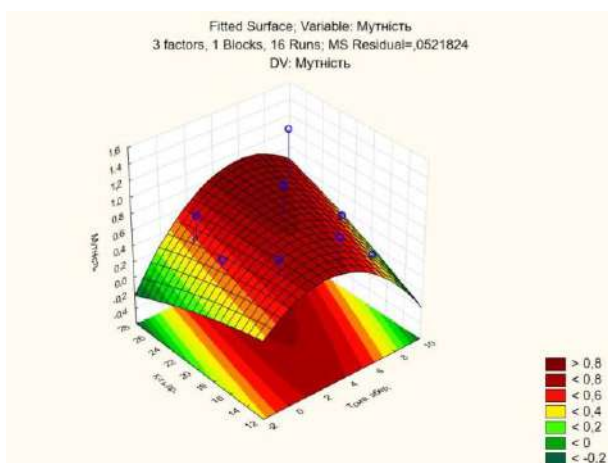


Рис. 2.17

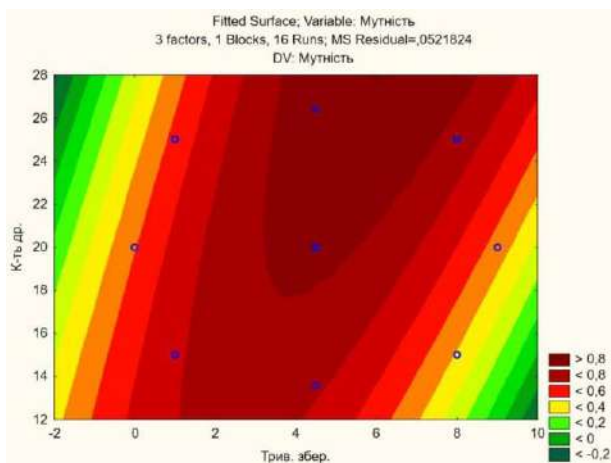


Рис. 2.18

Поверхня відгуку та лінії рівня поверхні відгуку математичної моделі залежності мутності від кількості дріжджів і тривалості зберігання при фіксованій титрованій кислотності, що рівна $3,4 \text{ см}^3$ $0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчину NaOH на 100 см^3 пива

Відповідно до проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Дефекти в пиві можуть зустрічатися незалежно від типу пива. Найчастіше дефекти виникають внаслідок порушення технології виробництва. Ці дефекти впливають на смак та аромат пива, однак майже не впливають на піноутворення та стійкість піни.

2. Встановлено, що внаслідок тривалої дії ультрафіолетового випромінювання в фільтрованому пастеризованому пиві може бути утворений етилмеркаптан.

3. При зберіганні непастеризованого пива рН знижується вже після 3 діб зберігання, показник титрованої кислотності на 3 добу зберігання перевищує гранично-допустимі ДСТУ значення – 2,8 од. і складає 2,9 од. На 5 добу зберігання спостерігається швидке помутніння пива. Це свідчить про процес розвитку дріжджів, які не було видалено повністю під час виробництва.

4. При зберіганні пастеризованого пива показник рН знижується на 7 добу зберігання, титрована кислотність перевищує гранично-допустиме ДСТУ значення – 2,8 од. і складає 4,8 од. на 8 добу зберігання. На цьому добу зберігання також спостерігається поява каламуті, яку можна пояснити біологічним псуванням пива.

Висновки

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень було розглянуто причини виникнення дефектів у пивоварінні, що дозволяє зробити наступні висновки:

1. На смак і аромат пива впливає великий спектр органічних і неорганічних речовин. На збалансування в пиві цих речовин істотно впливає кількісний і якісний склад амінокислот в суслі.

2. Для виготовлення якісного пива важливо контролювати кожен етап виробництва починаючи з прийому сировини і закінчуючи умовами зберігання готового продукту.

3. Під час виробництва зустрічаються дефекти, які пов'язані із сировиною, неправильним веденням технологічного процесу, що в подальшому призводить до порушень біологічних та фізико-хімічних властивостей пива.

4. Проблема підвищення стійкості пива набуває першорядного значення у зв'язку зі зростанням вимог до конкурентоздатності пива, розширенням ринку його збуту та реалізації на великій відстані від місця виробництва.

5. Сучасні напрями розвитку технології пива вимагають підвищення якості готового продукту та збільшення стійкості. За таких умов необхідно мати чітке уявлення про механізми утворення дефектів у пивоварінні та способи їх усунення. Процеси помутніння та пов'язані з цим зміни аромату і смаку пива спричиняють дві групи факторів – біологічні, що обумовлені розвитком у готовому пиві мікроорганізмів і визначають біологічну стійкість, та фізико-хімічні перетворення колоїдних речовин пива, які обумовлюють його колоїдну стійкість.

6. Для виявлення дефектів у пивоварінні найпростіше використовувати сенсорну оцінку, що дозволяє оцінити порушення смаку та аромату.

7. Встановлено, що внаслідок тривалої дії ультрафіолетового випромінювання в фільтрованому пастеризованому пиві може бути утворений етилмеркаптан.

8. Найчастіше в пиві зустрічаються дефекти, які пов'язані з порушенням технології виробництва. Ці дефекти впливають на смак та аромат пива, однак майже не впливають на піноутворення та стійкість піни.

9. При зберіганні непастеризованого пива рН знижується вже після 3 днів зберігання, показник титрованої кислотності на 3 добу зберігання перевищує гранично-допустимі ДСТУ значення – 2,8 од. і складає 2,9 од. На 5 добу зберігання спостерігається швидке помутніння пива. Це свідчить про процес розвитку дріжджів, які не було видалено повністю під час виробництва.

10. При зберіганні пастеризованого пива показник рН знижується на 7 добу зберігання, титрована кислотність перевищує гранично-допустиме ДСТУ значення – 2,8 од. і складає 4,8 од. на 8 добу зберігання. На сьому добу зберігання також спостерігається поява каламуті, яку можна пояснити біологічним псуванням пива.

Література:

1. Влияние белка в солоде на качество пива / Б.Г. Цугкиев, А.В. Кожухова, Р.А. Геворкянц, И.В. Киселев. Пиво и напитки. 2007. № 2. С. 22-23.

2. Гернет М.В., Кобелев К.В., Грибкова И.Н. Исследование влияния состава сырья на качество и безопасность готового пива. Часть I. Влияние состава зернового и сахаросодержащего сырья на образование летучих компонентов в пиве. Пиво и напитки. 2015. № 2. С. 32-37.

3. ДСТУ 3888: 2015. Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015-11-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с. (Національний стандарт України).
4. ДСТУ 4282:2004. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2004-1-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с. (Національний стандарт України).
5. Захаренко Д.Г. Формирование качества пива и разработка способов повышения его стойкости в процессе производства: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания», КТИПП. Кемерово: 2009. 20 с.
6. Исследование влияния состава сырья на качество и безопасность готового пива. Часть II. Влияние состава зернового и сахаросодержащего сырья на содержание азотистых веществ и глицерина в пиве / М.В. Гернет, К.В. Кобелев, И.Н. Грибкова, А.В. Данилян. Пиво и напитки. 2015. № 3. С. 34-38.
7. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
8. Меледина Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. Санкт-Петербург: Профессия, 2003. 304 с.
9. Меледина Т.В., Дедегкаев А.Т. Коллоидная стойкость пива: учеб. пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 90 с.
10. Меледина Т.В., Дедегкаев А.Т., Афонин Д.В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация. Санкт-Петербург: ИД «Профессия», 2011. 220 с.
11. Мелетьев А.Є., Олійничук С.Т., Данилова К.О. Дослідження хімічних процесів, що відбуваються під час зберігання готового пива і шляхи підвищення його стійкості. URL: [pr_2017_9_30.pdf](#) (дата звернення 13.10.2021).
12. Мошер Р. Смак пива. Інсайдерський путівник у світі найвидатнішого напою людства. Львів: Видавництво Старого Лева, 2019. 388 с.
13. Нарцис Л. Пивоварение. В 2 т. Т. 1. Технология солодо-рощения. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 584 с.
14. Нарцис Л. Вкус пива и технологические факторы. Brauwelt, Мир пива. 1996. № 2. С. 21-23.
15. Нарцис Л. Краткий курс пивоварения. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 640 с.

16. Покровская Н.В., Каданер Я.Д. Биологическая и коллоидная стойкость пива. Москва: «Пищевая промышленность», 1978. 272 с.

17. Романова З.М., Романов О.С., Косоголова Л.О. Інтенсифікація процесів пивоваріння за участі ферментів. URL: https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/38986/1/2017_2.pdf (дата звернення 15.09.2021).

18. Третьяк Л.Н. Проблемы контроля качества пива. Вестник ОГУ. 2012. №9(145). С. 197-203.

19. Третьяк Л.Н., Лосев Ю.А., Бондаренко Е.Г. Контроль качества пива в условиях ограниченно оборудованных пивоваренных лабораторий. Вестник ОГУ. 2015. Т. 2. № 10. С. 144-149.

20. Факторы, формирующие качество пива при высокоплотном пивоварении / Кураева Т.В. и др. Пиво и напитки. 2008. №5. С. 62-64.

21. Annemüller G. Gärung und Reifung des Bieres. Berlin: VLB-Fachbücher, 2013. 872 S.

22. Bamforth C. Beer. Tap into the art and science brewing. 2 ed. Oxford: University press. 2003. P. 246.

23. Bamforth C. W. Beer. A quality perspective. Cambridge: Elsevier. 2007. P. 287.

24. Blanco C., Andres-Iglesias C., Montero O. Low-alcohol Beers: Flavor Compounds, Defects, and Improvement Strategies. URL: https://www.researchgate.net/publication/264798799_Low-alcohol_Beers_Flavor_Compounds_Defects_and_Improvement_Strategies

25. Boulton C., Box W. Formation and disappearance of diacetyl during lager fermentation. 2 ed. Oxford: Blackwell Science. 2003. P. 183-195.

26. Jackson M. Great beer guide. New York: DK Publishing, 2008. 347 p.

27. Kerbe C., Vriesekoop F. An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. Beverages. 2017. №3(24). P. 2-12.

28. MqQuaid J. Tasty: The art and science of what we eat. New York: Scribner, 2015. 289 p.

29. Optimization of main fermentation oh high-gravity wort / Kosiv R. and other. Chemistry and chemical technology. 2016. Vol. 10. № 3. P. 349-353.