

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: [https://doi.org/10.32782/2708-4949.1\(7\).2023.9](https://doi.org/10.32782/2708-4949.1(7).2023.9)

УДК 663.4.01

Н. А. Нагурна, І. І. Осипенкова, О. Л. Чепурна, Ю. М. Куриленко

Черкаський державний технологічний університет

ФОРМУВАННЯ СМАКУ ПИВА

Існує така думка, що у пиві можна знайти від тисячі до двох тисяч різних ароматичних сполук. І хоча ніхто навіть сподіватися не може на здатність їх усі розрізнити, опанувати словник пивних смаків і ароматів – дуже важливе завдання для дегустатора. Цю проблему допомагає вирішувати «Пивна ароматична спіраль». Ця схема впорядковує пивні пахоці від ширших категорій до конкретних ароматів. Дегустаторам краще рухатися від загальних до більш детальних груп, коли вони намагаються визначити і вкласифікувати певні ароматичні відтінки у слова. Дегустуючи пиво, дегустатори можуть визначити не тільки найменші відхилення у смаку, але й їхні причини – характеристики солоду, хмелю, води, температурні режими виготовлення пива, умови фільтрації та інші. Безпосередні джерела запаху пива – ефірні олії з хмелю, побічні продукти бродіння, які можуть утворюватися під час різноманітних порушень технологічного процесу та використання неякісних дріжджових штамів. В даній статті розглянуто вплив органічних сполук, які утворюються під час бродіння пива на смак та аромат готового продукту. Зокрема, вищі спирти 3-метилбутанол, 2-фенілетанол, гліцерин. В залежності від концентрації цих домішок в пиві аромат може коливатись від фруктового приємного до важкого і різкого, органічного подібного до лаку для нігтів. Біологічно активні речовини такі як амінокислоти, вітаміни, мінеральні речовини, переходять в напій із сировини і дріжджів у процесі їх життєдіяльності і впливають на смакові характеристики пива. Мінеральні сполуки надходять у напій із солоду, інших вихідних матеріалів і з водою. У біологічно значущих кількостях у пиві наявні іони калію, натрію, кальцію, магнію, фосфору, сірки і хлору. Важливе значення в формуванні смаку пива мають гіркі речовини, які надходять у пиво з хмелю і надають специфічного гіркуватого присмаку. Розглянуто вплив вуглеводів, які становлять харчову цінність пива. Вони формують повноту смаку, консистенцію напою, утворюють сорбційні комплекси з ароматичними речовинами, що запобігають негативним змінам під час зберігання пива. Будь-яке пиво повинне мати смак і запах чистий, завершений, повний і свіжий. Сторонні присмаки, неприємна гіркота, висока кислотність і недостатнє насичення вуглекислим газом порушують смак пива. Завершений смак має пиво, в якому окремі смакові компоненти перебувають у певному співвідношенні і жоден з них помітно не виділяється.

Ключові слова: смак, пиво, аромат, вищі спирти, гліцерин, діацетил, карбонові кислоти, етери, естери, сірчані сполуки, фенольні сполуки.

Постановка проблеми. Протягом останніх років в індустрії світового пивоваріння успішно користуються розробленою Європейською Пивоварною Конвенцією (ЕВК) за сприяння (ASBC) системою термінів і стандартним описом найважливіших смаків ароматів пива, прийнятих і зрозумілих на міжнародному рівні: Ця термінологічна система включає 144 відтінки смаку й аромату пива, зведені в 44 групи, які утворюють 14 основних класів [4; 8; 9]. Залежно від кількості й порогу відчуття всі компоненти пива поділяють на чотири групи [3; 4; 5; 6; 8; 9]. Перша група – це основні смакові складові, речовини, концентрація яких більше ніж у два рази перевищує поріг відчуття. У стандартному пиві містяться етанол, діоксид вуглецю, гіркі хмільові речовини [3].

Друга група – вторинні смакові складові, сполуки, що мають концентрацію, яка в 1–2 рази перевищує поріг відчуття (ізоаміловий спирт, ізоамілацетат, етилкаприлат, етил ацетат) [3; 9].

Третя група – фонові смакові речовини. До неї входять речовини, концентрація яких у пиві має менше значення порогу відчуття у 2–10 разів, зокрема це фенілацетат, ацетоїн [3; 5; 9].

До четвертої групи належать компоненти, наявні в концентраціях, що більш ніж у 10 разів менше порогової. Вона включає в себе кілька сотень різних речовин, які утворюють фоновий смак пива. Усі ці компоненти взаємодіють між собою, і перевищення концентрації одного з них призводить до дефектів готового продукту [3; 4; 5; 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пиво – сільськогосподарський продукт, але переважно більшість його складників, зокрема солод і хміль, продають і купують як продукти широкого вжитку. Це дуже відрізняється від світу вина, де виноград з кущів, які ростуть на відстані метра, може бути цілком відмінним завдяки мікроклімату, ґрунту, кількості сонячного світла та з інших причин. У процесі виноробства головним творцем є природа. А у пивоварстві завжди помітний людський вплив, хоча теруар теж має деяку вагу [9]. У келиху пива теруар простежується не так помітно, як у келиху вина. Потрібно знати, на що звертати увагу. Зокрема – локальний солод [2; 3; 7]. Деякі класичні англійські солоди дуже важко вирощувати, але смакові якості звичайного поширеного солоду з

ними не зрівняються. Найбільш яскравий приклад – «Маріс Оттер», який цінують за багатий, дещо горіховий смак [2]. Ще приклади – «Алькіон» і «Голден Проміс». У Чехії це сорт – «Хана», з якого виробляють не повністю модифікований солод для класичних пilsнерів [2; 3; 9]. Колись поширений на північному заході Америки сорт «Клогес» тепер майже повністю замінив «Гаррінгтон», сорт з кращими показниками, як-от врожайність і стійкість до хвороб.

Чистий, нейтральний профіль жатецького хмелю виявляється тільки тоді, коли він виріс на брунатних ґрунтах Блишанської (Гольдбахської) долини, традиційного хмелярського регіону Чехії, так само це стосується інших локальних шляхетних хмелів. На тонкий і вишуканий профіль хмелю впливатимуть безліч факторів, таких, як клімат і місцевий ґрунт. Зрештою на вино впливають ті самі фактори.

Наразі пивовар має здатність впливати на хімічний склад води, але подеколи певні місцеві особливості даються в знаки. Одна з найвідоміших вод для пивоваріння – багата на мінерали вода з Бертона-на-Гренті в Англії, яка є джерелом сухості і певного гіпсового аромату багатьох бертонських сортів пива. Упізнаваний, мінеральний смак рідкісного й нині сорту Дортмундське експортне залежить від місцевої води з сумішшю сульфатів, карбонатів і солі.

У виробництві ламбиків з диким бродінням, пивовари певною мірою покладаються на локальну мікрофлору, яка заражає пиво і починає процес ферментації. Через те, що зникли старі вишневі сади, які росли на південь від Брюселя, процес дещо змінився. Тепер основним джерелом диких мікроорганізмів є бочки, але пивовари і досі лишають сусло на ніч охолоджуватися в безпосередньому контакті з повітрям [5; 6]. В інших куточках світу пивовари робили спроби – щоправда, не завжди успішні – створити власні сорти пива з диким бродінням [5].

Метою дослідження є наукове обґрунтування формування смаку пива, завдяки органічним сполукам, які утворюються під час бродіння пива.

Виклад основного матеріалу. В таблиці 1 приведені речовини, які впливають на аромат і букет пива, формують його [4; 5; 9].

Вищі спирти [3; 4; 9], які іноді називають «сивушними» спиртами. До них відносять спирти, які містять більше 2 атомів вуглецю і можуть бути спиртами з розгалуженим ланцюгом. Прикладом такого спирту є 3-метилбутанол. Ці спирти утворюються в результаті відновлення альдегідів під час розкладу амінокислот і «вторинних метаболітів». Деякі штами дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, «баварські пшеничні», відомі як хефевайцени, виробляють вищі спирти й інші про-

Таблиця 1 – Речовини, які формують аромат і букет пива

| № п/п | Назва речовини | Концентрація в пиві, мг/дм ³ | Порогова концентрація, мг/дм ³ | Характеристика аромату |
|-------|-----------------------------|---|---|--|
| 1. | Етилацетат | 22,5-63,5 | 7,5 | Лак для нігтів, фруктовий |
| 2. | Ізоамілацетат | 0,1-3,4 | 0,03 | Банановий, грушевий |
| 3. | 2-Фенілетил-ацетат | 0-18,5 | 0,25 | Квітковий, трояндовий, фруктовий |
| 4. | Ізобутил-ацетат | 0,01-1,6 | 1,6 | Банановий, фруктовий |
| 5. | Гексил-ацетат | 0-4,8 | 0,7 | Солодкий аромат парфуму |
| 6. | Етил-бутират | 0,01-1,8 | 0,02 | Квітковий, фруктовий |
| 7. | Етил-гексанат | 0,03-3,4 | 0,05 | Зеленого яблука |
| 8. | Етил-октанат | 0,05-3,8 | 0,02 | Солодкого мила |
| 9. | Етил-деканат | 0-2,1 | 0,2 | Квітковий, мильний |
| 10. | Пропанол | 9,0-68,0 | 500 | Гострий, важкий |
| 11. | Бутанол | 0,5-8,5 | 150 | Сивушний, спиртовий |
| 12. | Ізобутанол | 9,0-174,0 | 40,0 | Сивушний, спиртовий |
| 13. | Ізоамілом | 6,0-490,0 | 30,0 | Важкий, лак для нігтів |
| 14. | Гексанол | 0,3-12,0 | 4,0 | Зеленої трави |
| 15. | 2-Фенілетилалкоголь | 4,0-197,0 | 10,0 | Квітковий, трояндовий |
| 16. | Оцтова кислота | 100-1150 | 280 | Оцтовий |
| 17. | Оцтовий альдегід | 10-75,0 | 100 | Запах шерсті, горіховий, запах хересу, яблук |
| 18. | Діацетил | 5,0-40,0 | 2,8 | Маслянистий |
| 19. | Гліцерин | 5,0-14,0 | 5,0 | Без запаху, слабо солодкий |
| 20. | Ліналуол | 0,0017-0,01 | 0,025 | Трояндовий |
| 21. | Цераніол | 0,001-0,044 | 30 | Трояндовий, квітковий |
| 22. | Цитронелол | 0,015-0,042 | 100 | Цитрусовий |
| 23. | 2-Ацетил-1-пірролайн (АСРУ) | Сліди | 0,0001 | Мишачий |
| 24. | 2-Ацетилтетрагідропіридин | 0,0048-0,1 | 0,0016 | Мишачий |
| 25. | 4-Етилфенол | 0,012-6,5 | 0,14 | Медичний |
| 26. | 4-Етил-гваякол | 0,001-0,44 | 0,11 | Фенольний, солодкуватий |
| 27. | 4-Вінілфенол | 0,04-0,45 | 0,02 | Медичний |
| 28. | 4-Вініл-гваякол | 0,0014-0,71 | 10 | Гвоздичний, фенольний |

міжні продукти при досить високих температурах. Вони здатні прекрасно витримувати температуру аж до 320°C, яка для інших штамів дріжджів є надто високою. В залежності від концентрації цих домішок в пиві аромат може коливатись від фруктового приємного до важкого і різкого, органічного подібного до лаку для нігтів.

У пиві звичайної міцності близько 6,0% об. етиловий спирт (етанол) не відчутний. А от 2-фенілетанол, що входить до складу вищих спиртів (сивушних масел) має аромат троянди в концентрації 45–50 часток на мільйон. 1-Пропанол (н-пропанол, пропіловий спирт) має різкий, несвіжий запах. Ізобутанол (ізобутиловий спирт) має винний, ефірний і запах молодого віскі в концентрації 80–100 часток на мільйон. Ізоаміловий спирт має характерний сивушний, ефірний, фруктовий, банановий в залежності від концентрації в пиві 50–60 часток на мільйон.

Гліцерин (Пропантріол) – багатоатомний спирт, який утворюється дріжджами в процесі бродіння [3; 7; 9]. Він немає запаху і смаку, в концентрації вище 15,0 г/дм³ може надавати слабкий солодкий смак, але найбільший ефект гліцерин надає готовому пиву, він підвищує його щільність.

Гліцерин виробляється дріжджами в результаті осмотичного стресу, реакцією на середовище з високою концентрацією вуглеводів. Гліцерин також використовують як живлення різні мікроорганізми під час бродіння і доброджування пива.

Діацетил (2, 3 – бутадіон) – це речовина з маслянистим ароматом, належить до групи, що містить споріднену речовину 2,3–пентан діон, і разом вони зветься віцінальні дікетони, чи ВДК [3; 4; 6; 9].

В елях, що зазвичай бродять при температурі вище 13°C, відбувається активна діяльність дріжджів, які виробляють фруктові естери, пряні феноли, вищі спирти і інші речовини. Навіть за умови низьких температур дріжджі продукують діацетил. Цей всім відомий маслянистий запах дає речовина, що є одним із кроків складного ланцюга синтезу білків. У теплому середовищі дріжджі поглинають діацетил і перетворюють його на речовину без запаху. Цей технологічний прийом у процесі виробництва пива – кількадечне підвищення температури під час доброджування – називається «діацетилова пауза». У виробництві лагерів цей прийом досить розповсюджений, і подеколи використовується навіть для елів.

Діацетил в концентрації більше 40,0 мг/дм³ є небажаною домішкою пива, хоча у дуже малих кількостях може бути приємним у британських елях.

Синтез карбонових кислот відбувається в процесі метаболізму різних штамів *Saccharomyces* [3; 4; 5; 6; 9]. Виробляється оцтова кислота в концентрації 100–1150 мг/дм³ в якості побічного продукту ферментації. Утворюються й інші карбонові кислоти в результаті дикого бродіння *Lactobacillus* і *Pediosoccus*. Ці бактерії відповідають за окислення ламбіків і берлінер вайсе (або берлінське біле). Ідентифіковані капрінова, бутанова й бурштинова кислоти в невеликих

концентраціях. Вони належать до великої родини органічних кислот з тваринними ароматами, здебільшого неприємними. В концентрації меншій за допустиму, може додавати землісті аромати. Зокрема досліджували бурштинову кислоту та її солі, вони додають пиву гіркий, солоний і гострий смаки. Аромат характеризували як «деревний», «запах шкіри» та «важкий». Це не дуже приємний аромат, якщо вивчати його окремо. Але в поєднанні з іншими кислотами та естерами додається глибина аромату, смак нагадує смак «умамі».

Естери і етери формуються під час синтезу жирних кислот і виділяються дріжджовими клітинами [3; 4; 5; 6; 9]. Найчастіше трапляється цей процес в пиві з вмістом спирту вище ніж 10%, спричинений пригніченням дріжджів. Дуже високий вміст естерів може бути ознакою бактеріального зараження (особливо оцтовокислими бактеріями) і нерідко може міститися у витриманих у дерев'яних бочках сортах пива, наприклад у фламандських червоних.

Найбільш поширеними естерами, які виробляють дріжджі, є етилацетат, ізоамілацетат, ізобутилацетат, етилкапроат і 2-феніл етилацетат. Якщо кількість не перевищує прийнятну, то ці естери є бажаними елементами аромату в баварських вайценах і деяких бельгійських елях.

Сірчані сполуки можна виділити в окремий клас [3; 9]. Концентрація цих сполук невисока і деякі знаходяться на рівні нижче порогу сприйняття. Проте вони можуть суттєво впливати на органолептику пива.

Природа цих сполук різна. Так сульфат, який є досить розповсюдженим компонентом в пивоварінні потрапляє в пиво з навколишнього середовища, зокрема у вигляді гіпсу CaSO₄, який додають в сусло деяких сортів пива. Диметилсульфід (ДМС) утворюється під час кипіння при температурі вище за 60°C з метилметіоніна, що міститься у солоді і зазвичай є ознакою проблем під час варіння. Диметилсульфід (ДМС) має аромат вареної кукурудзи, високі концентрації ДМС в пиві свідчать про зараження пива. Сірководень є метаболічним продуктом життєдіяльності дріжджів, особливо лагерних штамів. Пригнічені чи мутовані дріжджі можуть виробляти цю речовину, інколи – якщо бракує міді. Великі кількості сірководню можуть свідчити про бактеріальну інфекцію, особливо бактеріями *Zygomonas*. Речовина надзвичайно летка, тому її можна відчувати у пиві з першим ковтком, згодом зникає.

Діоксид сірки (сульфіт) також є метаболічним продуктом життєдіяльності дріжджів; зазвичай ознака надто молодого «зеленого» пива; є ознакою певних штамів лагерних дріжджів. Пригнічені чи мутовані дріжджі можуть виробляти цю речовину, подеколи через нестачу поживних речовин. Діоксид сірки має аромат палених сірників, різкий запах паленої сірки, допустима присутність у лагерах через високу леткість.

Тіоли (Меркаптани). Метил меркаптан (Метантіол) CH₃SH – газ, а починаючи з етил меркаптану (Етантіол) C₂H₅SH, всі вони – рідини. Тіоли мають огидний запах: гнилий, смітниковий, запах стічної труби. Ці

речовини утворюються в результаті розпаду дріжджів, поширені в лагерах, оскільки вони довго дозрівають разом із дріжджами; а також може бути ознакою бактеріального зараження.

Яскравими сірковмісними речовинами є також 4-меркапто-4-метилпентан-2-он (4ММР), 3-меркаптогексан-1-ол (3МН) і 3-меркаптогексилацетат (3МНА). 4ММР – має запах кошачої сечі; 3МН – має запах маракуї; 3МНА – має запах ягід. Наразі ще невідомо, який клас ферментів каталізує утворення цих речовин, хоча деякі дослідники вважають, що це група вуглецево-сірчаних ліаз. Запобігання утворенню несприятливих сполук тіолів досягають шляхом відбору штамів дріжджів. Відомо, що штам *Saccharomyces bayanus* виробляє значно більше 4ММР, і це, ймовірно, причина того, що цей штам не використовують у виробництві пива.

Перелік сірчаних сполук, які ідентифіковані в пиві і їх органолептичні характеристики приведені в таблиці 2.

Біологічно активні речовини (БАР) представлені амінокислотами, вітамінами, мінеральними речовинами [3; 4; 9]. Азотисті речовини пива переходять в напій із сировини і дріжджів у процесі їх життєдіяльності. Зазвичай їх вміст не перевищує 8–10% від загального екстракту. Складаються вони в основному з продуктів розпаду білків (альбумоз, пептонів, поліпептидів, амінокислот і пуринових основ); містять азот і деякі ферменти, вітаміни групи В. Більша частина азотистих сполук пива (40–50% від загальних азотистих речовин) представлена середньо молекулярними сполуками, які стабілізують піну пива, 20–30% – високомолекулярними азотистими речовинами, близько 10–30% складають низькомолекулярні сполуки, головним чином амінокислоти.

Мінеральні сполуки надходять у напій із солоду, інших вихідних матеріалів і з водою. У біологічно значущих кількостях у пиві наявні іони калію, натрію, кальцію, магнію, фосфору, сірки і хлору. Цей напій від-

різняється від інших алкогольних напоїв, зокрема від вина, високим вмістом калію (160–450 мг/дм³). Пиво, яке вживається в кількості 1 л на день, здатне приблизно 30% забезпечити добову потребу в цьому елементі. При цьому в пиві відносно мало натрію (близько 120 мг/дм³). Воно багате кальцієм (близько 80 мг/дм³), магнієм (близько 80 мг/дм³), фосфором (близько 140 мг/дм³), а вміст заліза, міді, цинку та інших металів не перевищує 1 мг/дм³.

В 1 л напою, отриманого з суслу 10%-ної концентрації, міститься вітаміну В1 (тіаміну) 20–50 мкг, В2 (рибофлавіну) 340–560 мкг, нікотинової кислоти 5800–9000 мкг, фолієвої – близько 110 мкг. Споживання пива в кількості 1 л на день, забезпечити 40–60% добової потреби в цих вітамінах. Багато тіаміну міститься в солоді й суслі, але він прискорює деградацію фенольних сполук напою і спричиняє випадіння в осад. У пиві міститься 1–2 мкг рибофлавіну на 1 г ячменю, а при пророщуванні його вміст подвоюється, і ця кількість зберігається в готовому продукті. Вміст аскорбінової кислоти в пиві становить 20–50 мг/дм³, її додають під час виробництва для запобігання процесам спонтанного окислення інших компонентів. У напої відносно мала кількість вітаміну В6, 0,4–1,7 мг/дм³, пантотенової кислоти 0,4–1,7 мг/дм³ і біотину близько 5 мг/дм³. Необхідно відзначити, що багато вітамінів мають фосфорильовану форму, тому добре засвоюються.

Пиво містить більше 20 амінокислот: пролін, гліцин, аланін, фенілаланін, тирозин та інші. У невеликих кількостях виявлено метіонін – 14,8 мг/дм³, гістидин – 44,1 мг/дм³, валін – 91,5 мг/дм³, лейцин на ізолейцин – 91,9 мг/дм³, лізин – 28,0 мг/дм³, треонін – 91,6 мг/дм³, глутамінову кислоту – 38,9 мг/дм³. Дані отримані авторами про кількість амінокислот в пиві, показують, що їх загальний вміст за умови збільшення густини початкового суслу з 9,0% до 22,0% для світлого пива знаходиться в діапазоні від 58,0 мг/дм³ до 802,62 мг/дм³.

Таблиця 2 – Сірчані сполуки, ідентифіковані в пиві

| № п/п | Назва речовини | Концентрація в пиві; мг/дм ³ | Поріг відчуття аромату; мг/дм ³ | Характеристика аромату |
|-------|--------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Сірководень (гідроген сульфід) | Слід – 80 | 10,0 | Гнилі яйця |
| 2. | Метантиол (метілмеркаптан) | 2-5 | 0,3 | Вареної капусти, цибулі, гниття, гуми |
| 3. | Етантиол (етил меркаптан) | 1,9-18,7 | 1,1 | Цибулі, гуми, природного газу |
| 4. | Диметилсульфід (ДМС) | 4,0-32,0 | 1,0 | Спаржи, зерна, меляси |
| 5. | Диетилсульфід | 4,0-32,0 | 1,0 | Варених овочів, часнику |
| 6. | Диметилдисульфід | 2,0 | 15,0 | Вареної капусти, цибулі |
| 7. | Диетилдисульфід | Слід – 85 | 4,0 | Часнику, обгорілої суми |
| 8. | 3-Метилтіо-1-пропанол | 140 – 5000 | 500 | Цвітна капуста, капуста |
| 9. | Бензотіазол | 11,0 | 50 | Гуми |
| 10. | Тіазол | 0 – 34,0 | 38,0 | Попкорну, арахісу |
| 11. | 4-Метилтіозол | 0 -11,0 | 55,0 | Зеленого фундуку |
| 12. | 2-фуранметанетіал | 0 – 350 пд/дм ³ | 1,0 пд/дм ³ | Смаженої кави, гуми |
| 13. | Тіопен-2-тіол | 0 – 11,0 | 0,8 | Обгорілої гуми |
| 14. | 4-Меркапто-4-метил пентан-2-он | 0 – 30,0 пд/дм ³ | 3,0 пд/дм ³ | Кошачої сечі |
| 15. | 3-Меркаптогексан-1-ол | 50 – 5000 пд/дм ³ | 60 пд/дм ³ | Маракуї, грейпфруту |
| 16. | 3-Меркаптогексилацетат | 1 – 100 пд/дм ³ | 4,0 пд/дм ³ | Рислінгу, деревини, маракуї |

Фенольні сполуки в пиві представлені дубильними речовинами, флобафенами, антоціанами, антоціанідами [1; 2; 3; 9]. Їх загальний вміст перебуває в межах 150–300 мг/дм³ і вони представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Фенольні сполуки пива

| № п/п | Назва компонента | Середній вміст, мг/дм ³ |
|-------|------------------------|------------------------------------|
| 1. | Антоціанідини | 14,0 – 77,0 |
| 2. | Катехіни | 5,0 – 55,0 |
| 3. | Епікатехіни | 9,0 – 24,0 |
| 4. | Рутин | 1,0 – 6,0 |
| 5. | Кверцетин | 5,0 – 125,0 |
| 6. | Кверцетрин | 1,0 |
| 7. | Хлорогенова кислота | 2,0 – 20,0 |
| 8. | Кофеїнова кислота | 2,0 – 20,0 |
| 9. | Куїнова кислота | 1,0 – 5,0 |
| 10. | Ф – кумаринові кислота | 1,0 – 7,0 |
| 11. | Ферулова кислота | 2,0 – 21,0 |
| 12. | Синапикова кислота | 1,0 – 20,0 |
| 13. | Комферол | 5,0 – 20,0 |
| 14. | Міри цитрин | 1,0 |

Приблизно 80% поліфенолів переходять до пивного суслу із солоду і 20% – із хмелю. Найбільше в пиві міститься антоціанідинів – 14,0–77,0 мг/дм³, до складу яких входять лейкоціанідини, протокціанідини і лейкоантоціанідини. В деяких сортах пива наявний кверцетин – одна з найбільш біологічно активних фенольних сполук. Окрім зазначених, у пиві є й інші полі фенольні сполуки (елагікова, протокатехінова, ванілінова, саліцилова, параоксисбензойнакислоти, а також фенол, ортокрезол і кумарини) у концентраціях 1 мг/дм³ і менше. Наразі ідентифіковано близько 70 компонентів, зарахованих до класу ароматичних сполук пива. Їх поділяють на відновлену та окиснену фракції. Відновлена фракція включає в себе моно терпени (міоцен) і сесквітерпени (β – каріофілін, гумулін, фарнісин та ін.). Окиснена фракція складається з терпенових (ліналуол, гераніол) та інших спиртів, альдегідів, кетонів, естерів, етерів та їх похідних. Ці фракції є носіями хмелевого аромату, можуть екстрагуватися під час кипіння, після кипіння і після бродіння, наприклад, у «сухому» охмеленні. При «сухому» охмеленні хміль додають після завершення бродіння, у цистерни на дозрівання або навіть у кеги. Цей прийом часто використовують в американських УФА й інших стилях, де хміль грає головну роль, а також у традиційних британських бочкових елях та УФА.

Важливе значення в формуванні смаку пива мають також гіркі речовини хмелю, вміст яких у готовому продукті становить від 50 мг/дм³ до 100 мг/дм³ [1; 3; 9]. Вони позитивно впливають на травні функції організму. Гіркі речовини надходять у пиво з хмелю і надають специфічного гіркуватого присмаку. Хмелева гіркота в помірній кількості доречно завжди, у певних сортах пива може перевищувати 100 одиниць ІВІ. Залежно від технології приготування і зберігання напою гіркі речовини хмелю можуть піддаватися

полімеризації, окисненню і, відповідно, змінювати свої початкові властивості. Мало смолисті речовини, яких особливо багато в пиві, складаються переважно з гумулому та лупуліну. Гумулон, що становить 7% від загальної кількості малоємлістих речовин, забезпечує тільки специфічні ароматичні властивості. Збільшення вмісту гірких речовин супроводжується появою гіркоти в пиві. Гумулон наявний у формі α-гумулому, що має високу розчинність і гіркий смак. Інша ізомерна форма – це α-ко-гумулому, які беруть участь насамперед у формуванні аромату пива. Однак у разі збільшення їх вмісту до 30% від загальної кількості гумулому, вони спричиняють надмірну гіркоту. Лупулін має такий самий вплив на смак пива і є природним консервантом напою.

Окрім ароматичних хмелів, за останні кілька століть людство культивувало сорти з високим вмістом альфа-кислот, які додають все більше і більше гіркоти. Їхня ціна залежить від вмісту альфа – кислот на фунт ваги. Нинішня гонитва за гіркотою призводить до появи сортів, які заявляють 1000 ІВІ. Бажання по вихвалитися чи завдати болю рецепторам, звісно, може бути причиною виготовлення такого пива, але питання про те, чи хімічний аналіз виявить такий же рівень гіркоти і чи здатні споживачі адекватно оцінити такі космічно гіркі напої, досі лишається без відповіді.

Гіркі речовини пива разом з іншими екстрактивними речовинами хмелю належать до категорії психоактивних сполук. Вони чинять седативний снодійний, а у великих дозах галюциногенний вплив. Крім того, гіркі речовини мають бактерицидні, антисептичні, бактеріостатичні властивості й чинять стимулюючий вплив на секрецію шлункового соку.

Харчову цінність пива визначають переважно вуглеводи. Вони фомують повноту смаку, консистенцію напою, утворюють сорбційні комплекси з ароматичними речовинами, що запобігають негативним змінам під час зберігання пива. Вуглеводи пива представлені здебільшого коротко ланцюговими декстринами (75–85%) і простими цукрами, такими як глюкоза, фруктоза, цукроза (10–15% від загальної кількості), які легко засвоюються організмом. І лише 2–3% вуглеводів-це складні цукри (поліцукриди та ін.). Енергетична цінність пива коливається в межах від 37 ккал до 78 ккал. Склад екстрактивних речовин змінюється залежно від масової частки сухих речовин початкового суслу і ступеня його збродження. Вагому частку складають мальтодекстрини (3,0–3,6%), а також мальтоза (0,5–1,5%), глюкоза і фруктоза (1,2–1,6%) [1; 2; 3; 5; 7; 9]. Крім того, екстрактивні речовини містять, близькі до вуглеводів гумі подібні речовини, які надходять із дріжджів, смолисті кислоти з хмелю і пектин із ячменю.

На сьогодні науковці розглядають необхідність введення нових методів контролю якості пива. Міжнародній спільноті пивоварів пропонують узагальнені показники: «біологічна цінність», «сумарна доза смаку або токсичність», спрямовані на гармонізацію з міжнародними нормами нутроціології і виводять систему контр-

Таблиця 4 – Органолептичні й токсикологічні характеристики основних продуктів бродіння, які визначають

| № п/п | Назва речовини | Межі ГДК, мг/дм ³ | Порогове значення смаку і запаху, мг/дм ³ | LD50, мг/кг (летальна доза) | Клас токсичності: експериментальний / розрахунковий | Смак і аромат у пиві, які відчуються |
|-------|--|------------------------------|--|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| I | Обмеження за токсикологічним критерієм | | | | | |
| 1. | Етанол | 1000 | 2,5 | 800-900 | 3/4 | Характерний алкогольний |
| 2. | Бутанол | 0,1 | 1,0-2,0 | 603 | 3/2 | Приємний масляний |
| 3. | Етилацетат | 0,2 | 1,0-10 | 7700 | 4/4 | Фруктовий льодяниковий |
| 4. | Ацетальдегід | 0,01 | 0,01-0,03 | 400 | 3/3 | Різкий фруктовий |
| 5. | Метилацетат | 0,1 | 0,1 | 2900 | 4/2 | Приємний аромат |
| 6. | Вінілацетат | 0,2 | 0,3 | 1613 | 4/3 | Приємний аромат |
| 7. | Діацетил | 0,1 | 0,1-0,3 | 1600-3400 | 4/3 | Солодкий, маслянистий |
| 8. | Ацетоїн | 3,0 | 8,0-20,0 | Немає даних | 4/Немає даних | Фруктовий |
| 9. | Вищі спирти C6-C10 | 10,0 | 10,-15,0 | 1500 | 4/4 | Приємний квітковий |
| 10. | Октанол | 10,0 | 10,0 | 4000 | 4/4 | Квітковий |
| 11. | Метанол | 3,0 | 0,1 | 50000-60000 | 3/3 | Алкогольний смак і запах |
| 12. | Барбітурати | 0,5 | - | 200 | 2/4 | Без запаху |
| II | Обмеження за класом ароматів і смаком | | | | | |
| 1. | Аміловий спирт | 1,5 | 0,0004 | 3000 | 4/4 | Різкий сивушний |
| 2. | Диметилсульфід | 0,03 | 0,1-0,12 | 3700 | 4/4 | Варених овочів, вершкової кукурудзи |
| 3. | Пропіловий спирт | 0,25 | 0,3 | 2260 | 4/3 | Різкий, несвіжий |
| 4. | Аміловий спирт | 0,1 | 0,003 | 66 | 3/2 | Різкий, подразливий |

олю якості та безпечності пива на сучасний рівень. Органолептичні й токсикологічні характеристики основних продуктів бродіння, приведені в таблиці 4.

Висновки. Пиво повинно мати правильний баланс між гіркотою, кислотністю, солодкістю, вмістом

спирту, концентрацією естерів, приємний хмільний аромат, а також містить незначні кількості багатьох смакових компонентів. Їх концентрації не мають перевищувати порогових значень, але сума позитивно впливати на смак і аромат пива.

Список використаних джерел:

1. Dresel, M., C. Vagt, A. Dunkel, and T. Hofmann The Bitter Chemodiversity of Hops (*Humulus lupulus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. 64. № 41. P. 7789–7799.
2. Mascher M., Scheuenemann, U., Davidovich, N., Marom, A. Nimmelbach, S., Huber, A. Koro, et al. Genomic Analysis at 6,00 year old Cultivated Grain Illuminates the Dometication History of Barley. *Nature Genetics*. 2016. 48. № 9. P. 1089–1093.
3. Monerawela, C., And U. Bond Breving up a Storm: The Genomes of Leger yeasts and How They Evolved. *Biotechnology Advances* 35. 2017. P. 512–519.
4. Shepherd, Gordon M. Neurogasronomy How the Brain Creates Flavor and Why it Matters. New York : Columbia University Press, 2011.
5. Thomas, K. Beer: How It's Made-The Basics of Bruding. *Liquid Bug. Beer and Breueing in Cross-Cultural Perspectisez*. 2013. P. 35.
6. Tsai, I. F., D. Bensasson.A. Burt and V. Koufopanou Population Genomies of the Wild yeast *Saccha romyces paradoxus*: Quantifying the Life Cucle. *Proceedings of the National Academy of Scienees, USA*. 2008. 105. № 12. P. 4957–4962.
7. Water Hardness and Beers. URL: <https://www.Pinterst.com/pin/44311205081231146> (дата звернення: 07.06.2018).
8. Асоціація пивоварів Америки. URL: <https://www.brewersassociation.org>
9. Ренді Мошер. Смак пива. Унсайдерський путівник у світі найвидатнішого напою людства / пер. з англ. Лана Світанкава. Львів : Видавництво Старого Лева, 2018. 388 с.

References:

1. Dresel, M., C. Vagt, A. Dunkel, and T. Hofmann (2016). The Bitter Chemodiversity of Hops (*Humulus lupulus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, no. 41, pp. 7789–7799.
2. Mascher M., Scheuenemanm, U. Davidovich, N. Marom, A. Nimmelbach, S. Huber, A. Koro, et al. (2016). Genomic Analysis at 6,00 – year- old Cultivated Grain Illuminates the Dometication History of Barley. *Nature Genetics*, 48, no. 9, pp. 1089–1093.
3. Monerawela, C., And U. Bond (2017). Breving up a Storm: The Genomes of Leger yeasts and How They Evoled. *Biotechnology Adrences* 35, pp. 512–519.
4. Shepherd, Gordon M. Neurogasrronomy (2011). How the Brain Creates Flavor and Why it Matters. New York: Colambia University Press.
5. Thomas, K. (2013). Beer: How It's Made-The Basics of Bruding. *Liquid Bug, Beer and Breueing in Cross-Cultural Perspectisez*, p. 35.
6. Tsai, I. F., D. Bensasson. A. Burt and V. Koufopanou (2008). Population Genomies of the Wild yeast *Saccharomyces paradoxus*: Quantifying the Life Cucle. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 105, no. 12, pp. 4957–4962.
7. Water Hardness and Beers. Available at: <https://www.Pinterst.com/pin/44311205081231146> (accessed 7 June 2018).
8. Asotsiatsiia pyvovariv Ameryky. Available at: <https://www.brewersassociation.org>
9. Rendi Mosher (2018). Smak pyva. Unsaiderskyi putivnyk u sviti naivydatnishoho napoiu liudstva / per. z anhl. Lana Svitankava. Lviv: Vydavnytstvo Staroho Leva, 388 p.

Nina Nahurna, Iryna Osypenkova, Oksana Chepurna, Yuliia Kurylenko

Cherkasy State Technological University

BEER FLAVOR FORMATION

There is an opinion that one can find from one thousand to two thousand different aromatic compounds in beer. And although no one can even hope to be able to distinguish them all, mastering the dictionary of beer flavors and aromas is a very important task for a taster. «Beer aromatic spiral» helps to solve this problem. This scheme organizes beer aromas from broad categories to specific aromas. For the tasters it's better to move from general to more specific groups as they try to identify and put specific aromatic nuances into words. Tasting beer, tasters can determine not only the smallest deviations in taste, but also their causes – the characteristics of malt, humulus, water, temperature regimes of beer production, filtration conditions, etc. The direct sources of the smell of beer are essential oils from humulus, by-products of fermentation, which can be formed during various violations of the technological process and the use of low-quality yeast strains. This article examines the influence of organic compounds formed during beer fermentation on the taste and aroma of the finished product. In particular, higher alcohols 3-methylbutanol, 2-phenylethanol, glycerin. Depending on the concentration of these impurities in the beer, the aroma can range from pleasant fruity to heavy and sharp one, organic, similar to nail polish smell. Biologically active substances, such as amino acids, vitamins, minerals, pass into the drink from raw materials and yeast in the process of their vital activity and affect the taste characteristics of beer. Mineral compounds enter the drink from malt, other raw materials and with water: Beer contains potassium, sodium, calcium, magnesium, phosphorus, sulfur and chlorine ions in biologically significant quantities. Bitter substances, which enter beer from humuluss and give it a specific bitter taste, play an important role in shaping the taste of beer. The impact of carbohydrates, which make up the nutritional value of beer, is considered. They form fullness of taste, consistency of the drink, form sorption complexes with aromatic substances that prevent negative changes during beer storage. Any beer should taste and smell clean, complete, full and fresh. Extraneous flavors, unpleasant bitterness, high acidity and insufficient saturation with carbon dioxide spoil the taste of beer. The finished taste has a beer in which the individual taste components are in a certain ratio and none of them stand out noticeably.

Key words: taste, beer, aroma, higher alcohols, glycerin, diacetyl, carboxylic acids, ethers, esters, sulfur compounds, phenolic compounds.

Статтю подано до редакції 04.02.2023