

STUDY OF THE AROMATIC COMPLEX AND SENSORY CHARACTERISTICS OF AGED BEER DISTILLATES

M. Bilko, A. Petrovskiy

National University of Food Technologies

Key words:

Beer distillate
Aging
Aroma
Taste
Profile
Descriptors

Article history:

Received 11.01.2024
Received in revised form
26.01.2024
Accepted 07.02.2024

Corresponding author:

M. Bilko
E-mail:
aromat@ukr.net

Citation: М. В. Білько, А. М. Петровський (2024). Дослідження ароматичного комплексу та органолептичних характеристик витриманих пивних дистилатів. *Наукові праці НУХТ*, 30(1), 129—140. DOI: 10.24263/2225-2924-2024-30-1-13

ABSTRACT

The relevance of the production of beer distillates in Ukraine which contributes to the optimization of breweries' production process and allows to eliminate unnecessary losses at the enterprise while storing and selling the beer is considered in the article.

The research is focused on determining the specifics of the aromatic profile of beer distillates, the main classes of substances and their representatives that form the aroma of beer distillate. The influence of previously used oak barrels on the change in aroma and taste of distillates that was established.

The materials of the research were beer distillates made from light beer by double distillation. The first distillation was carried out in direct current, the second one was performed on a column with four plates using a dephlegmator. Prepared softened water was added to the distillates to a strength of 45% by volume and they were keeping for 9 to 16 months in different oak barrels, i.e. new one, a barrel after aging honey wine, as well as the barrels after aging rye and corn whiskey. In the study they used a rating scale from 0 to 5 according to following descriptors: hoppy, malty, coniferous, green apple, honey, green grass, bread, straw, vanilla, wood, cocoa butter (for aroma), and burning, softness, sweetness, astringency, duration of aftertaste, harmony and typicality (for taste).

It was established that beer distillates have typical malt-beer notes with fruity-floral undertones and a long, warm aftertaste. The aroma of hops, tones of pine, green apple and honey were felt with equal intensity. Storing beer distillate in a glass container for a year does not contribute to the assimilation of alcohol and the disappearance of gray tones.

When distillates are aged in barrels, due to the extraction of phenolic substances, polysaccharides and other substances from oak wood, its oxidation and transformation, the distillate acquires tones of aging, pleasant astringent shades and harmony. The use of barrels after aging honey wine, rye and corn whiskey gives beer distillates shades of previous drinks, enriching the bouquet, and typical beer notes reduce its intensity.

ДОСЛІДЖЕННЯ АРОМАТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИТРИМАНИХ ПИВНИХ ДИСТИЛЯТІВ

М. В. Білько, А. М. Петровський

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто актуальність виробництва пивних дистилятів в Україні, яке сприяє оптимізації роботи пивоварень, дає змогу позбутися зайвих витрат на підприємстві, в процесі зберігання та реалізації пива.

Визначено особливості ароматичного профілю пивних дистилятів, встановлено основні класи речовин та їх представники, які формують аромат пивного дистиляту, доведено вплив дубових бочок, які були у використанні, на зміну аромату та смаку дистилятів.

Матеріалами досліджень були пивні дистиляти, виготовлені з пива світлих сортів шляхом подвійної дистиляції. Першу дистиляцію здійснювали прямою, другу — на колоні з чотирма тарілками з використанням дефлегматора. В дистилят додавали підготовлену пом'якшену воду до міцності 45% об. та витримували протягом 9...16 місяців в різних бочках — новій, після витримки медового вина, віскі житнього та кукурудзяного. Для створення ароматичних і смакових профілів застосували описовий метод. У дослідженні використовувалась шкала оцінювання від 0 до 5 за дескрипторами: хмелевий, солодовий, хвойний, зелене яблуко, мед, зелена трава, хліб, солома, ваніль, дерево — для аромату, та пекучість, м'якість, солодкість, терпкість, тривалість післясмаку, гармонійність і типовість — для смакових характеристик.

Встановлено, що пивним дистилятам притаманні типові солодово-пивні ноти з фруктовো-квітковими відтінками та довгий теплий післясмак. З однаковою інтенсивністю відчувався хмелевий аромат, тони хвої, зеленого яблука та меду. Зберігання пивного дистиляту у скляній тарі протягом року не сприяє асиміляції спирту та зникненню сивушиних тонів.

У разі витримки дистилятів у бочках внаслідок екстрагування фенольних речовин, полісахаридів та інших речовин дубової деревини, їх окиснення й трансформації дистилят набуває тонів витримки, приємних терпкуватих відтінків і гармонійності. Використання бочок після витримки в них медового вина, віскі житнього та кукурудзяного надають пивним дистилятам відтінків попередніх напоїв, збагачують букет, а типові пивні ноти зменшують свою інтенсивність.

Ключові слова: пивний дистилят, витримка, аромат, смак, профілограма, дескриптори.

Постановка проблеми. Виробництво напоїв на основі пивних дистилятів тільки зароджується в Україні, сприятиме цьому цікавість споживачів до локальних міцних напоїв і розвиток виробництва крафтового руху. Для виробників пива це можливість переробити нереалізований напій або пиво, яке мало незначні недоліки та підлягало утилізації (Diguir, Laya, Wangso, Bayang, & Koubala, 2021).

Водночас сировина для дистиляції, витримка в бочках після різних напоїв, використання альтернативної витримки, способів дистиляції тощо дає пивоварам і дистиляторам простір для експериментів. Різноманіття технологічних прийомів під час виробництва дистилятів сприяє отриманню напоїв з широким діапазоном сенсорних характеристик, які й будуть визначати конкурентоспроможність.

Напої на основі пивних дистилятів можуть вироблятися без процесу витримки, але таким напоям потрібен час для асиміляції спирту, гармонізації смаку та формування букета. Завдяки контакту з деревиною дубу напої набувають характерного кольору та збагачуються новими дескрипторами в ароматичному профілі, надаючи йому низку переваг і розширюючи асортимент міцних напоїв.

За даними дослідників, 50...80% аромату в дистилят привносять компоненти дубу під час витримки, іноді кардинально змінюючи його (Gollihue та ін., 2018).

Особливий інтерес становлять дослідження з вивчення органолептичних характеристик пивних дистилятів і впливу процесу витримки в дубових бочках на зміну їх сенсорного профілю. Дослідження з вивчення сенсорних характеристик витриманих пивних дистилятів допоможуть вирішити питання виробників нерелізованого пива та покажуть можливості розширення асортименту виробників міцних напоїв на основі пивних дистилятів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пивний дистилят — це пивний спиртний напій, вироблений виключно шляхом прямої дистиляції за нормального тиску свіжого пива з міцністю спирту за об'ємом менше 86%, що визначено постановою Європейського парламенту і Ради ЄС 2019/787 від 17 квітня 2019 року (Регламент Європейського парламенту та Ради ЄС).

Напої на основі пивних дистилятів виробляють майже в усіх країнах, де пиво широко розповсюджене — Німеччина, Чехія, Велика Британія, Бельгія, Австрія та набувають своєї популярності в США та Японії. Пивний дистилят — це нетиповий вид алкогольного напою, який характеризується специфічним ароматом хмелю та присмаком солодкуватого солоду, але такі напої є затребуваними серед шанувальників міцного алкоголю з незвичайними смаками.

У Європі подібні напої об'єднані під загальною назвою «bierbrand», «bierschnaps» або «eau de vie de bière», для яких розроблені відповідні регламенти, що визначають вимоги до міцності напою, сировини та методу дистиляції (Vecseri-Hegyes, Farkas, Utassy, & Panyik, 2005; Alvarez et al., 2021).

У нещодавно прийнятому Законі України про географічні зазначення надається визначення пивному спиртному напою, в якому зазначається, що пивний дистилят відноситься до спиртних напоїв міцністю від 38% об., вироблений із спиртового дистиляту, одержаного шляхом прямої дистиляції за нормального тиску свіжого пива до міцності не більше 86% об., при цьому дистилят повинен мати органолептичні характеристики, похідні від пива. В наукових працях відмічається, що пивний дистилят — це продукт з багатогранними органолептичними характеристиками, що зберігає смакоароматичні характеристики пива (Vecseri-Hegyes, Farkas, Utassy, & Panyik, 2005; Thiel, 2017).

Часто напої на основі пивних дистилятів виготовляють без витримки, але їм потрібний час для асиміляції спирту та збалансування аромату й смаку.

Бочкова витримка прискорює ці процеси, сприяє гармонізації напою, набуттю м'якості та збагачує додатковими ароматами й смаками (Awad, Athès, Esteban-Decloux, Snakkers, & Giampaoli, 2016).

Часто для витримки використовуються дубові бочки з-під бурбону, рому або після вин — хересу, мадери, портвейну, що надає дистилату свої смакові й ароматичні відбитки, які не можуть бути досягнуті іншим способом.

У технологіях деяких напоїв, наприклад віскі, експериментують зі змішаною витримкою — спочатку витримують у двох різних бочках, а потім купажують або використовують послідовну витримку дистилату в різних бочках.

У технології пивного дистилату є багато спільного з виробництвом американського бурбону, шотландського або канадського віскі, але технологія має і свої відмінності, які обумовлені наявністю хмелю, солодами різних типів, специфічними расами дріжджів, конструкціями й експлуатацією перегінного куба, вибором бочок і тривалістю витримки. Ці фактори мають суттєвий вплив на формування органолептичних характеристик дистилатів.

Аромат і смак дистилатів формують понад 2000 речовин (Waymark, & Hill, 2021). Американський бурбон найбільш збагачений легкими речовинами, концентрація яких сягає понад 5 г/дм³ на абсолютний алкоголь, в скотчі — близько 5 г/дм³, в канадському віскі — близько 1 г/дм³.

Формування ароматичного профілю напою починається із сировини, потім доповнюється ароматами, що утворюються на різних стадіях технологічного процесу під час фізичних і біохімічних процесів виробництва пива (Olaniran, 2017), далі під час перегонки, та завершується на стадії витримки дистилату при контакті з деревиною бочки (Waymark, & Hill, 2021) у разі, якщо ця операція передбачається.

Основні класи сполук, які були ідентифіковані в дистилатах, включають вищі спирти, естери C₆—C₁₀ та з довшим вуглецевим ланцюгом, кислоти, фурфурол, монотерпіноли, C₁₃-норізопріноїди, а в разі витриманих дистилатів — феноли, продукти розкладання лігніну та лактони (Holt, Miks, de Carvalho, Foulquié-Moreno, & Thevelein, 2019).

Терпенові спирти, альдегіди, феноли та естери, що містить хміль, обумовлюють трав'янисті, квіткові, хвойні та навіть цитрусові тони (Гринюк, 2015; Kishimoto, Wanikawa, Kono, & Shibata, 2006).

Дріжджі під час спиртового бродіння ферментують вторинні метаболіти, які виробляються в малих концентраціях і відповідають за складні аромати, притаманні напоям бродіння. Це вищі спирти, складні естери ацетату та етилові естери жирних кислот, ацетальдегід, діацетил тощо (Olaniran, Hiralal, Mokoena, & Pillay, 2017).

Під час дозрівання відбувається низка фізико-хімічних взаємодій між бочкою та дистилатом під дією кисню, що доповнює та збагачує склад, букет і смак напою. З'являються ароматичні альдегіди, феноли (Dzialo, Park, Steensels, Lievens, & Verstrepen, 2017), фурани, нові естери, збільшується вміст меланоїдинів, фурфуролу (Piggott, 2016) та лактонів (Wanikawa, Yamamoto, & Hosoi, 2004; MacNanara, van Wyk, Augustyn, & Rapp, 2001). Дистилати збагачуються бісквітними, ванільними, шоколадними, марципановими нотами, що сприяє створенню напоїв з оригінальними смаками. Першорядне значення в цьому є тривалість витримки,

внутрішнє обпалення та попереднє використання бочки, наприклад, після витримки вин, пива або міцного алкоголю.

Дослідження, спрямовані на вивчення органолептичного профілю молодих пивних дистилятів та його зміну й формування після витримки в бочках з різними характеристиками, забезпечать створення нових алкогольних напоїв.

Мета дослідження: встановлення якісного складу ароматичного комплексу пивних дистилятів та визначення їх основних органолептичних характеристик і сенсорного профілю після витримки у бочках, які були у використанні.

Для реалізації поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- встановити класи речовин, які беруть участь у формуванні аромату пивних дистилятів, визначити їх основні дескриптори;
- дослідити органолептичні характеристики пива, пивних дистилятів шляхом сенсорного аналізу та їх особливості;
- встановити вплив бочкової витримки на зміну органолептичного профілю пивного дистиляту залежно від попереднього використання бочки.

Матеріали і методи. Матеріалами досліджень були пиво світлого сорту низового бродиння, вироблене із застосування рас дріжджів *Saccharomyces carlsbergensis*; пивні дистиляти, виготовлені з нього шляхом подвійної дистиляції, перша була прямоочною, друга — на колоні з 4 тарілками з використанням дефлегматора, а також пивні дистиляти після витримки у бочках. Температура дистиляції була в межах 100 °С. Перегонку проводили в потоці до міцності дистиляту близько 10% об. Міцність спирту-сирцю становила 25...30% об., дистиляту — 85% об. Тривалість перегонки складала більше 9 год: 2 год на отримання головної фракції, 7 год — на основну середню фракцію, що й було пивним дистилятом. Надалі дистилят розбавляли підготовленою пом'якшеною водою до міцності 62% об. та заливали в чотири різних бочки обсягом 5 дал: нову, після витримки медового вина, житнього та кукурудзяного віскі. Витримка тривала 12 місяців у сухому приміщенні за температури не більше 20 °С та вологості повітря 65...75%. Контрольним зразком був дистилят, який зберігали протягом року у скляній тарі.

Об'ємну частку спирту в пиві визначали після перегонки ареометричним методом, а в спирті-сирці та дистилятах до і після витримки безпосередньо ареометром.

Якісний склад і кількісний вміст ароматичного комплексу пивного дистиляту визначали газохроматографічним методом (хроматограф Agilent Technology 6890) з полум'яно-іонізаційним детектором, капілярною кварцовою колонкою ДВ-5 довжиною 60 м, діаметром 0,33 мм. Витрати газу-носія азоту складали 3 см³/хв. Температура випаровувача і детектора — 230 °С. Температура термостата — 70...190 °С зі швидкістю зміни 4°/хв. Об'єм проби — 1 мкл. Бібліотека мас-спектрів NISTO 2.

У сенсорному аналізі зразків пивних дистилятів брала участь дегустаційна комісія у кількості 11 експертів згідно з міжнародними вимогами (ДСТУ ISO 8586:2019 Дослідження сенсорне). У дегустаційну комісію увійшли учасники, які були перевірені на здатність розрізняти, описувати та чітко передавати будь-які сенсорні дескриптори, виявлені в пиві та дистиляті, індивідуально та під час групового обговорення.

Для створення ароматичних і смакових профілів застосували описовий метод. Шкала оцінювання була від 0 (не відчувається) до 5 (інтенсивне відчуття) за дескрипторами: хмелевий, солодовий, хвойний, зелене яблуко, мед, зелена трава, хліб, солома, ваніль, дерево — для аромату, та пекучість, м'якість, солодкість, терпкість, тривалість післясмаку, гармонійність і типовість — для смакових характеристик.

Обробку результатів здійснювали, застосовуючи статистичні методи аналізу, розраховували стандартне відхилення для кожного одиничного показника, якщо оцінка окремого дегустатора відрізнялася від середнього бала на величину, що вдвічі перевищує значення стандартного відхилення, її не враховували. Дані фізико-хімічного аналізу дистилятів виражені як середнє значення, отримані в трьох повторностях. Результати вважалися значущими за $p < 0,05$.

Викладення основних результатів дослідження. У табл. 1 приведені об'єми та значення об'ємної частки спирту в ланцюзі виготовлення витриманих пивних дистилятів. Після витримки в усіх варіантах дистиляту було відмічено зменшення їх обсягів та спиртуозності, що пов'язано з частковим змочуванням деревини бочки та випаровуванням.

Таблиця 1. Об'ємні частки спирту сировини та напівпродуктів, їх обсяги в системі «пиво → витриманий пивний дистилят» (n=3, $p \leq 0,05$)

Назва показника	Пиво світле	Спирт-сирець, перша перегонка	Дистилят						
			молодий, друга перегонка	РД	після витримки				РП
					*1	2	3	4	
Об'ємна частка спирту, %	4,5±0,1	27±0,3	85±0,9	62±0,6	57±0,6	59±0,6	60±0,6	59±0,6	45±0,5
Обсяг, дал	300,0	47,7	15,3	20,8	4,8	4,9	5,0	4,9	-

Примітка. Варіанти бочок: *1 — нова; 2 — після медового вина; 3 — після кукурудзяного віскі; 4 — після житнього віскі; РД — розведений до витримки підготовленою водою; РП — розведений після витримки підготовленою водою.

Результати дослідження ароматичного комплексу пивного дистиляту до витримки методом газової хроматографії дали змогу виявити кількісний вміст та якісний склад його летких компонентів (табл. 2).

Таблиця 2. Леткі компоненти пивного дистиляту (n=3, $p \leq 0,05$)

Назва компонентів	Вміст, мг/дм ³	*Порогова концентрація, мг/дм ³	**Аромат компонента
<i>Терпенові речовини:</i>			
ліналоол	0,81±0,04	0,006	квітковий
гераніол	0,49±0,03	0,05	троянда
лімонен	0,57±0,03	0,01	хвоя, цитрусові
пінен	0,41±0,02	0,14	хвоя
мірцен	0,52±0,03	0,4	хвоя, пряний, трав'янистий

<i>Вищі спирти:</i>			
1-пропанол	129,85±6,5	100-500	спиртовий, розчинник
2-бутанол	0,28±0,01	2,9·10 ⁻³	спиртовий, розчинник
ізобутанол	201,05±10,0	100-200	розчинник, трав'янистий, солодовий, віскі, горілий
ізоамілол	829,56±41,5	3,0-100	розчинник, трав'янистий, солодовий, віскі, горілий
<i>Карбонільні сполуки:</i>			
ацетальдегід	106,12±5,3	50-100	зелене яблуко
ізобутіральдегід	6,08±0,3	-	солодкий, фруктовий
β-фенілетиловий спирт	18,21±0,91	5,0	троянда, мед, солодкий
<i>Складні естери:</i>			
етилацетат	242,11±12,1	1,0	фруктовий, солодкуватий, розчинник
ізоамілацетат	24,56±1,23	6·10 ⁻⁷	фруктовий, груша
етилформіат	0,52±0,03	0,1	фруктовий, малина, солодкий
етиллактат	1,38±0,07	150-200	фруктовий, ананас, апельсин, яблуко

Примітка. *Токар А.Ю. та ін., 2022; Білько М.В., 2012; Van Opstaele F. et al., 2012.
 **Olaniran, Hiralal, Mokoena & Pillay, 2017; Ткаченко О.Б., Тринкаль О.В., 2012; Francis I. L. & Newton J. L., 2005.

З даних табл. 2 видно, що аромат дистиляту обумовлено терпеновими спиртами, які перейшли з хмелю, і мають квіткові та хвойні нотки в ароматі; вищими спиртами, естерами та іншими карбонільними сполуками, які переважно синтезувалися під час бродіння. Слід зауважити, що виявлені сполуки знаходяться в концентраціях вищих за порогову, та, у свою чергу, будуть впливати на аромат пивного дистиляту. Так, ізоаміловий та ізобутиловий спирти мають виражені сивушні тони, складні естери характеризуються ароматами фруктів, ацетальдегід – надає тон зеленого яблука, фенілетиловий спирт має аромат меду, фурфурол – скоринки житнього хліба.

Отримані дані були взяті за основу при виборі основних дескрипторів для аналізування аромату пивних дистилятів.

Встановлено, що ароматичний профіль пивного дистиляту зберігає аромат, притаманний світлому пиву, але пивний, хмельовий і солодовий тони у 2...2,5 рази зменшували свою інтенсивність (рис. 1). Водночас органолептика дистиляту стала багатша, оскільки в результаті процесу перегонки ароматичні речовини пива концентруються та, разом з новими речовинами, що утворюються внаслідок цього процесу, формують новий, складніший аромат. Дистилят збагатився яблучно-медовою нотою з хвойними відтінками. Слід відмітити, що також була відчутна характерна молодому дистиляту спиртуозність завдяки етанолу – головному компоненту дистиляту.

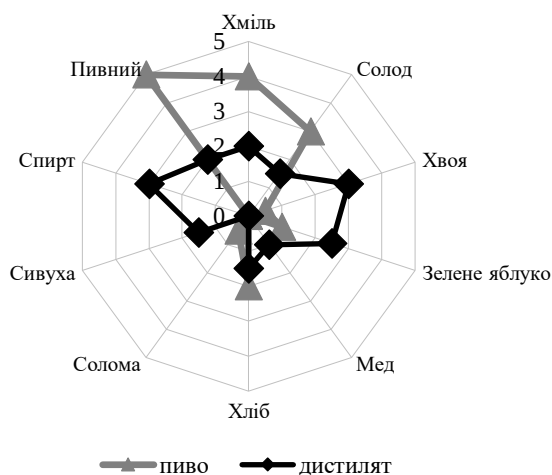


Рис. 1. Профілограма аромату пива та пивного дистиляту

У дистиляті з'явилась відчутна сивушна нота, зумовлена вищими спиртами, що синтезувались під час бродіння. Навіть при річній витримці дистиляту в скляній тарі не відбулося достатньої асиміляції етилового спирту та вищих спиртів, що відобразилось у дегустаційній характеристиці дистиляту — відчуття спирту залишилось на рівні 3 балів із 5, сивушного тону — 1,5 бала.

Слід відмітити, що вищі спирти є безпосередніми попередниками більшості ароматичних естерів у процесі витримки дистиляту, які відповідальні за формування фруктових складових в ароматичному профілі, адже ці естери, в своїй більшості, мають низькі порогові концентрації (Sánchez, Lozano, PedroSantos, & Azabal, 2018). Тому наступним етапом роботи було дослідження зміни ароматичного профілю пивних дистилятів залежно від бочки.

Витримка пивних дистилятів у бочках надавала зразкам свої смакові і ароматичні відбитки. Причому в дистилят переходять і відтінки аромату попередніх напоїв, пивні відтінки зменшують свою інтенсивність або взагалі не відчуються внаслідок домінування дескрипторів бочки або попереднього напою (рис. 2).

Зауважимо, що у всіх дослідних зразках спиртовий тон знизився у 2 та більше разів. Також сивушні відтінки знизили свою інтенсивність у всіх зразках, окрім бочки після кукурудзяного віскі.

У дистиляті, витриманому в новій бочці, з'являлися відтінки дерева (3,5 бала), була відчутна хвойна складова (2 бали). Бочка після медового вина збагатила дистилят медовим тоном (3,5 бала), тон яблука залишився на рівні 3 бали, але з'явилися відтінки деревини та більше проявився тон солоду. В цьому зразку сивушні відтінки дегустатори не фіксували.

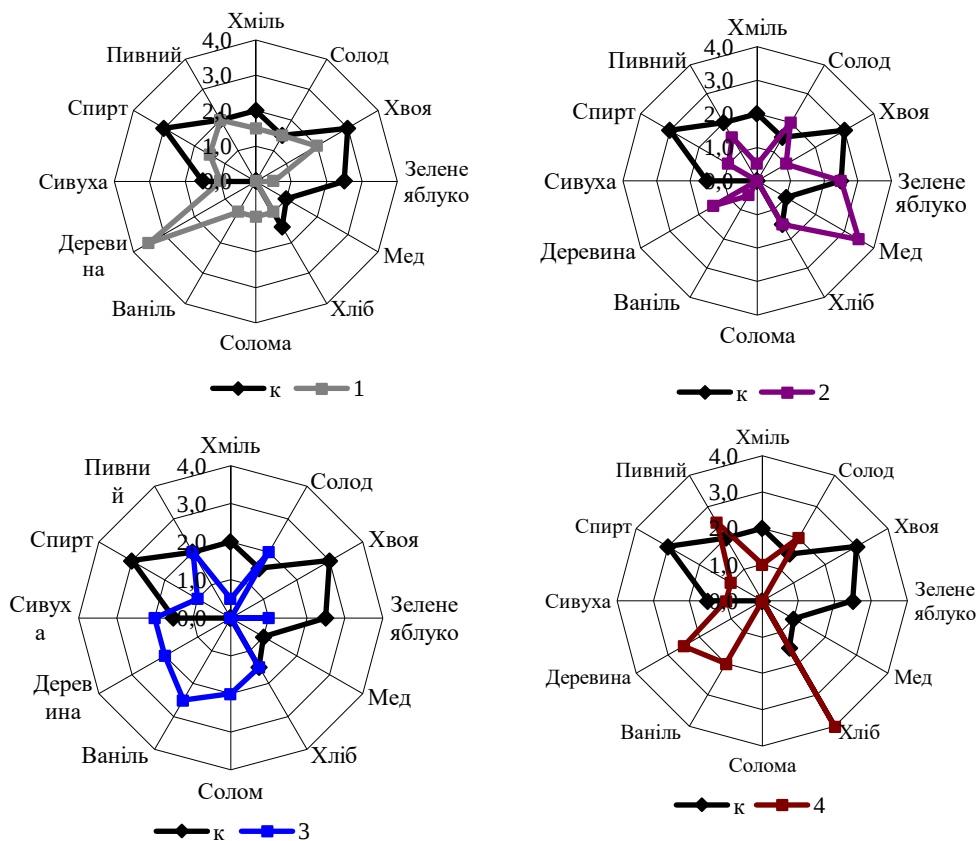


Рис. 2. Зміна дескрипторів аромату витриманих пивних дистилатів залежно від бочки:
к — контроль; 1 — нова бочка; 2 — бочка після медового вина; 3 — бочка після кукурудзяного віскі; 4 — бочка після житнього віскі

У профілі пивного дистилату після витримки в бочці з-під кукурудзяного віскі переважали тоні ванілі (2,5 бала), також відмічали тони соломи, деревини та сивухи на рівні 2 бали, хвойний відтінок у цьому зразку був відсутній.

Бочка після житнього віскі надавала пивному дистилату інтенсивний хлібний тон — 4 бали, а також ноту деревини та ванілі (3 та 2,5 бала), були достатньо відчутні солодові (2 бали) та пивні ноты (2,5 бала). Загальна інтенсивність аромату була майже однакова у всіх дослідних зразках.

Слід відмітити, що витримані зразки дистилатів набули приємних світло-бурштинових кольорів через екстрагування фенольних сполук і меланоїдинів бочки дистилатами та завдяки перебігу окисно-відновних реакції під дією кисню.

Смаковий профіль пивного дистилату також зазнав змін протягом витримки. Якщо початковий дистилат характеризувався середньою м'якістю та певною пекучістю, з типовими відтінками пива та довгим теплим післясмаком, то після ви-

тримки внаслідок екстрагування фенольних речовин, полісахаридів та інших речовин дубової деревини, їх окиснення й трансформації смак дистилляту дещо змінився (рис. 3).

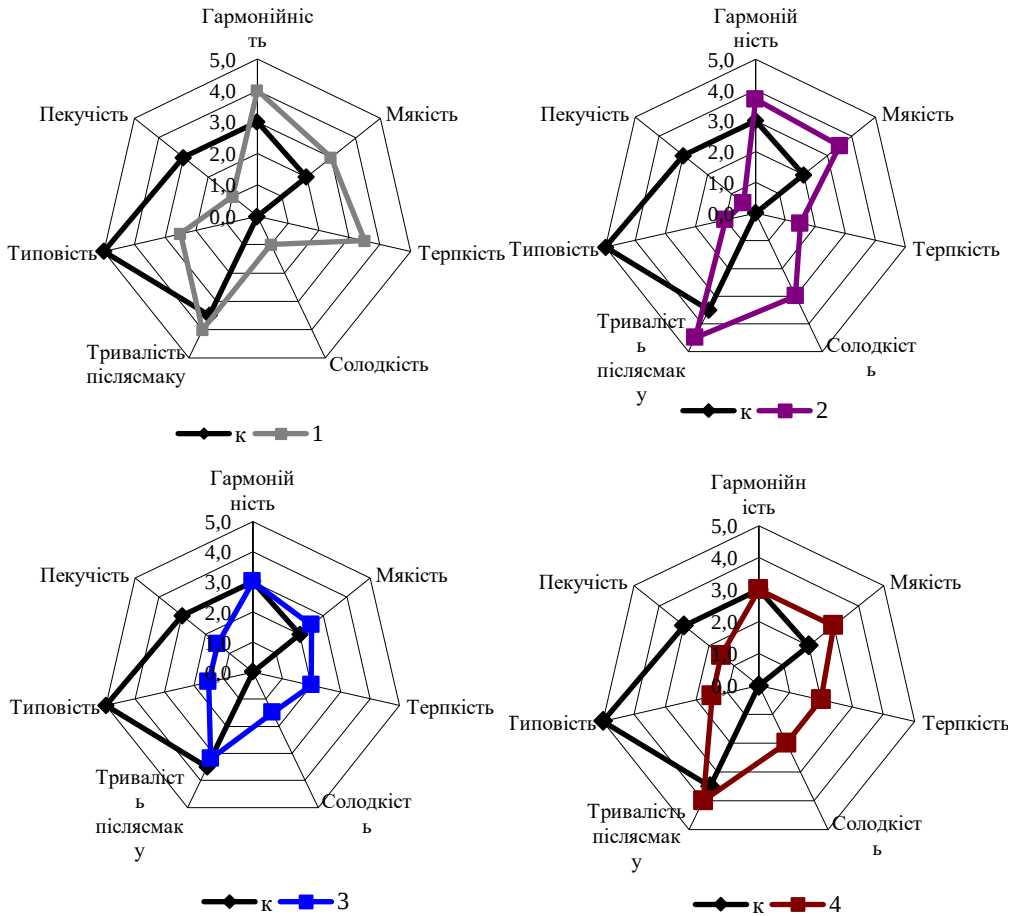


Рис. 3. Зміна дескрипторів смаку витриманих пивних дистилатів залежно від бочки: к — контроль; 1 — нова бочка; 2 — бочка після медового вина; 3 — бочка після житнього віскі; 4 — бочка після кукурудзяного віскі

У зразках дистилатів з'явилася приємна солодкуватість, обумовлена частковим розпадом геміцелюлоз деревини до простих цукрів під час витримки. Найбільш виражений тон солодкості відмічено в дистилаті після медового вина. В цілому всі зразки набувають тонів витримки, приємних терпкуватих відтінків і гармонійності.

Висновки

Молодий пивний дистилат зберігає тони аромату, характерні для пива — солодово-пивні ноти з фруктовими відтінками, але пивний, хмелевий і солодовий тони у 2...2,5 рази зменшують свою інтенсивність в дистилаті.

Аромат пивного дистиляту обумовлено представниками терпенових і вищих спиртів, складних естерів, альдегідів та інших карбонільних сполук, концентрація яких, в своїй більшості, більше за порогову. Основними ароматичними характеристиками пивного дистиляту були запах етилового спирту, сивушний тон і хвойний відтінок. Після річної витримки дистиляту в скляній тарі не відбулося достатньої асиміляції етилового спирту, який мав інтенсивність прояву на рівні 3 балів із 5.

Витримка в бочках знижує спиртовий тон до 1,0...1,5 бала, а сивушний запах до 1,0 бала майже у всіх варіантах бочки. Бочка з під різних напоїв надає пивним дистилятам індивідуальний смак та аромат, залежно від попереднього використання бочки. В дистилят переходять і відтінки аромату попередніх напоїв, які збагачують букет, але пивні характеристики зменшують свою інтенсивність — хмелевий тон знижувався у 1,5...3 рази, хвойна нота — на 30% або зникала повністю.

Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на дослідження ароматичного комплексу пивних дистилятів, удосконалення процесу виробництва, створення балансу відчуттів для більш якісного та конкурентоспроможного продукту.

Загалом виробництво пивних дистилятів є динамічною та перспективною галуззю, а розвиток напрямку дасть змогу створювати нові унікальні смакові та ароматичні відчуття для збагачення культури споживання алкогольних напоїв.

Література

Білько, М. В. (2012). Дослідження впливу летких фенолів на аромат червоних столових вин. Взято з: <https://dspace.nuft.edu.ua/items/1efc0435-bb63-47e6-b4bc-adb6962692d6>.

Гринюк, Т. П. (2015). Дослідження хмелепродукції закордонних сортів хмелю. *Агропромислове виробництво Полісся*, 7, 122—126.

Ткаченко, О. Б., Тринкаль, О. В. (2015). Хімія ароматів вина. *Харчова наука та технологія*, 1(30), 42—50.

Токар, А., Литовченко, О., & Войцехівський, В. І. (2022). Формування аромату плодово-ягідних виноматеріалів. *Вісник Уманського національного університету садівництва*, 1, 96—101. DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-96-101.

Awad, P., Athès, V., Esteban-Decloux, M., Snakkers, G., & Giampaoli, P. (2016). Identification of aroma compounds formed during the distillation of Cognac spirits. Взято з: <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-01588915v1>.

Diguir, M., Laya, A., Wangso, H., Bayang, J. P., & Koubala B. B. (2021). Physicochemical composition of some new craft beers consumed in Maroua town from Far North region of Cameroon. *Asian Journal of Natural Product Biochemistry*, 19(2), 70—80. <https://doi.org/10.13057/biofar/f190205>.

Dzialo, M. C., Park, R., Steensels, J., Lievens, B., & Verstrepen, K. J. (2017). Physiology, ecology and industrial applications of aroma formation in yeast. *FEMS Microbiology Reviews*, 41, 95—128.

Francis, I. L., & Newton, J. L. (2005). Determining wine aroma from compositional data. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11., №. 2. 114—126. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2005.tb00283.x.

Gollihue, J., Richmond, M., Wheatley, H., Pook, V. G., Nair, M., Kagan, I. A., & DeBolt, S. (2018). Liberation of recalcitrant cell wall sugars from oak barrels into bourbon whiskey during aging. *Scientific Reports*, 8 (15899). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34204-1>.

Holt, S., Miks, M. H., de Carvalho, B. T., Foulquié-Moreno, M. R. & Thevelein, J. M. (2019). The molecular biology of fruity and floral aromas in beer and other alcoholic beverages. *FEMS Microbiology Reviews*, May 1;43(3), 193—222. doi: 10.1093/femsre/fuy041. PMID: 30445501; PMCID: PMC6524682.

Kishimoto, T., Wanikawa, A., Kono, K., & Shibata, K. (2006). Comparison of the odor-active compounds in unhopped beer and beers hopped with different hop varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Nov, 15; 54(23), 8855—61. doi: 10.1021/jf061342c.

MacNamara, K., van Wyk, C. J., Augustyn, O. P. H., & Rapp A. (2001). Flavour Components of Whiskey. II Ageing Changes in the High-Volatility Fraction. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 22(2), 75—81.

Official Journal of the European Union 17.5. (2019). Взято з: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0787>.

Olaniran, A. O., Hiralal, L., Mokoena, M. P., & Pillay, B. (2017). Flavour-active volatile compounds in beer: Production, regulation and control. *Journal of the Institute of Brewing*, 123(1), 2313—2323. <https://doi.org/10.1002/jib.389>.

Piggott, J. R. (2016). Whisky, Whiskey and Bourbon: Composition and Analysis of Whisky. *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press: Oxford, UK, 514—518. DOI:10.1016/B978-0-12-384947-2.00752-2.

Sánchez, C., Lozano, J., PedroSantos, J., & Azabal, A. (2018). Discrimination of Aromas in Beer with Electronic Nose. Conference: 2018 12th Spanish Conference on Electron Devices (CDE), November 2018. DOI:10.1109/CDE.2018.8596955.

Thiel, J. (2017). Rhine Hall and Goose Island have made bierschnaps using one of the most famous barrel-aged beers in the world. *Reader*. November, 15. Взято з: <https://chicagoreader.com/blogs/rhine-hall-and-goose-island-have-made-bierschnaps-using-one-of-the-most-famous-barrel-aged-beers-in-the-world/>.

Van Opstaele, F., De Causmaecker, B., Aerts, G., De Cooman, L. (2012). Characterisation of novel varietal floral hop aromas by headspace solid phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry/olfactometry: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(50), 12270—12281.

Vecseri-Hegyes, B., Farkas, G., Utassy, R., & Panyik, I. (2005). Elaboration of the Technology for the Production of Bierbrand in a Pilot Plant. *Journal of the Institute of Brewing*, 111, 11—19. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00643.x>.

Wanikawa, A., Yamamoto, N., & Hosoi, K. (2004). The influence of brewers' yeast on the quality of malt whisky. *Distilled Spirits: Tradition and Innovation*; Nottingham University Press: Nottingham, UK, 95—101.

Waymark, C., & Hill, A. E. (2021). The Influence of Yeast Strain on Whisky New Make Spirit Aroma. *Fermentation*. 7(4), 311. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040311>.

Wine Low (2021). Alvarez et al. Paris. Взято з: <https://publicacoes.eshte.pt/dir/wl/wl/>.