

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

КУЗЬМІН ОЛЕГ ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 663.5:338.439

**РОЗРОБЛЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ
СТАБІЛЬНОЇ ЯКОСТІ**

05.18.05 – технологія цукристих речовин та продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Миرونчук Валерій Григорович,
Національний університет харчових технологій
Міністерства освіти і науки України,
в.о. завідувача кафедри технологічного обладнання
та комп'ютерних технологій проектування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Левандовський Леонід Вікторович,
Київський національний торговельно-економічний
університет Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри технології і організації ресторанного
господарства

доктор технічних наук, професор
Головко Микола Павлович,
Харківський державний університет харчування та
торгівлі Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри товарознавства в митній справі

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Дубовкіна Ірина Олександрівна,
Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України,
провідний науковий співробітник відділу
тепломасообміну в дисперсних системах

Захист відбудеться «26» квітня 2021 р. о 10 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, у режимі онлайн, вхід за посиланням
<https://zoom.us/j/91964465850?pwd=Rm5Xdk8weEtnUmxzVExWOG82ai9hdz09>
ID конференції: 919 6446 5850, пароль: a8Tg2p

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розіслано «__» березня 2021 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 26.058.04, к.т.н., доцент



М.В. Карпутіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основним напрямком розвитку лікєро-горілочної галузі України у сучасних економічних умовах є раціональне використання ресурсів, удосконалення існуючих технологій та покращення якості алкогольних напоїв, тривала гарантована стабільність яких є важливою умовою їх конкурентоспроможності на світовому ринку.

Значна частина алкогольних напоїв виявляє схильність до дестабілізації, що пов'язано з відсутністю умов отримання стабільних комплексів у водно-спиртових сумішах (ВСС), які не дозволяють встановити рівноважний стан протонів гідроксильної групи, утворювати стійкі гідратні комплекси, зміцнювати водневі зв'язки, що проявляється у зниженні стабільності систем спирт-вода.

Відсутність нетрадиційних підходів у технології алкогольних напоїв дозволяє по-новому поглянути на вузькі місця технологічних процесів, які потребують ефективних рішень щодо підготовки води електрохімічною активацією з утилізацією зворотних вод, продуктів вторинної переробки сировини з модифікацією деревних відходів, сорбційних матеріалів, які дозволять стабілізувати якість та збільшити стійкість алкогольних напоїв.

Розвитку теоретичних основ стабілізації якості та удосконаленню технологій алкогольних напоїв присвячено роботи українських вчених М.П. Головка, В.П. Ковальчука, А.М. Куца, Л.В. Левандовського, В.О. Маринченка, Л.М. Мельник, С.Т. Олійнічука, С.І. Олійник, В.Л. Прибильського П.Л. Шияна; іноземних вчених С.С. Морозової, В.А. Полякова та ін. На сьогодні недостатньо науково обґрунтованих даних щодо взаємозв'язку властивостей основних компонентів (води, спирту), рекомендацій із оптимізації технологічних процесів виробництва алкогольних напоїв. Це пов'язано зі складністю утворення структурних комплексів у системі спирт–вода, що підтверджено українськими вченими І.О. Дубовкіною, С.Ю. Суйковим, фундаментальними дослідженнями іноземних вчених Т.А. Доленко, А. Носе, Н. Ху та ін.

Одним із пріоритетних напрямів стабілізації якості алкогольних напоїв є збільшення стійкості фізико-хімічних та органолептичних показників завдяки модифікованим сорбентам із вуглецевмісної сировини, що підтверджено українськими вченими В.В. Стрелко, М.Т. Картель, Т.Г. Шендрік, В.О. Кучеренко та іноземними вченими В.Д. Ландін-Сандовал, Б.М. Кузнєцовим, В.О. Лихолобовим та іншими, із залученням ресурсощадних, природоохоронних та екологічно безпечних технологій.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню *наукової проблеми* – розробити та обґрунтувати наукові положення ефективних технологій алкогольних напоїв стабільної якості, які базуються на принципах кваліметрії, законах протонного магнітного резонансу (^1H ЯМР), електрохімічної активації (ЕХА) та модифікації продуктів вторинної переробки сировини, настоїв спиртових з рослинної сировини з антиоксидантною здатністю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводили відповідно до напрямів робіт цільової комплексної програми наукової та науково-технічної й інноваційної діяльності: Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського на 2011–2014 роки: «Оптимізація технологічних процесів виробництва горілки з використанням ЕХА і методів контролю показників якості» (НДР 681/2011), «Оцінка перспективності

використання деревних відходів в процесі отримання сорбентів» (НДР 722/2012), «Оцінка перспективності використання деревних відходів в процесі отримання екстрактів» (НДР 723/2012), «Перспективність використання водно-спиртових екстрактів із рослинної сировини для приготування напоїв в лобі-барах готельних комплексів» (НДР № 819/2013) (автор – керівник НДР; відповідальний виконавець НДР); Національного університету харчових технологій на 2015–2019 роки: «Створення наукових основ технологічних процесів відновлення води до її природного структурно-енергетичного стану» (0117U001244) (автор – виконавець НДР).

Автор брав участь у теоретичних та експериментальних дослідженнях, опрацюванні та узагальненні результатів досліджень, розроблянні нормативної документації та впровадженні технологій.

Мета і завдання дослідження. *Мета* досліджень – на основі комплексних теоретичних та експериментальних досліджень розробити інноваційні та удосконалити існуючі технології алкогольних напоїв високої якості, з утворенням стабільних структур у системі спирт–вода та підвищення ресурсозбереження шляхом залучення продуктів вторинної переробки сировини.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі *задачі*:

- провести системний аналіз існуючих технологій алкогольних напоїв з використанням продуктів вторинної переробки сировини;
- використати новітні методи з контролю технологічних процесів виробництва алкогольних напоїв, які модифіковано для лікєро-горілочного виробництва;
- довести технологічну ефективність ЕХА для моделювання раціонального складу підготовленої води покращеної якості, адаптованої для виробництва алкогольних напоїв;
- науково обґрунтувати механізм утворення стабільних комплексів у системі спирт–вода; дослідити закономірності досягнення хімічної рівноваги протонів гідроксильної групи; дати наукове пояснення механізму утворення гідратів з позиції посилення/послаблення міжмолекулярних зв'язків у системі спирт–вода;
- оптимізувати технологічні процеси модифікації піролізованих деревних відходів для підготовки продуктів вторинної переробки сировини, адаптованої до технології алкогольних напоїв методами математичного планування експерименту; систематизувати результати досліджень, виконати математичне моделювання та оптимізацію екологічно безпечних процесів виробництва алкогольних напоїв;
- для технології алкогольних напоїв науково обґрунтувати ефективне використання рослинної сировини у настоях спиртових із антиоксидантними властивостями та високими органолептичними показниками;
- розробити принципові технологічні схеми виробництва алкогольних напоїв стабільної якості з використанням продуктів вторинної переробки сировини;
- виконати комплекс заходів для виробництва алкогольних напоїв стабільної якості із застосуванням екологічно безпечних продуктів вторинної переробки сировини; здійснити промислову апробацію інноваційних шляхів отримання таких продуктів та розробити науково-технічну документацію.

Об'єкт досліджень – способи, технології та обладнання для одержання екологічно безпечних продуктів вторинної переробки сировини: підготовленої води; ВСС; піролізованої деревини; сорбційних матеріалів; настоїв спиртових; алкогольних напоїв.

Предмет досліджень – електрохімічно активована вода, модифікована деревна

сировина, сорбційні матеріали, настої спиртові; алкогольні напої.

Методи досліджень ґрунтуються на системному аналізі теоретичних досліджень, фізичному та математичному моделюванні технологічних процесів. Для визначення фізико-хімічних показників води, спирту, ВСС, алкогольних напоїв використовували загальноновживані сучасні методики досліджень; газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів; методи іонної хроматографії; метод ^1H ЯМР-спектроскопії. Для вивчення органолептичних показників води, спирту, ВСС, алкогольних напоїв користувалися експертним методом. Для перетворення показників якості у безрозмірні значення застосовували комплексний метод оцінювання із застосуванням шкали бажаності Харрінгтона. Математико-статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою прикладної комп'ютерної програми Statistica.

Наукова новизна. У дисертації запропоновано науково-практичну концепцію, спрямовану на вирішення актуальних питань для економіки України – стабілізації якості алкогольних напоїв, із застосуванням інноваційних та удосконалених технологічних процесів підготовки води, утворення ВСС, настоїв спиртових, алкогольних напоїв, продуктів переробки деревної сировини, сорбційних матеріалів.

У результаті виконаних комплексних теоретичних та експериментальних досліджень отримано нові наукові результати:

вперше:

- науково обґрунтовано концепцію виробництва алкогольних напоїв стабільної якості із застосуванням продуктів вторинної переробки сировини;
- вирішено наукову проблему стабілізації якості алкогольних напоїв із застосуванням законів кваліметрії при встановленні стабільних комплексів у системі спирт–вода, з утворенням хімічної рівноваги протонів гідроксильної групи;
- науково обґрунтовано та експериментально доведено результативність застосування ЕХА для утилізації зворотних вод з підготовкою води високої якості, що підтверджується зростанням кількісного значення комплексного показника якості (КПЯ) питної води від K_0 0,323 од. до 0,353 од. після катодної ЕХА; та зменшення якості до 0,296 од. після анодної ЕХА. При застосуванні суміші католіт:аноліт (3:1) значення K_0 збільшується до 0,372 од, а у разі подальшого Na-катіонування значення K_0 зростає до 0,518 од, при демінералізації зворотним осмосом – до 0,928 од. Це забезпечує утилізацію зворотних вод з K_0 0,437 од, що на 35 % більше значення питної води;
- встановлено, що ЕХА води приводить до прискорення/уповільнення протонного обміну та змінює положення зсуву сигналу гідроксильної групи;
- встановлено ефективність ЕХА води на зміцнення водневих зв'язків та ступінь гідратації етанолу за рахунок утворення гідратів складу $\text{EtOH} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
- доведено результативність модифікації піролізованих деревних відходів і сорбційних матеріалів у виробництві алкогольних напоїв;

удосконалено:

- технології утилізації відходів і продуктів вторинної переробки сировини у виробництві алкогольних напоїв;
- умови та режими технологічних процесів вторинної переробки сировини, які забезпечують стабільну якість алкогольних напоїв за фізико-хімічними та органолептичними показниками;

отримало подальший розвиток:

- формування основних напрямків створення сучасних екологічно безпечних технологій у виробництві алкогольних напоїв стабільної якості;
- методології використання ^1H ЯМР-спектроскопії для контролю технологічних процесів виробництва алкогольних напоїв і дослідження рівноважного стану сигналів гідроксильної групи протонів у системі спирт–вода;
- вивчення механізмів зміни кислотно-основних, окисно-відновних (ОВ) і каталітичних властивостей води внаслідок ЕХА;
- шляхи забезпечення високої антиоксидантної здатності настоїв спиртових з рослинної сировини у технології алкогольних напоїв.

Практична значимість. У результаті проведених досліджень розроблено:

- спосіб підготовки води стабільної якості у технології алкогольних напоїв із застосуванням ЕХА, способу одержання пористих вуглецевих матеріалів із піролізованих деревних відходів у системах водопідготовки (пат. № 103581UA);
- спосіб модифікації активного вугілля (АВ) із карбонізованих деревних відходів у технології алкогольних напоїв, що передбачає хімічну активацію з імпрегнуванням вуглецевмісної сировини КОН та подальшою карбонізацією, активацією, відмиванням, сушінням і фракціонуванням (пат. № 112819UA; пат. № 102942UA);
- спосіб виробництва горілки, що передбачає очищення ВСС пропусканням через шар АВ із піролізованої деревини (пат. № 114212UA; пат. № 103989UA);
- спосіб модифікації деревини дуба для одержання піролізованої тріски, адаптованої у технології алкогольних напоїв, що передбачає використання продуктів переробки дубової тріски з подальшим піролізом, обробкою водними розчинами, сушінням, фракціонуванням (пат. № 115673UA; пат. № 102045UA);
- спосіб виробництва алкогольних напоїв на основі дистилятів із застосуванням піролізованих деревних відходів, що дозволяє прискорити процес дозрівання спиртів, зменшити енергоємність процесу підготовки деревини та знизити собівартість продукції (пат. № 103609UA; пат. № 114210UA);
- методику оцінювання антиокиснювальної здатності настоїв спиртових із рослинної сировини (пат. № 110353UA; пат. № 110714UA);
- рецептури та технологічні інструкції на виробництво алкогольних напоїв (РЦ 37471967–5722–2011, РЦ 37471967–5723–2011, РЦ 37471967–5724–2011, РЦ 37471967–5725–2011, ТІ 37471967–5722–2011, ТІ 37471967–5723–2011, ТІ 37471967–5724–2011, ТІ 37471967–5725–2011).

Економічний ефект від впровадження результатів наукових досліджень на підприємствах України становить 1,08 млн. грн. на рік (у цінах 2011–2013 рр.).

Основні положення дисертації впроваджено в освітній процес НУХТ, зокрема, у курсовому і дипломному проектуванні та під час виконання науково-дослідних робіт.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій ґрунтується на результатах теоретичних досліджень та активних експериментів, виконаних із застосуванням сучасних методів. Результати наукових досліджень оброблено із використанням сучасного програмного забезпечення Statistica, Microsoft Office із застосуванням методів математичного моделювання та статистичного оброблення дослідних даних і визначенням адекватності результатів досліджень.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові положення, що містяться у дисертації, отримано автором самостійно. Особистий внесок полягає у теоретичному

аналізі проблеми, визначенні напряму досліджень, розробки методики оцінювання якості, складанні схем експериментальних досліджень, плануванні експериментів, математико-статистичній обробці та узагальненні одержаних результатів, науковому обґрунтуванні нових рішень технологій алкогольних напоїв, проведенні заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробництво та навчальний процес.

Модифікацію сорбентів із деревних відходів проведено за сприяння д.х.н., проф. Шендрік Т.Г., д.х.н., проф. Кучеренка В.О. (ІНФОВ НАНУ), ¹Н ЯМР-спектроскопію – за сприяння к.х.н., с.н.с. Суйкова С.Ю. (ІНФОВ НАНУ), фізико-хімічні дослідження – за сприяння Ловягіна О.М. (ТОВ «ДЛГЗ «Лік»). Аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено з д.т.н., проф. Топольник В.Г. (ДонНУЕТ), д.т.н., проф. Мирончуком В.Г. (НУХТ). Автор висловлює вдячність за надані консультації під час оформлення роботи д.т.н., проф. Грабовській О.В., к.т.н., доц. Куцу А.М., д.т.н., проф. Маринченку В.О., к.т.н., доц. Олійник С.І., д.т.н., проф. Прибильському В.Л., д.т.н., проф. Шияну П.Л. (НУХТ), д.х.н., проф. Шендрік Т.Г. (ІНФОВ НАНУ).

Апробація роботи. Основні положення та результати виконаних досліджень доповідалися, обговорювалися і були схвалені на:

– всеукраїнських науково-практичних конференціях: «Актуальні проблеми харчової промисловості та підготовки кадрів для галузі» (Луганськ, 2011 р.); «Проблеми розвитку та впровадження систем управління, стандартизації, сертифікації, метрології в регіонах України» (Донецьк, 2012 р.); «Мембранні процеси та обладнання в харчових технологіях та інженерії» (Київ, 2014 р.); «Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції» (Київ, 2018 р.); «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі» (Київ, 2020 р.) та інших;

– міжнародних науково-практичних конференціях: «Техника и технология пищевых производств» (Могильов, Білорусь, 2011 р.); «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании» (Ярославль, Росія, 2012 р.); «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі» (Харків, 2013 р.); «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі» (Харків, 2014 р.); «Якість і безпека харчових продуктів» (Київ, 2015, 2019 рр.); «Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства» (Тернопіль, 2016 р.); «Food Science for Well-being. SEFood 2016» (Київ, 2016 р.); «Стратегія збалансованого використання економічного, технологічного та ресурсного потенціалу країни» (Тернопіль, 2016 р.); «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» (Київ, 2017 р.); «Chemical Technology and Engineering» (Львів, 2019 р.); «Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки» (Київ, 2019 р.); «Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв» (Прага, Чехія, 2020 р.) та інших.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 106 наукових праць, у тому числі: 3 монографії в Україні; 5 розділів у закордонних колективних монографіях; 1 стаття, що індексується міжнародною наукометричною базою Scopus; 7 статей, що індексуються міжнародною наукометричною базою Web of Science Core Collection; 11 статей, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних Index Copernicus, Google Scholar тощо; 17 статей у фахових виданнях, затверджених Міністерством освіти і науки України; 4 патенти України на винахід; 7 патентів України

на корисну модель; 1 свідоцтво про авторське право; 50 тез і матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з двох томів. Перший том включає вступ, 8 розділів, список використаних джерел, загальні висновки. Матеріали дисертації викладено на 321 сторінках друкованого тексту, містять 113 рисунки та 93 таблиці. Список використаних джерел включає 504 найменувань, у тому числі 148 закордонних. Другий том містить 9 додатків на 187 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі окреслено науково-технічні проблеми, вирішенню яких присвячено дисертацію, обґрунтовано актуальність теми та розкрито її зв'язок з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету та завдання досліджень; розкрито предмет, об'єкт досліджень; сформовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача; наведено дані про апробацію, публікації, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі «Теоретичні аспекти формування якості алкогольних напоїв і передумови розвитку сучасних технологій» систематизовано вихідні положення для обґрунтування технологій алкогольних напоїв стабільної якості, які ґрунтуються на оцінюванні прийнятих рішень відносно зменшення собівартості, мінімізації втрат сировини, збільшення виходу готової продукції. Проаналізовано сучасний стан теорії та практики, що базується на результатах наукових праць сучасних науковців й обумовлює перспективність розвитку нових і удосконалення існуючих технологій алкогольних напоїв стабільної якості. На основі аналізу нових і удосконалення існуючих технологій підготовки води запропоновано спосіб ЕХА для утилізації зворотних вод і доведено необхідність міжмолекулярних взаємозв'язків у ВСС для досягнення стабільної якості алкогольних напоїв. Доведено актуальність проведення досліджень щодо застосування ^1H ЯМР-спектроскопії у ВСС внаслідок встановлення хімічної рівноваги протонів гідроксильної групи. Обґрунтовано своєчасність отримання альтернативних матеріалів із піролізованих деревних відходів методом хімічної активації та підготовленої деревини для витримування алкогольної продукції. Аналіз сучасних тенденцій впровадження інноваційних технологій і наукових уявлень про процеси формування показників якості алкогольних напоїв свідчить, що подальший розвиток наукових досліджень має бути спрямований на визначення оптимальних умов проведення технологічних процесів з метою підвищення якості вітчизняної продукції за широким комплексом показників. Доведено, що підвищення рівня екологічної безпеки, економічної ефективності процесів утилізації відходів дозволить виробляти і поставляти на зовнішній і внутрішній ринки конкурентоздатну продукцію і задовольняти попит на високоякісні алкогольні напої. На підставі аналітичного огляду науково-технічної літератури сформульовано завдання досліджень і визначено шляхи їх вирішення.

У другому розділі «Об'єкти, методи і методика досліджень» науково обґрунтовано та сформульовано основну гіпотезу досліджень, що потребує підтвердження. Наведено методи, будову, параметри та режими роботи дослідно-промислових установок, методику обробки експериментальних даних, методики дослідження властивостей і характеристик сировини, напівпродуктів, готової продукції.

У лабораторних, дослідно-промислових і виробничих умовах для визначення фізико-хімічних показників води, спирту, ВСС, алкогольних напоїв використовували

загальноновживані сучасні методики досліджень: газохроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів; методи іонної хроматографії. Для встановлення рівноважного стану протонів застосовували ^1H ЯМР-спектроскопію.

Для удосконалення технології алкогольних напоїв і стабілізації їхньої якості використовували науково-теоретичну базу кваліметрії. Фізичний зміст визначення КПЯ: абсолютні значення показників якості (P_{ij}) встановлюють у відповідності з кодованими значеннями (Y_{ij}), які завдяки графічній залежності безрозмірної шкали Харрінгтона (рис. 1) набувають відносні показники (K_{ij}). Одиничні показники якості (K_{ij}) знаходяться у діапазоні (1,00...0,00) з оцінкою: «відмінно» – (1,00...0,80); «добре» – (0,80...0,63); «задовільно» – (0,63...0,37); «погано» – (0,37...0,20); «дуже погано» – (0,20...0,00). За еталонне значення прийнято ($K_{ij}^{\text{ет}}$) 1,00 та ($Y_{ij}^{\text{ет}}$) 3,00; за допустиме значення – ($K_{ij}^{\text{доп}}$) 0,37 та ($Y_{ij}^{\text{доп}}$) 0,00; за бракувальне значення – ($K_{ij}^{\text{бр}}$) 0,00 та ($Y_{ij}^{\text{бр}}$) мінус 3,00.

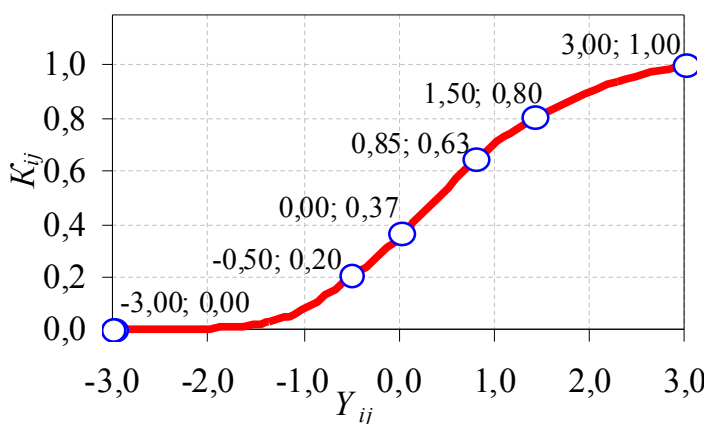


Рисунок 1 – Графік безрозмірної шкали Харрінгтона

Для вивчення органолептичних показників води, спирту, ВСС, алкогольних напоїв користувалися експертним методом. Портрети профілю флейвору алкогольних напоїв отримували за 7-бальною шкалою відповідності інтенсивностей відчуття ароматичних і смакових властивостей, із застосуванням профільного критерію якості – «багатокутника якості», який визначали як суму площ окремих трикутників, утворених променями окремих показників якості.

Для встановлення оптимальних технологічних параметрів користувалися методом математичного планування експерименту Бокса-Уілсона. Результати досліджень систематизували, піддавали математико-статистичному аналізу із застосуванням програмного забезпечення Statistica, Microsoft Office та оформлювали у вигляді таблиць і графіків.

У третьому розділі «Удосконалення технології підготовки води для виробництва алкогольних напоїв стабільної якості» наведено результати досліджень фізико-хімічних показників води (питної, зм'якшеної, демінералізованої – пермеату, концентрованої – ретентату, ЕХА – католіту, аноліту), у залежності від масової частки (МЧ) їхніх сумішей (ω) з кроком у 25 % (рис. 2), з подальшим моделюванням раціонального складу підготовленої води для виробництва алкогольних напоїв стабільної якості та перетворенням абсолютних значень у відносні – K_0 .

Встановлено, що існуючі способи підготовки води мають обмежений діапазон раціонального складу води, на відміну від ЕХА, яка розширює ці діапазони при моделюванні якісного складу підготовленої води.

За дослідженнями встановлено, що найвище значення якості підготовленої води отримано під час ЕХА питної води – суміш католіт/аноліт (ω , % – 75/25).

Якість суміші католіт/аноліт (K_0 , од. – 0,372) для ω 75/25 % збільшено на 15 % по відношенню до початкового значення питної води (K_0 , од. – 0,323), що пояснюється зменшенням: забарвленості на 13 % – з 8 до 7 градусів; жорсткості загальної на 83 % з

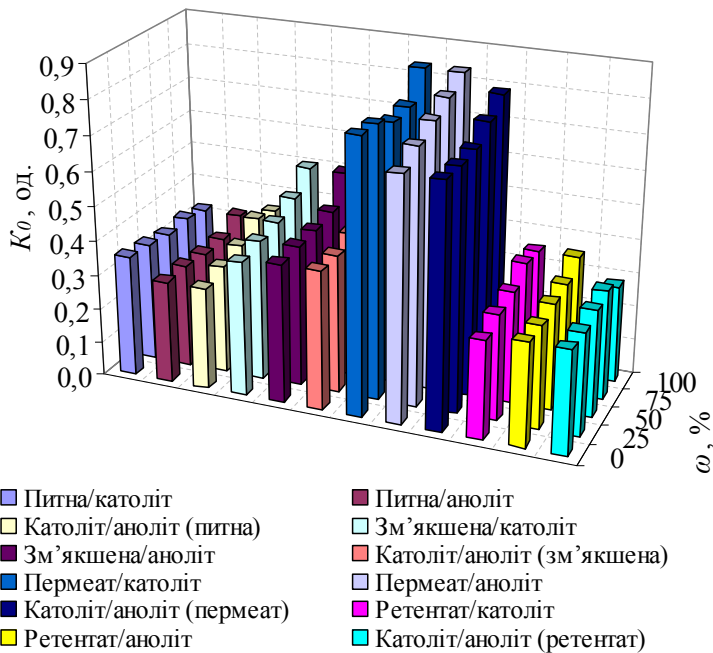


Рисунок 2 – Залежність K_0 підготовленої води від МЧ водних сумішей (ω)

показника на 10 %; МК натрію та калію на 29 % – з 97,12 до 125,36 мг/дм³; питомої електричної провідності на 19 % – з 1,165 до 1,445 мкСм/см (таблиця 1).

З'ясовано, що зменшення МК кальцію та магнію у питній воді відбувається завдяки ЕХА, що приводить до зменшення виснаженості Na-катіоніту та збільшення на ≈ 80 % міжрегенерацийного періоду Na-катіонітного фільтра.

Доведено ефективність ЕХА підготовленої води, адаптованої до технології алкогольних напоїв стабільної якості, що передбачає використання питної води з подальшою ЕХА, МЧ католіт/аноліт (ω , % – 75/25), з подальшим Na-катіонуванням, демінералізацією зворотним осмосом та утилізацією ретентату. Встановлено, що утилізація ретентату приводить до покращання якості (K_0 , од. – 0,437) і безпечності води на 35 % порівняно з питною водою (K_0 , од. – 0,323), а підготовлена вода за удосконаленою технологією має значення K_0 0,928 од., яке збільшене на 11 % по відношенню до демінералізованої води за типовою технологією (K_0 , од. – 0,837).

Розроблена технологія підготовки води дозволяє отримувати стабільні структури з допустимими параметрами МК натрію, загальної лужності, МК кремнію/кремнієвої кислоти, сухого залишку, які формують стійкість горілок під час зберігання, що підтверджено відповідними значеннями коефіцієнтів парної кореляції $r = 0,82; 0,70; 0,87$ (рис. 3), при подальшому зменшенні МК натрію (Na) у 23 рази, загальної лужності – у 21 раз, МК кремнію(Si)/кремнієвої кислоти – у 13 разів завдяки демінералізації зворотним осмосом у порівнянні із зм'якшеною водою Na-катіонуванням.

З рис. 4 простежується, що між водневим показником (pH), хімічним зсувом гідроксиду (δ_{H_2O}), ОВ-потенціалом (Eh) та загальною лужністю існують міцні взаємозв'язки з коефіцієнтами парної кореляції $r = 0,70; -0,89; 0,85$, що доводить перспективність застосування ЕХА у перебудові міжмолекулярних водневих зв'язків.

Також встановлено, що міцні зв'язки ($r = 0,79$) існують між Eh води та загальною лужністю. Водночас ЕХА забезпечує прискорення або уповільнення протонного обміну

8,04 до 1,36 ммоль/дм³; зменшенням масової концентрації (МК) кальцію на 87 % та магнію на 76 %; загальної лужності на 33 %; окиснюваності на 25 %; сухого залишку на 38 %; МК сульфатів на 29 %; МК хлоридів на 42 %; МК силікатів на 29 %; МК ортофосфатів на 49 %; МК нітратів (за NO₃⁻) на 46 %; ОВ-потенціалу до відновних значень на 119 %. Відмічається зміщення хімічного зсуву гідроксиду у «сильне поле» на 0,19 м. ч. – з 4,60 до 4,41 м. ч., що також позитивно впливає на якість суміші католіт/аноліт (ω , % – 75/25). Разом з тим відбувалося зниження якості води за рахунок збільшення: мутності на 115 %; водневого

у воді, який впливає на положення хімічного зсуву гідроксильного протону води.

Таблиця 1 – Характеристика підготовленої води

Показники	Удосконалена технологія					Типова технологія
	Питна вода	Католіт/аноліт 75/25%	Зм'якшена вода	Ретен-тат	Пермеат	Пермеат
Забарвленість, градус	8,00	7,00	0,00	12,00	0,00	0,00
Мутність, мг/дм ³	0,84	1,81	1,19	4,07	0,00	0,00
Жорсткість загальна, ммоль/дм ³	8,04	1,36	0,01	0,03	0,00	0,02
Лужність загальна, ммоль/дм ³	5,38	3,59	2,85	4,23	0,10	0,15
Окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	4,25	3,21	1,84	16,25	0,29	0,46
Сухий залишок, мг/дм ³	874,0	543,0	436,0	745,0	10,0	15,0
Водневий показник, од. рН	6,91	7,62	7,89	7,49	6,31	5,75
МК натрію та калію, мг/дм ³	97,12	125,36	330,13	463,05	13,80	11,60
МК сульфатів, мг/дм ³	265,20	189,40	137,20	249,40	2,50	3,20
МК хлоридів, мг/дм ³	77,10	44,80	42,30	62,20	5,30	13,0
МК силікатів, мг/дм ³	4,81	3,45	4,26	4,78	0,31	0,50
МК ортофосфатів, мг/дм ³	0,86	0,44	0,53	1,25	0,02	0,04
МК нітратів (за NO ₃ ⁻), мг/дм ³	10,20	5,49	1,27	4,52	0,00	0,00
МК кальцію, мг/дм ³	104,34	13,24	0,00	0,01	0,00	0,00
МК магнію, мг/дм ³	22,84	5,60	0,00	0,26	0,00	0,00
МК кремнекислоти, мг/дм ³	10,30	7,52	9,42	12,06	0,72	1,10
Питома електрична провідність, мкСм/см	1,165	1,445	1,227	1,894	0,024	0,021
ОВ-потенціал (Еh), мВ	269,0	-50,2	-53,7	-73,0	-82,3	393,0
Хімічний зсув гідроксилу, м. ч.	4,60	4,41	4,47	4,40	4,44	4,63
Наявність гідратів EtOH·5H ₂ O	-	+	+	+	+	-
K ₀ , од.	0,323	0,372	0,518	0,437	0,928	0,837

З'ясовано, що питна вода після ЕХА насичується відновниками на катоді, з утворенням атомарного водню, який перетворюється на молекулярний водень. Це приводить до посилення водневих зв'язків і зміщення хімічного зсуву гідроксилу у «сильне поле» $\delta_{\text{H}_2\text{O}} - 4,490$ м. ч. Паралельно відбувається зменшення концентрації іонів гідроксонію (H_3O^+) відносно іонів гідроксилу (OH^-) та збільшення рН у католіті до 9,84 од. та зменшення Еh до відновних значень -182,5 мВ.

ЕХА призводять до утворення на аноді атомарного кисню, що з'єднується у молекули. Це забезпечує насичення води високоактивними окисниками. Також відбувається: збільшення концентрації іонів гідроксонію (H_3O^+) по відношенню до іонів гідроксилу (OH^-); зменшення водневого показника до 2,4 од. рН в аноліті; збільшення Еh до окисних значень 427,0 мВ; посилення водневих зв'язків і зміщення $\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ у «сильне поле» – в область значень 4,185 м. ч.

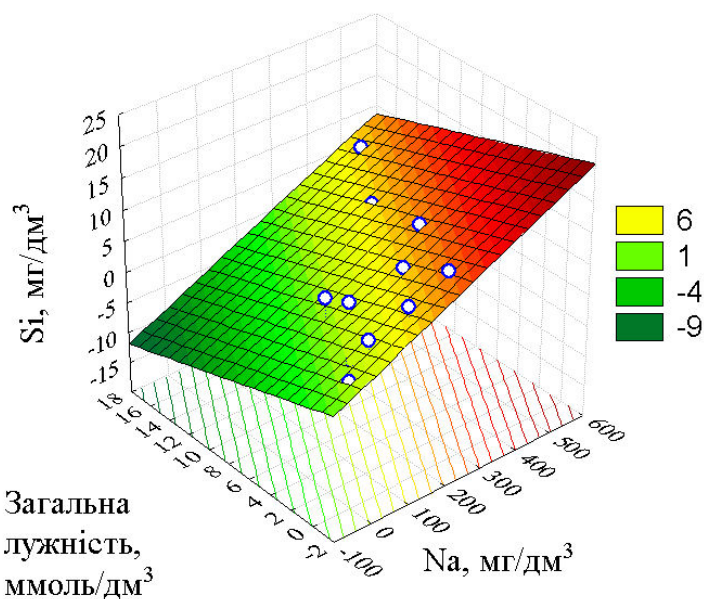


Рисунок 3 – Залежність Na від загальної лужності та Si

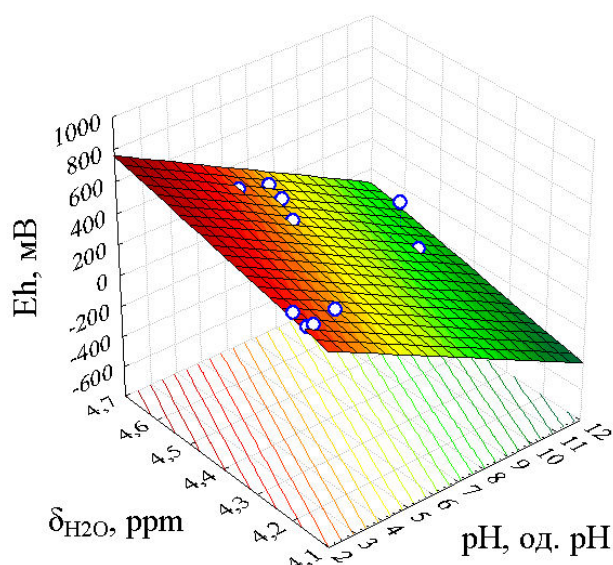


Рисунок 4 – Залежність δ_{H_2O} від pH та Eh

комплексів у системі спирт–вода» науково обґрунтовано механізм утворення рівноважного стану протонів гідроксильної групи в алкогольних напоях, за технологіями та рецептурами лікєро-горілочних підприємств України (31 зразок: горілки – 17 зразків; горілки особливі – 13 зразків; контрафактна горілка – 1 зразок), під час формування несталої, перехідної або сталої рівноваги методом 1H ЯМР (рис. 5).

На рис. 5, а систематизовано несталу рівновагу, яка характеризується системою спирт–вода, що знаходиться у нерівноважному стані. Головною ознакою несталої рівноваги є наявність розділених асоціатів етанолу і води при ослаблених водневих зв'язках. Це пояснюється різницею у хімічних зсувах між δ_{EtOH} 5,34 м. ч. і δ_{H_2O} 4,72 м. ч., що становить $\Delta\delta$ 0,62 м. ч. (Δf , Гц – 248) та унеможливорює формування унітарного сигналу протонів гідроксильної групи та утворення гідратів.

Отже, для збільшення стійкості горілок запропоновано удосконалити технологію підготовки води ЕХА питної води та створенням суміші католіт/аноліт ω 75/25 % (рН, од. рН – 7,62), з подальшим На-катионуванням (рН, од. рН – 7,89) та демінералізацією зворотним осмосом (пермеат – 6,31 од. рН; ретентат – 7,49 од. рН).

Вода підвищеної якості має значення K_0 0,928 од., збільшене на 11 % відносно демінералізованої води (K_0 , од. – 0,837) за типовою технологією. Це пояснюється зменшенням: загальної жорсткості на 100 %; загальної лужності на 33 %; окиснюваності на 37 %; сухого залишку на 33 %; МК сульфатів на 22 %; МК хлоридів на 59 %; МК силікатів на 38 % і МК кремнекислоти на 35 %, МК ортофосфатів на 50 %; Eh – до відновних значень на 121 %; зміщення δ_{H_2O} у «сильне поле» на 0,13 м. ч. При цьому відбувалося зниження якості за рахунок збільшення: рН на 10 %; МК натрію та калію на 19 %; питомої електричної провідності на 16 %.

У четвертому розділі «Наукове обґрунтування механізмів утворення стабільних

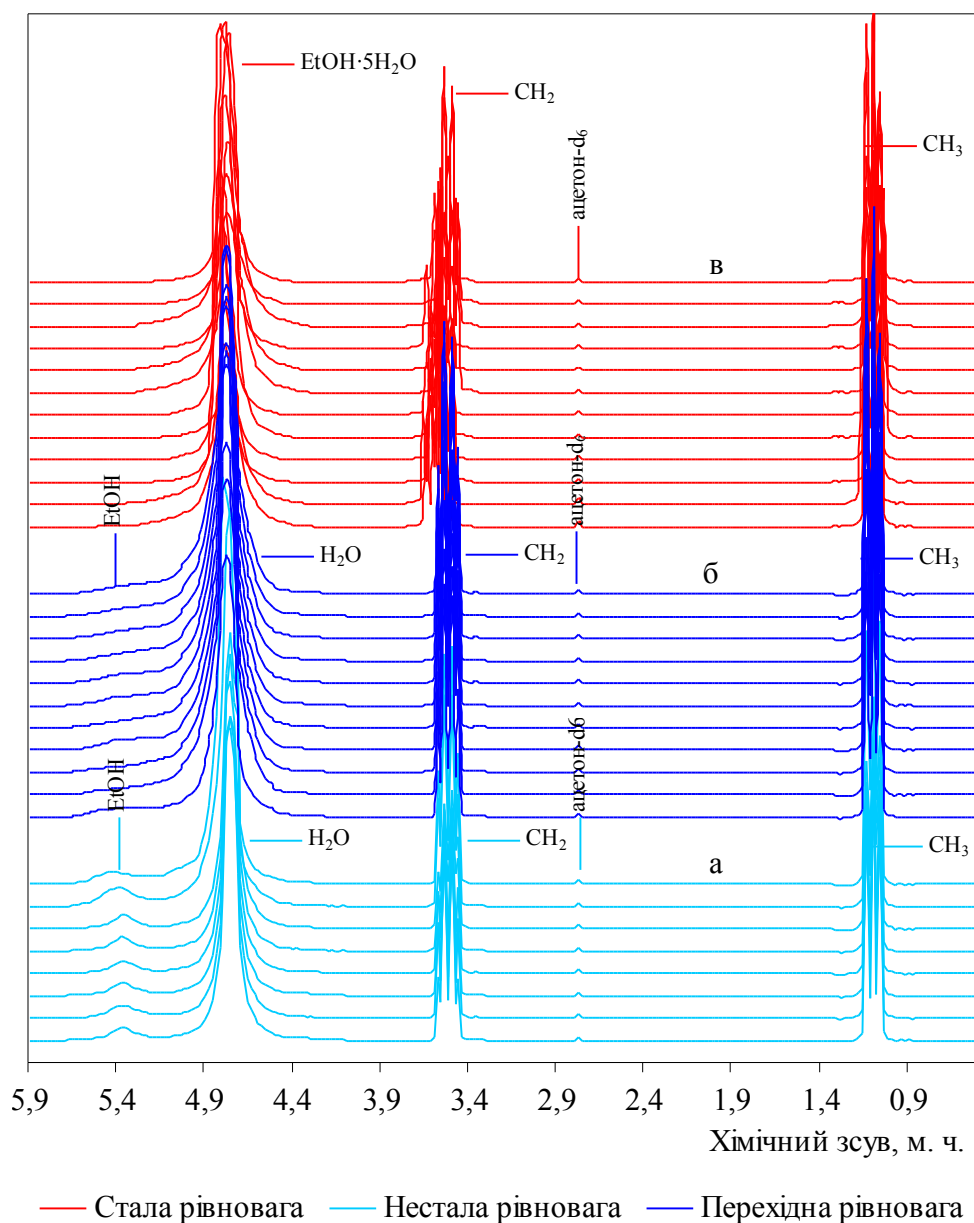


Рисунок 5 – ^1H ЯМР-спектри резонансу протонів метильної (CH_3), метиленової (CH_2), гідроксильної (OH) груп та стан рівноважності системи спирт-вода у горілках: а – нерівноважний; б – перехідний; в – рівноважний

рівноважним станом протонів гідроксильної групи. За таких обставин гідроксил представлено сумарним синглетом (s) з $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}}$ 4,75...4,80 м. ч. Це пояснюється відсутністю різниці у хімічних зсувах між EtOH і H_2O . Внаслідок цього з'ясовано, що унітарність гідроксильних протонів передбачає стабілізацію комплексів системи спирт-вода з одночасним зміцненням водневих зв'язків. Одночасно утворюються гідрати етанолу $\text{EtOH}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ з числом молекул води – 5, що доводяться на одну молекулу етанолу.

І нарешті з'ясовано, що встановлення рівноважного стану протонів гідроксильної групи завдяки утворенню несталої, перехідної, сталої рівноваги відбувається завдяки посиленню/послабленню водневих зв'язків між молекулами у ВСС. Встановлено, що для технології горілок стала рівновага (39 % зразків) характеризує повне змішування води та спирту. З'ясовано, що головною ознакою сталої рівноваги є утворення гідратів етанолу

З даних графіку (рис. 5, б) можна ідентифікувати перехідну рівновагу, яка більшою мірою має такі елементи, як і нестала рівновага та є проміжною стадією між несталою і сталою рівновагами. Це пояснюється відсутністю унітарного сигналу протонів гідроксильної групи етанолу і води підготовленої з різницею між δ_{EtOH} 5,34 м. ч. і $\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,75 м. ч., що становить $\Delta\delta$ 0,59 м. ч. (Δf , Гц – 236). Разом із цим компонента мультиплету протона гідроксильної групи етанолу EtOH представлена у вигляді ледве помітного синглета (s) округлої форми.

З'ясовано, що стала рівноваги (рис. 5, в)

характеризується

типу $\text{EtOH} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, що пояснюється найбільш міцним водневим зв'язуванням ОН-груп. Незважаючи на це, нестала та перехідна рівноваги (61 % зразків) доказують неповне змішування води та спирту. Це підтверджується зменшенням чисельності ОН-груп, пов'язаних сильним водневим зв'язком.

Встановлено, що CH_3 -група протонів знаходиться у сильному полі й представлена триплетом (t) з відносною інтенсивністю (1:2:1). Середня величина хімічного зсуву CH_3 -групи знаходиться у межах δ_{CH_3} 1,07...1,09 м. ч. Окрім цього, CH_2 -група протонів представлена у вигляді квартету (q) з інтенсивністю (1:3:3:1) та середньою величиною хімічного зсуву δ_{CH_2} 3,52...3,54 м. ч. З'ясовано, що різниця у хімічних зсувах між CH_3 - і CH_2 -групами – $\Delta\delta$ 2,45 м. ч. (Δf , Гц – 980) характеризує міцні зв'язки. Це пояснюється стабільністю даних груп протонів від розчинника (води підготовленої) у ВСС.

Отже, експериментально підтверджено ефективність використання ^1H ЯМР-спектроскопії для контролю технологічних процесів виробництва горілок і дослідження рівноважного стану протонів ОН-групи.

У залежності від технологій підготовки води: питної; зм'якшеної; демінералізованої зворотним осмосом; концентрованої зворотним осмосом; деіонізованої дистиляцією; підготовленою ЕХА, експериментально обґрунтовано механізм утворення рівноважного стану протонів ОН-групи у системі спирт–вода (рис. 6). Протонні спектри вимірювали у діапазоні концентрацій води та спирту, з утворенням ВСС (40 об. %).

Встановлено, що протони ОН-групи спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс» з об'ємною часткою етанолу 96,37 % представлено двома розділними сигналами етанолу δ_{EtOH} 5,65 м. ч. та води $\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,85 м. ч. з різницею $\Delta\delta$ 0,80 м. ч. (Δf , Гц – 320). Окрім цього встановлено, що протони ОН-групи води представлено синглетом з $\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,17...4,65 м. ч., положення якого змінюється у залежності від технології підготовки води.

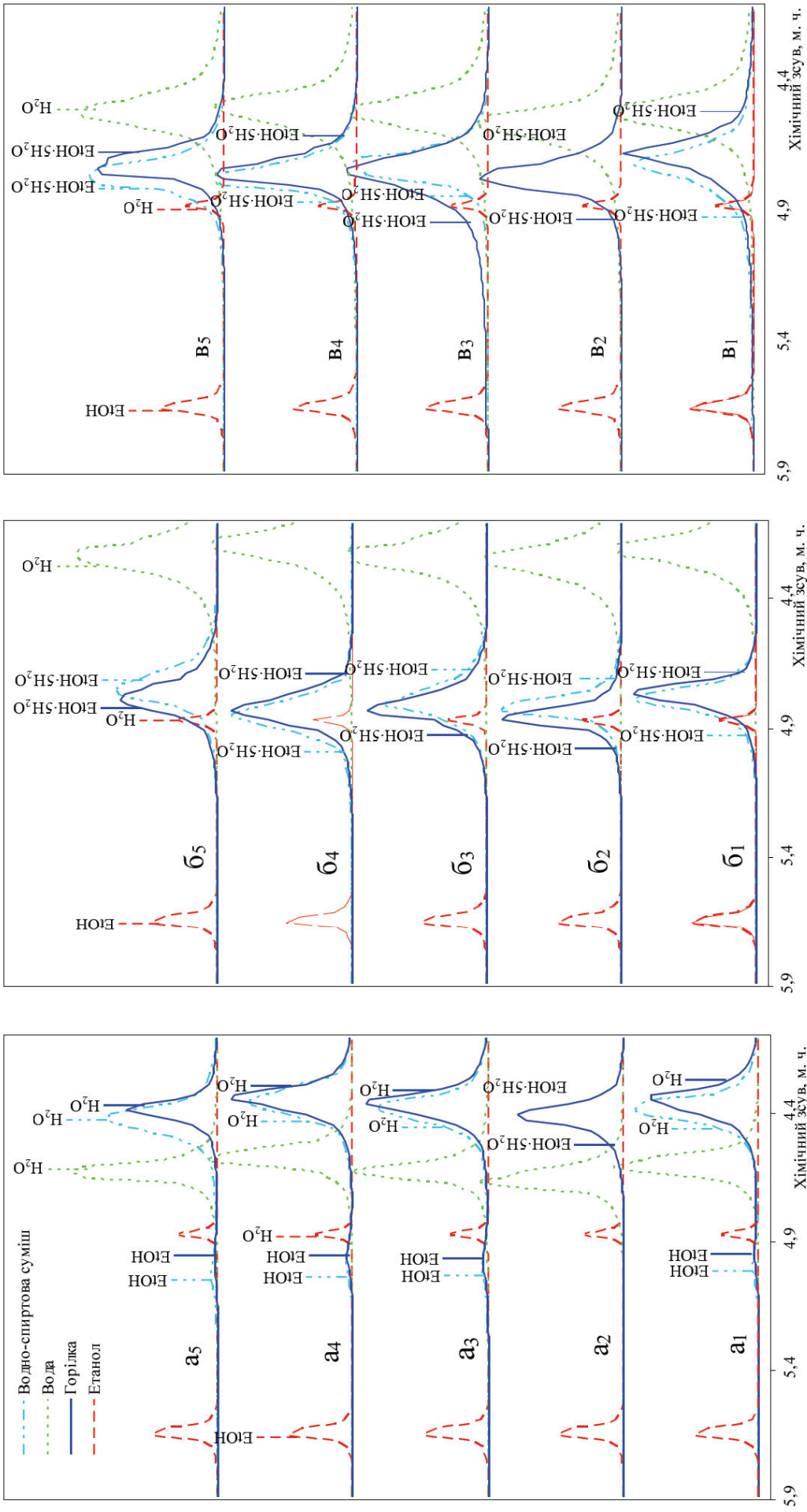
З'ясовано механізм утворення системи спирт–вода (питна) (рис. 6, а₁). Наявність окремих асоціатів води ($\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,36 м. ч.) та етанолу (δ_{EtOH} 4,96 м. ч.) з різницею $\Delta\delta$ 0,60 м. ч. (Δf , Гц – 240) пояснюється ослабленням водневих зв'язків у системі. При цьому встановлено, що обробка ВСС АВ не призводить до суттєвих змін у системі спирт–вода (питна). Умов для утворення стабільних систем не виявлено, що пояснюється відсутністю гідратів етанолу та характеризується несталою рівновагою.

Вивчення системи спирт–вода (зм'якшена) (рис. 6, а₂) дозволило охарактеризувати умови утворення сталої рівноваги, що підтверджується миттєвим утворенням гідратів $\text{EtOH} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ та одночасним зміцненням водневих зв'язків.

У системі спирт–вода (пермеат) виявлено несталу рівновагу (рис. 6, а₃). З'ясовано, що перебудова системи спирт–вода (пермеат) відбувається з одночасним руйнуванням водневих зв'язків, що пояснюється наявністю окремих асоціатів води ($\delta_{\text{H}_2\text{O}}$, м. ч. – 4,38) і етанолу (δ_{EtOH} , м. ч. – 4,99). Система спирт–вода (ретентат) (рис. 6, а₄) також характеризується несталою рівновагою протонів $\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,36 м. ч. та етанолу δ_{EtOH} 4,98 м. ч.

Вивчення системи спирт–вода (деіонізована) (рис. 6, а₅) підтверджує наявність окремих асоціатів води ($\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,40 м. ч.) та етанолу (δ_{EtOH} 5,04 м. ч.), що характеризує несталу рівновагу.

Дослідження технологій підготовки води, окрім Na-катіонування, показало, що класичні способи підготовки не приводять до стабілізації протонів ОН-групи з утворенням гідратів і зміцненням водневих зв'язків у ВСС і горілках. Тому потребують подальшого розвитку пошук і застосування альтернативних технологій, зокрема ЕХА.



а

б

в

Рисунок 6 – ^1H ЯМР-спектри резонансу протонів ОН-групи ВСС і горілок, підготовлених із змішуванням спирту етилового ректифікованого та води: а – без ЕХА; б – за рахунок анодної ЕХА; в – за рахунок катодної ЕХА; 1 – питної; 2 – зм'якшеної Na^+ катіонуванням; 3 – демінералізованої зворотним осмосом (пермеат); 4 – концентрованої зворотним осмосом (ретенат); 5 – деіонізованої дистилляцією (дистилат)

ЕХА води (рис. 6, б-в) призводить до зміцнення водневих зв'язків у системі спирт-вода внаслідок повної гідратації етанолу, що характеризує сталу рівновагу. Зміна форми та положення протонів ОН-груп пояснює посилення/послаблення водневих зв'язків між молекулами у ВСС. Найбільш міцне воднєве зв'язування ОН-груп у системі спирт-вода спостерігали на воді, підготовленої ЕХА, що пояснюється миттєвою гідратацією етанолу з об'ємною часткою спирту 40 об. %. Це підтверджується появою гідратів типу $\text{EtOH} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, завдяки швидкого міжмолекулярного обміну гідроксилу етанолу з вільними іонами водню або гідроксильними групами, під час ЕХА.

Для встановлення закономірностей міжмолекулярних взаємодій у системі спирт-вода проведено математико-статистичні дослідження ВСС. Протони ОН-групи у системі спирт-вода на воді: питній, зм'якшеній, демінералізованій, концентрованій, деіонізованій (рис. 6, а) не мали міцних кореляційних зв'язків. Зміцнення кореляційних зв'язків у системі спирт-вода між гідроксильною ($\delta_{\text{EtOH} \cdot \text{H}_2\text{O}}$) і метиленою (δ_{CH_2}) групою ($r = 0,74$) (рис. 7), гідроксильною ($\delta_{\text{EtOH} \cdot \text{H}_2\text{O}}$) і метильною (δ_{CH_3}) групою ($r = 0,74$) відбувається завдяки ЕХА на стадіях підготовки води за рахунок утворення водневих зв'язків та утворенням гідратів типу $\text{EtOH} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (рис. 6, б-в).

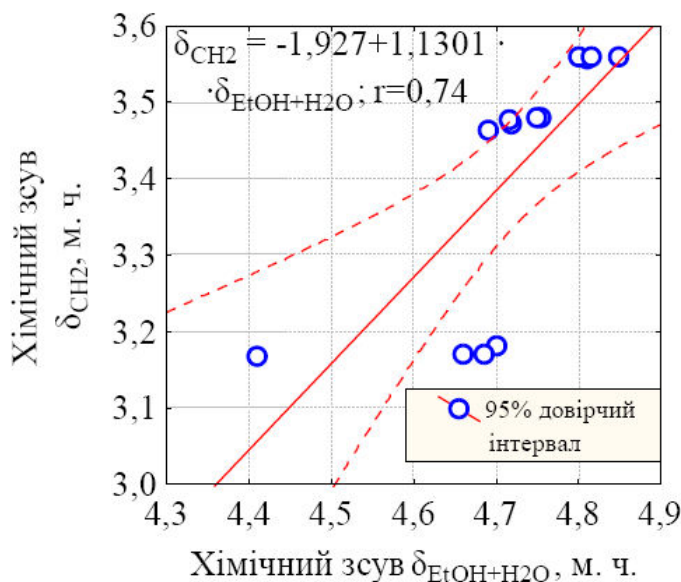


Рисунок 7 – Залежність $\delta_{\text{EtOH} \cdot \text{H}_2\text{O}}$ від δ_{CH_2}

відбувається пом'якшення смаку ВСС, що може бути пов'язано з утворенням гідратів у ВСС (40 об. %).

У п'ятому розділі «Наукове обґрунтування технологічних процесів виробництва алкогольних напоїв стабільної якості» наведено експериментальні дослідження з модифікації продуктів вторинної переробки сировини – підготовленої деревини, пористих вуглецевих матеріалів, АВ; підготовленої води ЕХА, адаптованих до технології алкогольних напоїв. Розроблено наукові підходи кваліметрії, що дозволяють оцінити та забезпечити стабільно-високу якість і безпечність алкогольних напоїв.

Характер управління процесом ЕХА для оптимізації їх характеристик вказує на існування внутрішньої взаємодії між варійованими чинниками та параметрами оптимізації. З'ясовано, що зменшення температури води (T , К), напруги на електродах електролізеру (U , В) і тривалості обробки (τ , с) приводять до зменшення загальної жорсткості католіту у 20 разів (рис. 8, а) та загальної лужності аноліту – у 40 разів (рис. 8, б). ЕХА приводить до збільшення водневого показника на катоді від 7,3 до 9,9 од. рН,

Встановлено, що технології підготовки води впливають на органолептичні характеристики (зовнішній вигляд, запах, смак) ВСС на воді: питній – 9,43 балів; зм'якшеній – 9,49 балів; демінералізованій – 9,30 балів; концентрованій – 9,47 балів; деіонізованій – 9,30 балів. Технології анодної та катодної ЕХА розширюють значення органолептичних показників ВСС: на питній воді – до 9,48 балів; на зм'якшеній – до 9,51 балів; на демінералізованій – до 9,45 балів; на концентрованій – до 9,48 балів; на деіонізованій – 9,36 балів. При цьому

через що в анодній камері відбувається зменшення водневого показника аноліту удвічі – від 5,7 до 2,8 од. рН (рис. 8, в). ОВ-потенціал католіту має відновні значення $-245,5$ мВ, для аноліту – окиснювальні значення $+496,5$ мВ (рис. 8, г).

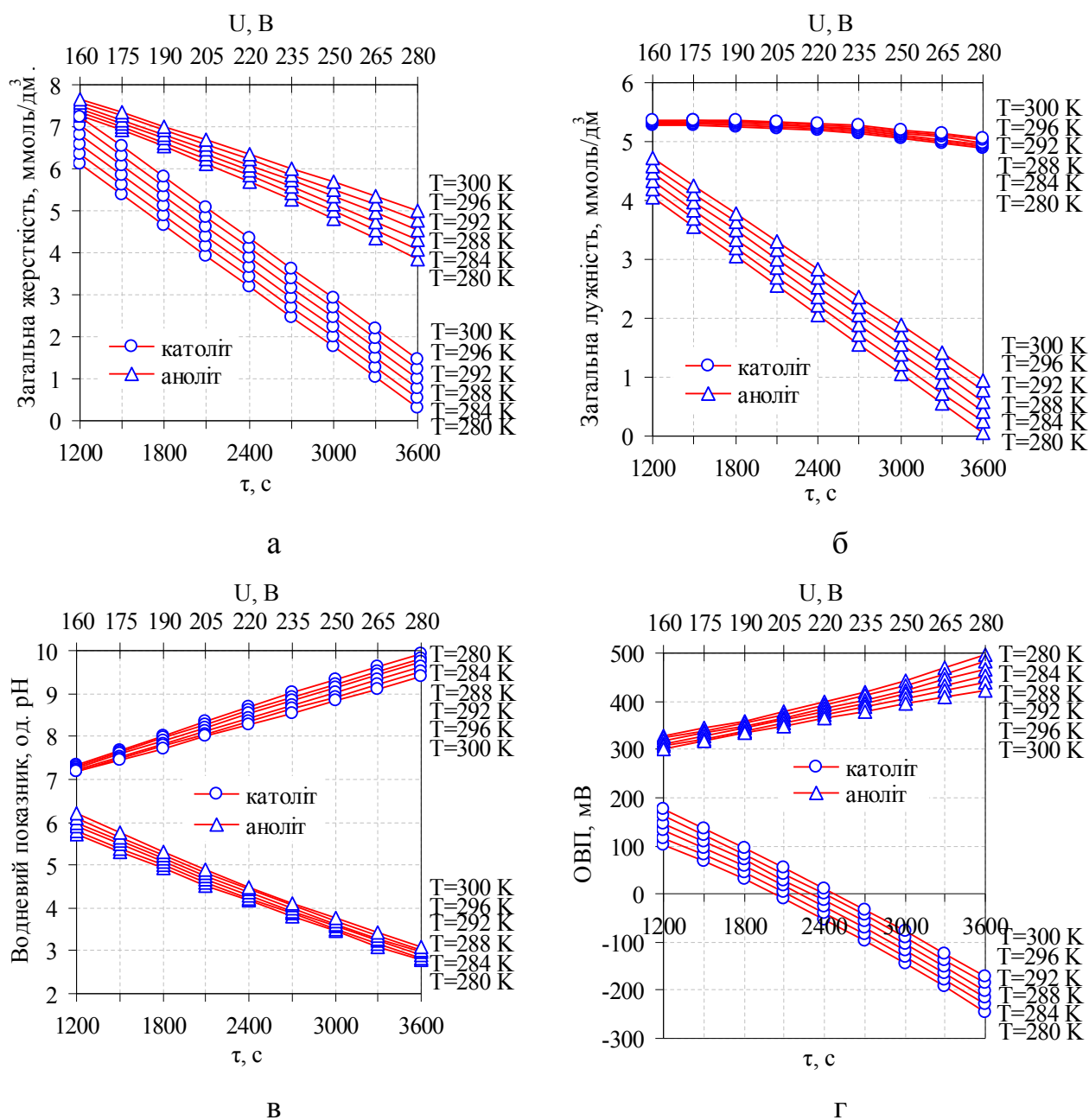


Рисунок 8 – Зміна показників якості підготовленої води для виробництва горілок і горілок особливих за ЕХА питної води

Результати комплексно-кількісного оцінювання якості води, підготовленої ЕХА, на основі питної води, у камерах електрохімічного активатора, дозволили констатувати, що КПЯ підготовленої води має значення K_0 від 0,385 до 0,393 од. Оптимальні умови ЕХА: температура води 280 К, напруга на електродах 280 В, тривалість обробки 3600 с, що дозволяє отримувати підготовлену воду для подальшого зм'якшення, демінералізації та утилізації зворотних вод у технології алкогольних напоїв стабільної якості.

Одним з найважливіших етапів виробництва алкогольних напоїв із дистилатів

збродженої рослинної сировини є витримка спирту-сирцю (зернового та виноградного дистилятів) у дубових бочках, які додатково обпалюють всередині, що збагачує кінцевий продукт екстрактивними речовинами та покращує органолептичні характеристики.

Досліджено застосування інноваційної сировини із піролізованих деревних відходів – продуктів вторинної переробки сировини та визначені оптимальні параметри витримки спирту-сирцю з підготовленою деревиною. Отримано математичні моделі залежності показників якості алкогольних напоїв із дистилятів, залежно від умов проведення технологічного процесу: тривалості витримки дистиляту (x_1, τ); масового співвідношення піролізованої дубової тріски до непіролізованої дубової тріски (x_2, w_p); МЧ технологічної тріски у дистиляті (x_3, w_t) (рис. 9).

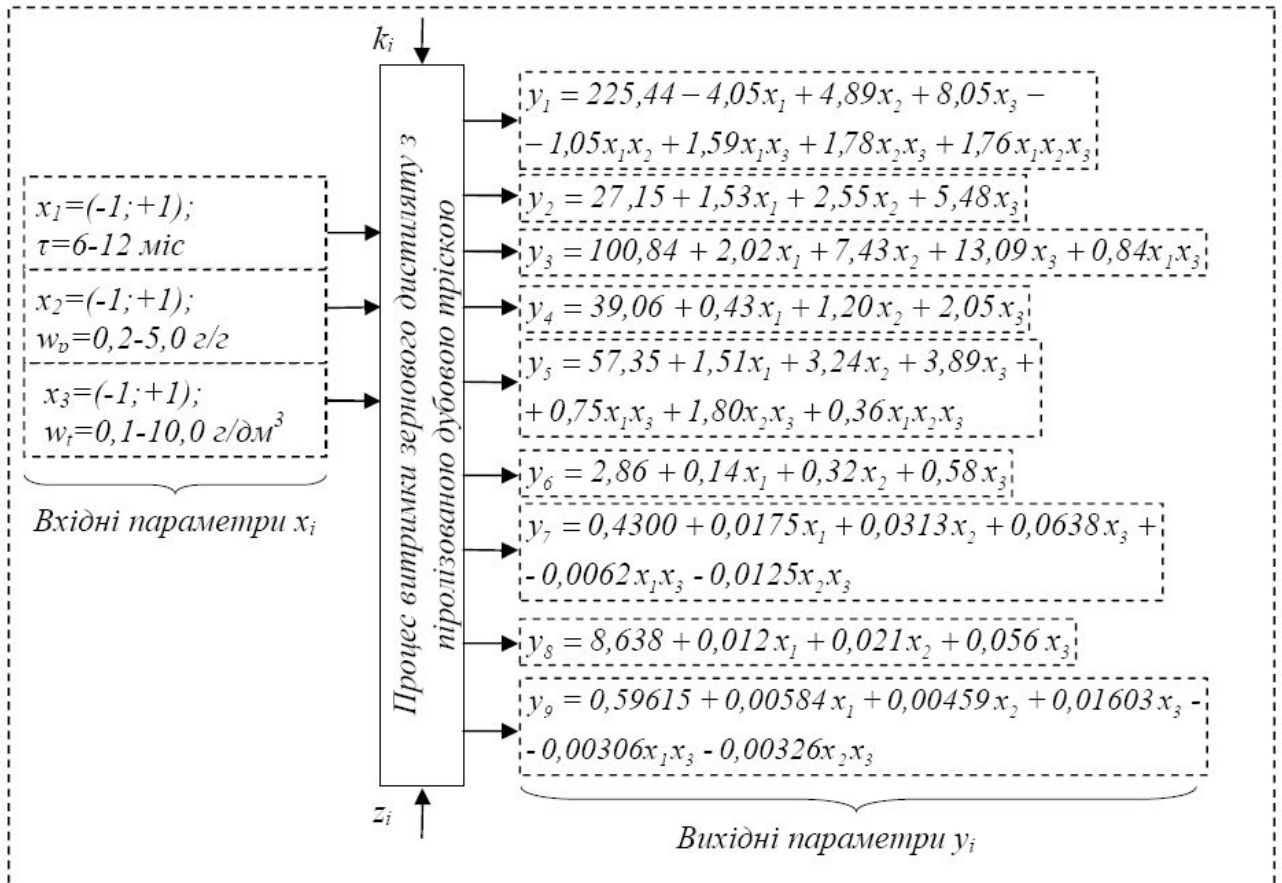


Рисунок 9 – Математичні моделі оптимізації технологічного процесу витримки зернового дистиляту з піролізованою дубовою тріскою: y_1 – МК вищих спиртів; y_2 – МК альдегідів; y_3 – МК середніх естерів; y_4 – МК енантових естерів; y_5 – МК летких кислот; y_6 – МК етиленгліколю; y_7 – МК екстрактивних речовин; y_8 – органолептична оцінка; y_9 – КПА

В процесі витримки спирту-сирцю з підготовленою деревиною відбувається окиснення етанолу до оцтового альдегіду та збільшення МК альдегідів (y_2) на 109 % (рис. 10, а), що пояснюється інтенсифікацією ОВ-реакцій у дистилятах і утворенням летких компонентів за наявності у структурі порового простору піролізованої деревини кисню. Надлишкова частка оцтового альдегіду окиснюється до оцтової кислоти зі збільшенням МК летких кислот (y_5) на 35 % (рис. 10, б). Взаємодія спирту з надлишковою часткою оцтової кислоти приводить до утворення оцтово-етилового естеру (етилацетату) та збільшення МК середніх естерів (y_3) на 57 % (рис. 10, в).

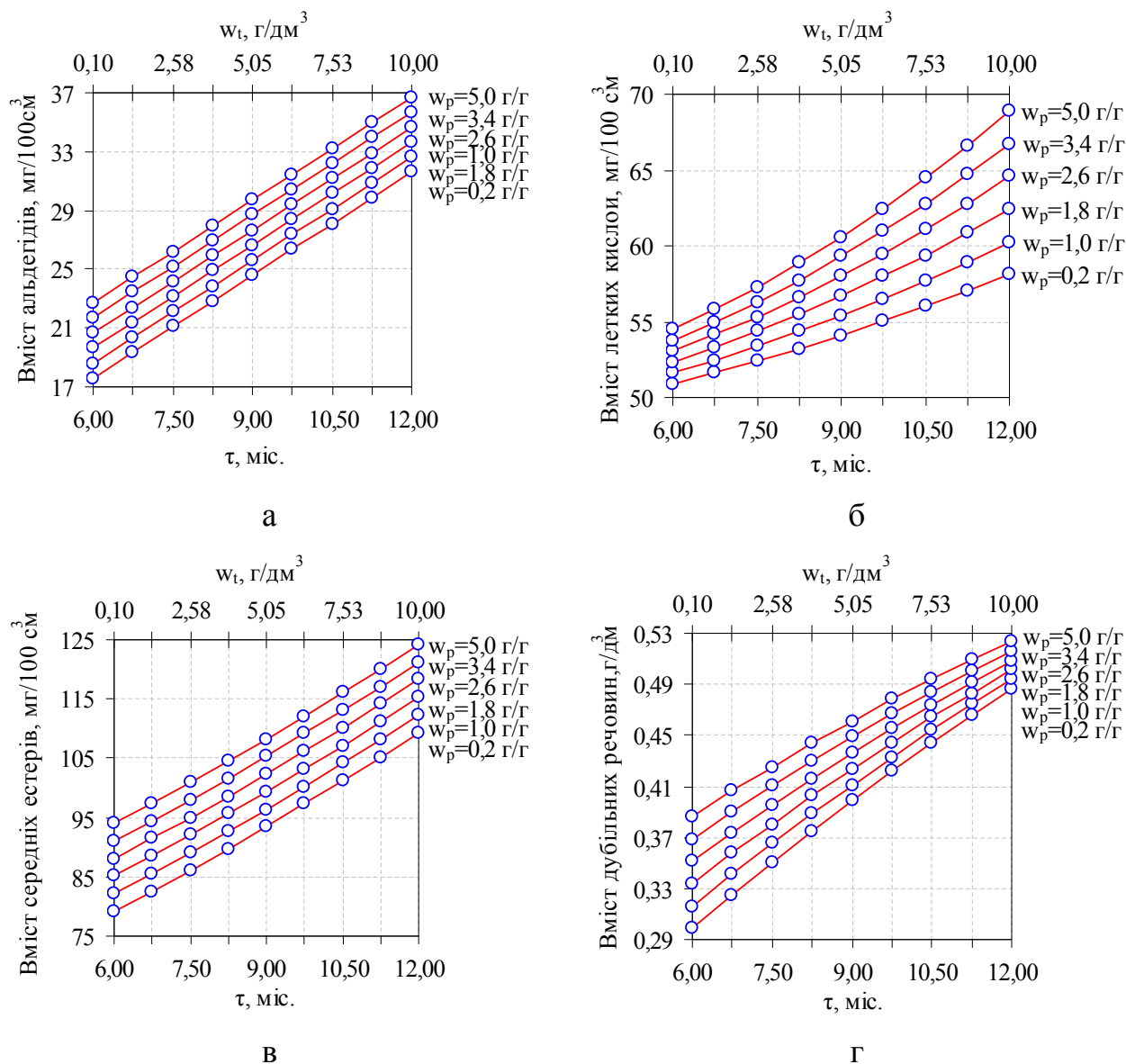


Рисунок 10 – Зміна показників якості алкогольних напоїв із дистилятів під час витримки спирту-сирцю з деревиною дуба

Під час витримки дистиляту з деревиною дуба відбувається просочення піролізованої частки деревини спиртом під дією капілярних сил та інтенсивний перехід нелетких компонентів із непіролізованої частки деревини дуба, насиченої екстрактивними речовинами, до спирту-сирцю, з подальшим збільшенням МК екстрактивних речовин (y_7) на 67 % (рис. 10, г). Це пояснюється наявністю макропорового та мезопорового вуглецевого простору, представленого каналами для інтенсифікації проникнення спирту вглиб деревини дуба із піролізованої частини у непіролізовану.

Для визначення зміни органолептичних показників дистиляту (y_8) під час витримки з піролізованою деревиною дуба розроблено панель із 12 дескрипторів і за 7-бальною шкалою сформовано портрети профілю флейвору дистиляту (рис. 11).

Витримка дистиляту з піролізованою дубовою тріскою приводить до перетворення незрілих смакоароматичних характеристик дистиляту (типового, різкого, спиртового) у зрілі (м'якого, димчастого, фруктового, тютюнового). Також

покращується зовнішній вигляд (прозорий з блиском); колір (бурштиновий); смак (повний, м'який з післясмаком тушкованого чорносливу та м'ясних копченостей); аромат (злагоджений, димчасто-фруктових відтінків з середніми нотами солоду та тютюну).

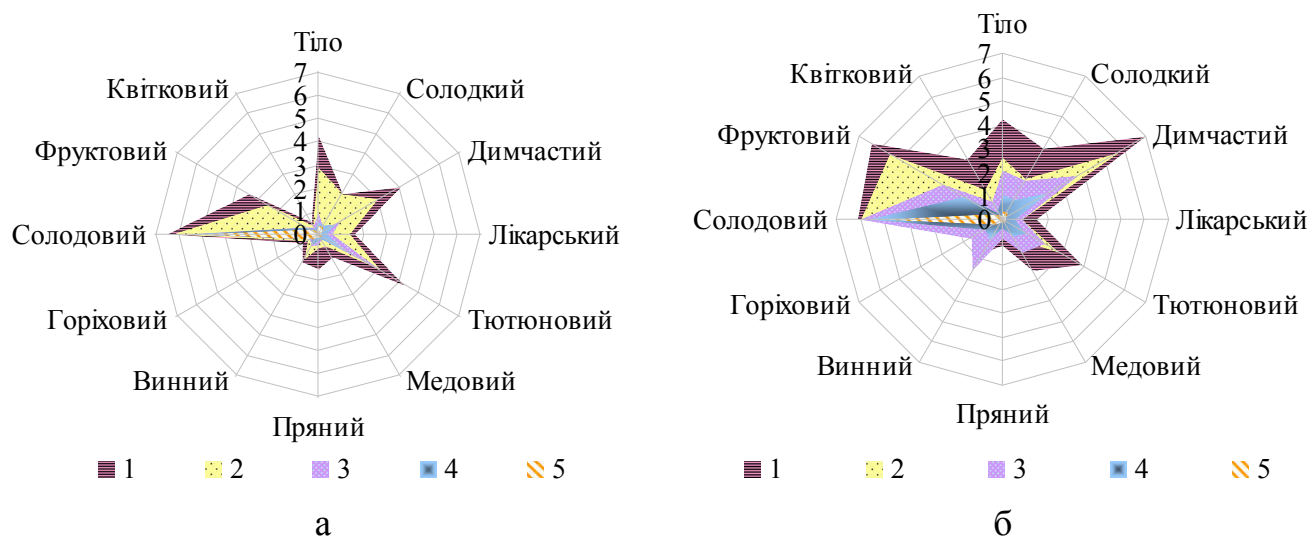


Рисунок 11 – Профілограми флейвору дистилляту у процесі витримки з піролізованою тріскою: а – за умов: 1 – $\tau=12$ міс.; $w_p=0,2:1,0$ г/г; $w_t=10$ г/дм³; 2 – $\tau=6$ міс.; $w_p=0,2:1,0$ г/г; $w_t=10$ г/дм³; 3 – $\tau=12$ міс.; $w_p=0,2:1,0$ г/г; $w_t=0,1$ г/дм³; 4 – $\tau=6$ міс.; $w_p=0,2:1,0$ г/г; $w_t=0,1$ г/дм³; 5 – дистиллят; б – за умов: 1 – $\tau=12$ міс.; $w_p=5,0:1,0$ г/г; $w_t=10$ г/дм³; 2 – $\tau=6$ міс.; $w_p=5,0:1,0$ г/г; $w_t=10$ г/дм³; 3 – $\tau=12$ міс.; $w_p=5,0:1,0$ г/г; $w_t=0,1$ г/дм³; 4 – $\tau=6$ міс.; $w_p=5,0:1,0$ г/г; $w_t=0,1$ г/дм³; 5 – дистиллят

Подальша гармонізація характеристик флейвору та отримання продукту з вищим КПЯ (K_0) від 0,563 до 0,616 од. відбувається при витримці дистилляту (τ) з 6 до 12 міс. та одночасним збільшенням w_p від 0,2:1,0 до 5,0:1,0 г/г та збільшення w_t від 0,1 до 10 г/дм³.

За профілем флейвору розраховано площі багатокутників якості для: дистилляту – 2,25 бали²; у процесі витримки дистилляту з піролізованою тріскою (τ 12 міс.; w_p 0,2:1,0 г/г; w_t 10 г/дм³) – 35,37 бал² (рис. 11, а); під час витримки дистилляту з піролізованою тріскою (τ 12 міс.; w_p 5,0:1,0 г/г; w_t 10,0 г/дм³) – 61,16 бал² (рис. 11, б).

Отримання піролізованої дубової тріски (рис. 12), модифікованої для технології алкогольних напоїв відбувається піролізом при варіюванні температури ($T_{\text{пір.}}$) – від 573 до 773 К (t , °C – 300...500), при цьому тривалість піролізу ($\tau_{\text{пір.}}$) фіксується від 6,83·60² до 13,17·60² с при МЧ вологи тріски ($W_{\text{тр.}}$) – від 35 до 65 %.

Було отримано математичні залежності для визначення оптимальних умов піролізу деревини, за якими встановлено, що найбільш перспективною для технології алкогольних напоїв є піролізована дубова тріска розміром понад $5,0 \cdot 10^{-3}$ м (рис. 12, г) з МЧ непіролізованої деревини – до 72,9 % від загальної частки отриманого піролізату (рис. 13), за температури піролізу ($T_{\text{п.}}$) 573 К, тривалості піролізу ($\tau_{\text{п.}}$) 6,83·60² с, МЧ вологи тріски ($W_{\text{п.}}$) 65 %. Збільшення температури піролізу ($T_{\text{п.}}$) до 773 К і його тривалості ($\tau_{\text{п.}}$) до 13,17·60² с, МЧ вологи тріски ($W_{\text{п.}}$) до 35 % приводить до зменшення МЧ непіролізованої тріски понад $5,0 \cdot 10^{-3}$ м до 41,9 % та піролізованої тріски середніх розмірів $5,0 \cdot 10^{-3}$... $3,6 \cdot 10^{-3}$ м, що є позитивним для модифікації пористих вуглецевих матеріалів та АВ у технології горілок і горілок особливих.

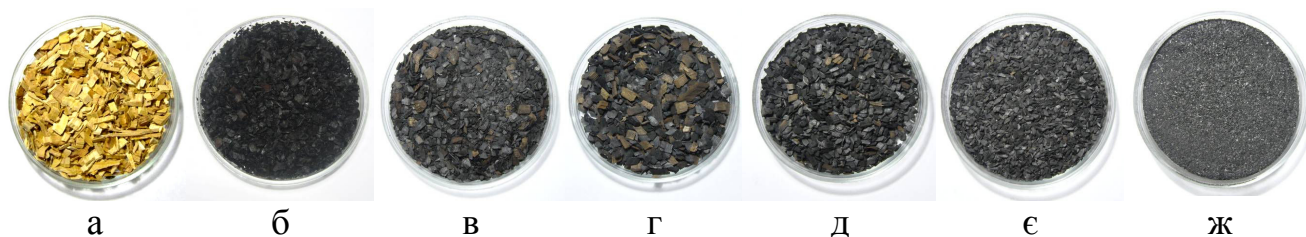


Рисунок 12 – Стадії отримання піролізованої дубової тріски: а – дубова тріска; б – піролізована дубова тріска з МЧ вологи 40 %; в – піролізована дубова тріска з МЧ вологи 7 %; г – піролізована дубова тріска після фракціонування розміром понад $5,0 \cdot 10^{-3}$ м; д – піролізована дубова тріска розміром $5,0 \cdot 10^{-3} \dots 3,6 \cdot 10^{-3}$ м; е – піролізована дубова тріска розміром $3,6 \cdot 10^{-3} \dots 1,0 \cdot 10^{-3}$ м; ж – піролізована дубова тріска розміром менш як $1,0 \cdot 10^{-3}$ м

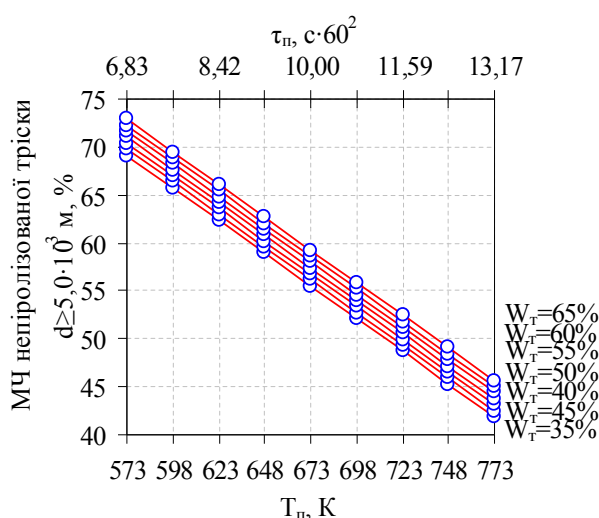


Рисунок 13 – Модифікація дубової тріски, залежно від умов піролізу

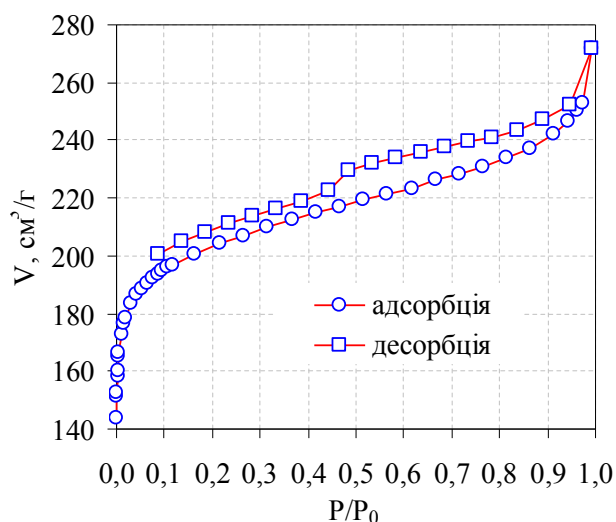


Рисунок 14 – Ізотерми адсорбції-десорбції азоту АВ за $T=77$ К (-196 °С)

(рис. 15): діаметр мікропор (D_{mi}) – $0,61 \dots 2,5$ нм; об'єм мікропор (V_{mi}) – $0,11 \dots 0,30$ см³/г;

Для модифікації АВ до вимог технології горілок і горілок особливих із піролізованої тріски передбачалося її висушування та обробку 50 %-вим розчином КОН з масовим співвідношенням тріска:луг 1:1, подальшою витримкою впродовж $24 \cdot 60^2$ с і висушуванням до постійної маси. Активація вугілля відбувалася за присутності аргону осушуванням концентрованою сірчаною кислотою у реакторі. Температурний режим процесу включав період нагрівання до температури активації 1073 К (800 °С), ізотермічну витримку за температури 1073 К (800 °С) протягом $1 \cdot 60^2$ с і швидке охолодження у струмі аргону. Отримані зразки АВ відмивали дистильованою водою та висушували до МЧ вологи 5,8 %. Далі фракціонували АВ з відбором робочої фракції на ситі з отворами діаметром $3,6 \cdot 10^{-3} \dots 1,0 \cdot 10^{-3}$ м.

Характеристику пористої структури АВ оцінювали ізотермами газової адсорбції-десорбції азоту (рис. 14). Отримані ізотерми мають тип II, який відповідає полімолекулярній адсорбції. Петля сорбційного гістерезису наближується до точки відносного тиску (P/P_0) 0,4, що вказує на переважання мікропор над мезо- та макропорами.

За методом QSDFT встановлено характеристику мікропористої структури АВ

площа поверхні мікропор (S_{mi}) – 407...852 м²/г; диференціальний об'єм мікропор (dV_{mi}/dD) $(0,023...1,400) \cdot 10^{-2}$ см³/нм·г; диференціальна площа мікропор (dS_{mi}/dD) $(0,18...45,60)$ м²/нм·г; частка мікропор у загальному об'ємі пор – 70,31 %. У структуру мікропористого простору АВ виявлено субнанопопи, які характеризуються: розміром субнанопопи у діапазоні (D_{1nm}) 0,61...1,00 нм; об'ємом субнанопопи (dV_{1nm}) 0,11...0,25 см³/г; площею поверхні субнанопопи – (S_{1nm}) 407...783 м²/г; диференціальним об'ємом пор (dV_{1nm}/dD) $(11,3...140,0) \cdot 10^{-4}$ см³/нм·г; диференціальною площею пор (dS_{1nm}/dD) $(2,33...45,60)$ м²/нм·г; часткою субнанопопи в об'ємі мікропор – 84,12 %; часткою субнанопопи у загальному об'ємі пор – 59,15 %.

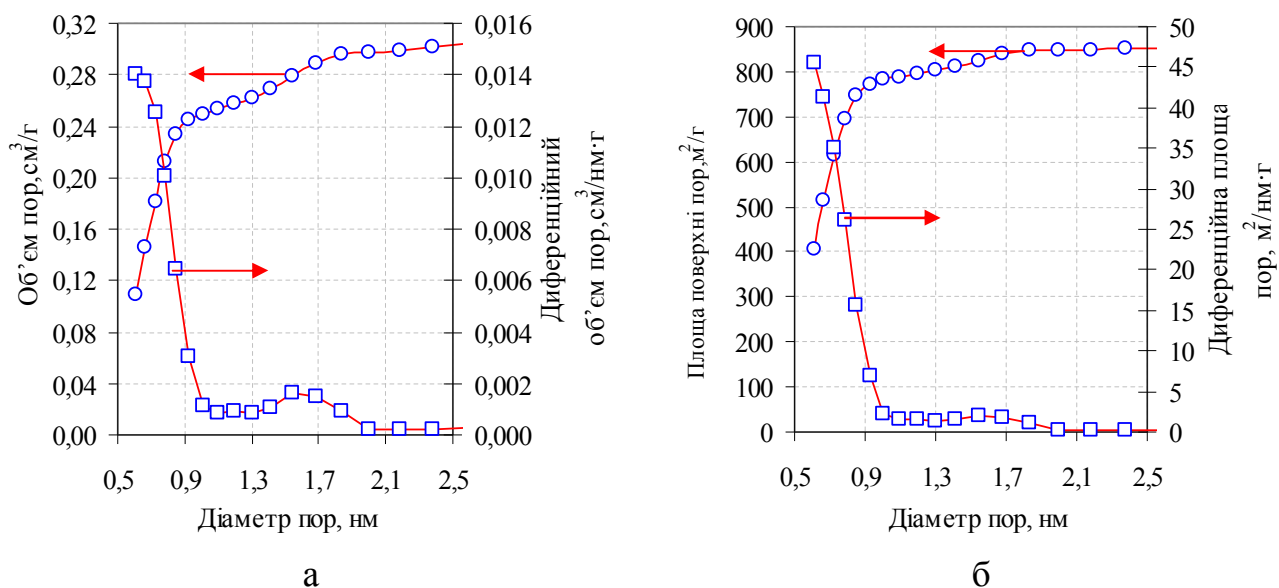


Рисунок 15 – Розподіл мікропор за розмірами АВ: а – залежність діаметра пор від об'єму пор і диференціального об'єму пор; б – залежність діаметра пор від площі поверхні пор і диференціальної площі поверхні

У табл. 2 представлено порівняльну характеристику АВ марки БАУ-А та модифікованого для лікєро-горілочного виробництва АВ з піролізованої деревини дуба імпрегнуванням КОН (ПДД-А_{КОН}).

Видно, що модифіковане АВ ПДД-А_{КОН} по відношенню до БАУ-А має збільшене значення адсорбційної активності за йодом (A_i) на 21 %, що характеризує збільшення кількості та об'єму мікропор діаметром $D_{mi} < 2$ нм, у тому числі субнанопопи $D_{mi} < 1$ нм. Окрім цього, ПДД-А_{КОН} має підвищене значення адсорбційної активності за метиленовим блакитним ($A_{m.b.}$) на 11 % по відношенню до БАУ-А, що характеризує кількість і об'єм мезопор $D_{me} = 2...50$ нм.

По відношенню до БАУ-А ($A_{a.a.}$ 68 см³) модифіковане АВ ПДД-А_{КОН} має збільшену сорбційну здатність до органічних домішок у ВСС ($A_{a.a.}$ 91 см³) на 34 %, виходячи з адсорбційної активності за оцтовою кислотою. Міцність на стирання модифікованого АВ (78,9 %) більша на 21 %, ніж БАУ-А (58,1 %), що дозволяє скоротити норму витрат АВ під час очищення ВСС.

У табл. 2 наведено характеристику АВ ПДД-А_{КОН} у порівнянні із контрольним зразком – АВ марки БАУ-А та розрахунком вугільної колонки. За заданими габаритами вугільної колонки (Н 4 м; D 0,7 м; S 0,385 м²; V 1,54 м³) АВ ПДД-А_{КОН} має насипну

густину (ρ_n 392 кг/м³), яка відносно БАУ-А (ρ_n 212 кг/м³) збільшена на 85 %. Сумарний об'єм пор АВ за водою для ПДД-А_{кон} (V_Σ 1,65·10⁻³ м³/кг) зменшений на 11 % відносно БАУ-А (V_Σ 1,83·10⁻³ м³/кг), але збільшена на 85 % маса АВ ПДД-А_{кон} у вугільній колонці (G_c 603,68 кг) відносно БАУ-А (G_c 326,48 кг). Це приводить до зростання порового простору на 66 % у вугільній колонці із ПДД-А_{кон} (V_n 0,996 м³) відносно БАУ-А (V_n 0,598 м³), що підтверджує доцільність використання модифікованого АВ ПДД-А_{кон}.

Таблиця 2 – Характеристика АВ та розрахунок вугільної колонки

Ум. ПОЗН.	Характеристика АВ та умови розрахунку вугільної колонки	Марка сорбенту	
		БАУ-А	ПДД- А _{кон}
Характеристика АВ			
A _i	Адсорбційна активність за йодом, %	64	85
A _{m.b.}	Адсорбційна активність за метиленовим блакитним, мг/г	135	150
A _{a.a.}	Адсорбційна активність за оцтовою кислотою, см ³	68	91
A _г	Міцність на стирання, %	58,1	78,9
d _{min}	Мінімальний розмір часток АВ, мм	1,0	
d _{max}	Максимальний розмір часток АВ, мм	3,6	
d _{ср}	Середній розмір часток АВ, мм	2,3	
F _{№36}	Фракційний склад, МЧ на ситі з полотном № 36, %	1,5	2,5
F _{№10}	Фракційний склад, МЧ на ситі з полотном № 10, %	97,6	96,8
F _р	Фракційний склад, МЧ на піддоні, %	0,9	0,7
ρ _н	Насипна густина АВ, кг/м ³	212	392
V _Σ	Сумарний об'єм пор АВ за водою, м ³ /кг	1,83·10 ⁻³	1,65·10 ⁻³
ρ _{сop} ²⁰	Густина ВСС за 40 % мас. спирту та t 20°С, кг/м ³	935,18	
Розрахунок вугільної колонки			
V _{см}	Об'ємні витрати ВСС (60 дал/год.), м ³ /с	1,67·10 ⁻⁴	
S	Площа перерізу АВ у вугільній колонці $S = \pi D^2 / 4$, м ²	0,385	
V	Об'єм АВ у вугільній колонці $V = SH$, м ³	1,54	
G _с	Маса АВ у шарі вугільної колонки $G_c = V\rho_n$, кг	326,48	603,68
ω ₀	Уявна швидкість ВСС $\omega_0 = V_{см} / S$, м/с	4,3·10 ⁻⁴	
G _{см}	Вагові витрати ВСС $G_{см} = V_{см}\rho_{сop}^{20}$, кг/с	0,156	
V _п	Об'єм порового простору у вугільній колонці $V_n = V_{\Sigma}G_c$, м ³	0,598	0,996
τ	Тривалість обробки ВСС АВ $\tau = V_n / V_{см}$, с·60 ²	1,00	1,66
Перевірка розрахунків			
ε	Порозність (частина вільного об'єму) $\varepsilon = V_n / V$	0,388	0,647
W ₀	Середня швидкість потоку ВСС у порових каналах АВ $W_0 = V_{см} / \varepsilon$, м ³ /с	4,304·10 ⁻⁴	2,581·10 ⁻⁴
τ	Тривалість обробки ВСС АВ $\tau = V / W_0$, с·60 ²	1,00	1,66

Обробляють ВСС (40 %; t 20 °C; ρ_{cop}^{20} 935,18 кг/м³) АВ у вугільній колонці за

умов: уявної швидкості ВСС ω_0 $4,3 \cdot 10^{-4}$ м/с; вагових витрат ВСС $G_{\text{см}}$ $0,156$ кг/с; об'ємних витрат ВСС $V_{\text{см}}$ $1,67 \cdot 10^{-4}$ м³/с (60 дал/год.). За об'ємних витрат ВСС $V_{\text{см}}$ 60 дал/год. збільшується тривалість контакту ВСС з АВ на 66 % – від τ $1,00 \cdot 60^2$ с (1 год.) для БАУ-А до τ $1,66 \cdot 60^2$ с (1,66 год.) для ПДД-А_{КОН}, що призводить до негативних змін фізико-хімічних та органолептичних показників горілок.

Для зменшення тривалості обробки ВСС модифікованим АВ ПДД-А_{КОН} від τ $1,66 \cdot 60^2$ до τ $1 \cdot 60^2$ с необхідно збільшити середню швидкість потоку ВСС у порових каналах АВ $W_0 = V / \tau$ від $2,581 \cdot 10^{-4}$ до $4,278 \cdot 10^{-4}$ м³/с. Це дозволить збільшити швидкість фільтрування ВСС з аналогічною ефективністю обробки та збільшити об'ємні витрати ВСС $V_{\text{см}} = W_0 \varepsilon$ від $1,67 \cdot 10^{-4}$ м³/с (60 дал/год.) до $2,768 \cdot 10^{-4}$ м³/с (100 дал/год.) на модифікованому АВ ПДД-А_{КОН}, за відповідного збільшення продуктивності однієї вугільної колонки на модифікованому АВ ПДД-А_{КОН} на 66 %.

Встановлено математичні залежності між об'ємними витратами ВСС у діапазоні значень $V_{\text{см}}$ 5...150 дал/год. та тривалістю обробки ВСС АВ (τ):

– для марки БАУ-А $\tau = 11,949 \cdot V_{\text{см}}^{-1}$, що характеризує тривалість обробки у діапазоні значень τ 11,949...0,398 год.;

– для марки ПДД-А_{КОН} $\tau = 19,921 \cdot V_{\text{см}}^{-1}$, що характеризує тривалість обробки τ 19,921...0,664 год. (рис. 16).

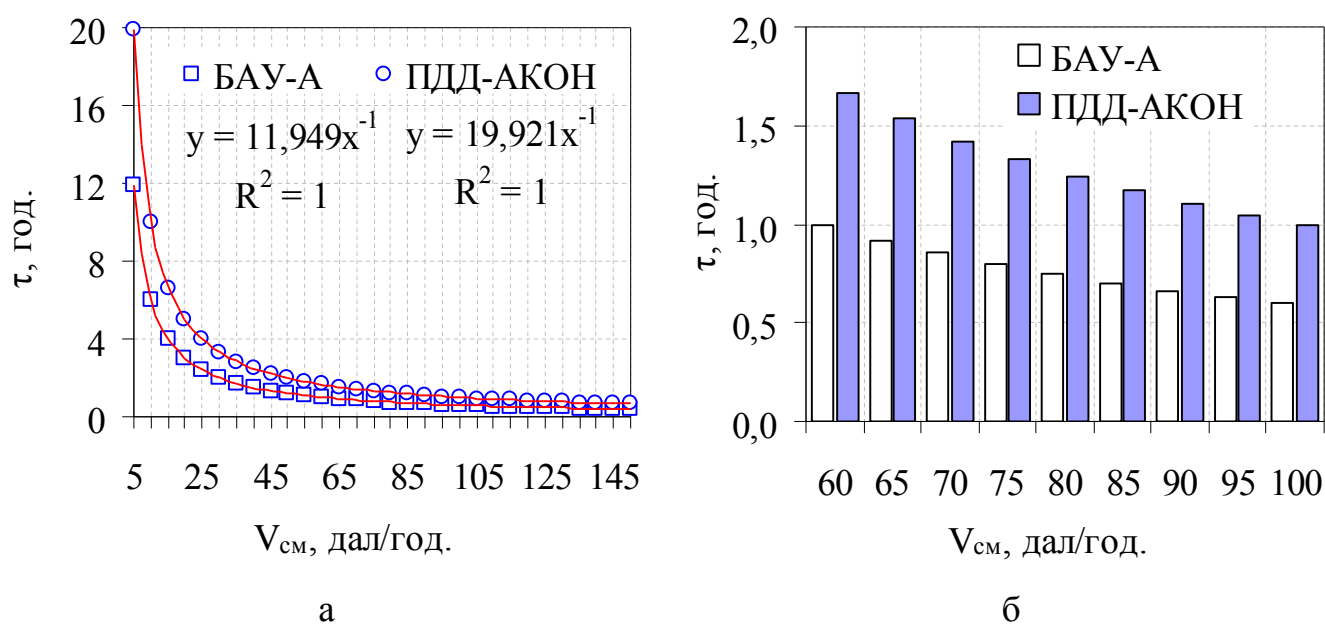


Рисунок 16. Залежність об'ємних витрат ВСС ($V_{\text{см}}$) від тривалості обробки АВ (τ) у вугільній колонці у діапазоні значень: а – $V_{\text{см}}$ 5...150 дал/год.; б – $V_{\text{см}}$ 60...100 дал/год.

Вивчено перспективність застосування модифікованого АВ ПДД-А_{КОН} порівняно з БАУ-А за фізико-хімічними та органолептичними показниками ВСС/горілок до та після обробки АВ (табл. 3).

Доведено, що обробка ВСС модифікованим для горілкового виробництва АВ ПДД-А_{КОН} меншою мірою інтенсифікує ОВ-реакції у поровому просторі АВ і впливає на утворення ацетальдегіду (на 4 %) та етилацетату (на 30 %), ніж АВ марки БАУ-А. У процесі обробки ВСС АВ відбувається адсорбція вищих спиртів, причому модифіковане АВ ПДД-А_{КОН} має збільшену адсорбційну активність відносно ізопропанолу на 10 % та

ізопентанолу на 60 % та меншу активність до ізобутанолу на 15 %, ніж БАУ-А. Причому, відносно ВСС модифіковане АВ ПДД-А_{кон} сорбує ізобутанол і приводить до його зменшення у горілці на 11 %.

Таблиця 3 – Характеристика ВСС/горілок до та після обробки АВ

Найменування показника*	ВСС	Горілка після обробки БАУ-А	Горілка після обробки ПДД-А _{кон}
Об'ємні витрати, дал/год.		60	100
Тривалість обробки ВСС, с·60 ²		1,00	1,00
Вміст метанолу ¹ , об. %	0,004	0,004	0,004
МК ацетальдегіду ² , мг/дм ³	1,23	1,30	1,25
МК етилацетату ² , мг/дм ³	1,78	2,90	2,23
МК ізопропанолу ² , мг/дм ³	1,38	1,18	1,07
МК ізобутанолу ² , мг/дм ³	1,82	1,43	1,64
МК ізопентанолу ² , мг/дм ³	1,73	1,82	1,14
Органолептична оцінка, бал	9,44	9,62	9,70

*Погрішність виміру на газовому хроматографі «Хроматек Кристал 5000.1»: ¹ за метанолом $\pm 0,002$ об. %; ² за іншими показниками – $\pm 0,5$ мг/дм³

Обробка ВСС (міцністю 40 %, приготовлена на основі спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс») АВ приводить до покращання органолептичних показників на 0,18 балів – з 9,44 до 9,62 балів після обробки БАУ-А та підвищення дегустаційної оцінки на 0,26 балів після обробки ПДД-А_{кон}.

Для конкретизації сенсорних показників розроблено панель із 26 дескрипторів для оцінювання: 2 – прозорості та кольору, 10 – аромату, 14 – смаку та сформовано портрети сенсорного профілю ВСС до та після обробки АВ (рис. 17) за 7-бальною шкалою відповідності інтенсивностей.

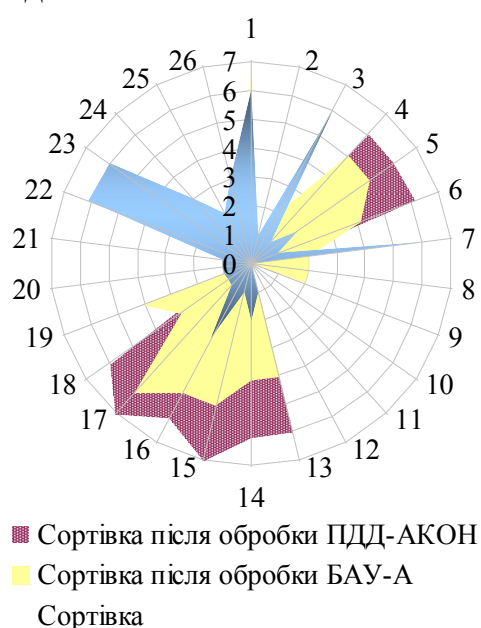


Рисунок 17 – Сенсорний профіль ВСС до та після обробки АВ: прозорість і колір (1 – безбарвний; 2 – опалесцентний); аромат (3 – спиртовий; 4 – горілчаний; 5 – виражений; 6 – округлений; 7 – різкий; 8 – естерний; 9 – сивушний; 10 – фенольний; 11 – дріжджовий; 12 – затхлий); смак (13 – гармонійний; 14 – повний; 15 – приємний; 16 – чистий; 17 – м'який; 18 – солодкуватий; 19 – кислуватий; 20 – гіркуватий; 21 – терпкуватий; 22 – пекучий; 23 – простий; 24 – дратівливий; 25 – важкий; 26 – неприємний)

У результаті обробки ВСС АВ марок БАУ-А та ПДД-А_{кон} відбувається

перетворення незрілих смакоароматичних характеристик спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс» (спиртового, різкого, помірно пекучого, простого) на зрілі (горілочаний, виражений, округлений, гармонійний, м'який, солодкуватий). Отримані портрети профілю ВСС до та після обробки АВ дозволили розрахувати площі «багатокутників якості» для ВСС – 37,17 бал², для ВСС після обробки БАУ-А ($V_{\text{см}}$ 60 дал/год.; τ 1,00·60² с) – 63,32 бал², для ВСС після обробки ПДД-А_{кон} ($V_{\text{см}}$ 100 дал/год.; τ 1,00·60² с) – 107,96 бал². Встановлено, що застосування модифікованого АВ ПДД-А_{кон} підвищує якість горілки на 70 % відносно БАУ-А.

У шостому розділі «Наукове обґрунтування антиоксидантної здатності настоїв спиртових у технології алкогольних напоїв» обґрунтовано розширення асортименту алкогольних напоїв з використанням настоїв спиртових із рослинної сировини антиоксидантної дії (рис. 18).

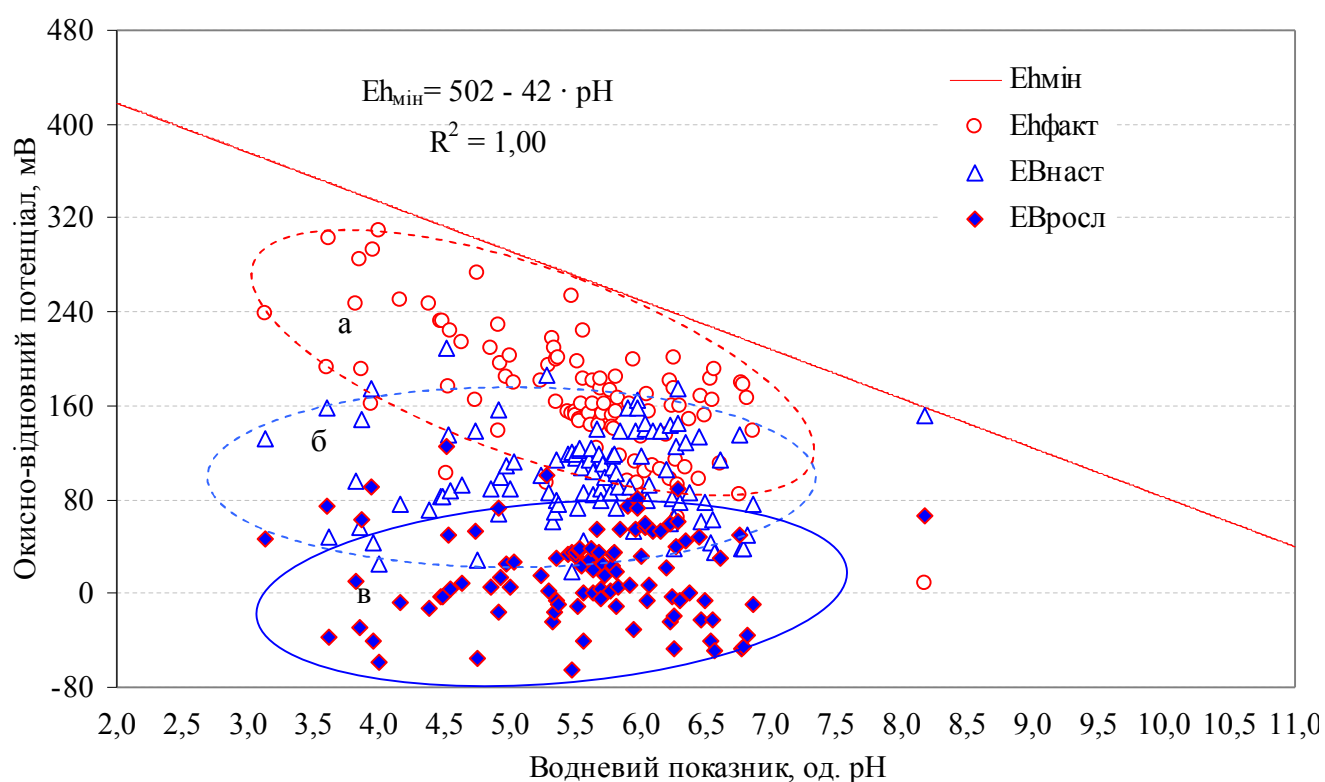


Рисунок 18 – Залежність ОВ-потенціалу від водневого показника настоїв спиртових з рослинної сировини: мінімальний теоретично очікуваний ОВ-потенціал ($Eh_{\text{мін}}$); а – фактично виміряний ОВ-потенціал ($Eh_{\text{факт}}$); б – енергія відновлення/окиснення настоїв спиртових ($EV_{\text{наст}}$); в – енергія відновлення/окиснення рослинної сировини ($EV_{\text{росл}}$)

Використано 100 зразків рослинної сировини за морфологічними ознаками: трави (35 зразків); коріння і кореневища (9 зразків); квіти (7 зразків); деревна кора (2 зразки); сухі плоди (18 зразків); соковиті плоди (29 зразків). Як розчинник використано ВСС (міцність 40 %, приготовлену на спирті етилового ректифікованому сорту «Люкс» та підготовленій воді): рН 5,63; $Eh_{\text{факт}}$ 181,0 мВ.

Для ВСС у залежності від технології підготовки води експериментально доведено залежність між рН та Eh :

$$Eh_{\text{мін}} = 502 - 42 \cdot \text{pH} \quad (1)$$

Доведено, що зміна рН у ВСС на 1 од. приводить до зміни E_h на 42 мВ. Це дозволяє розрахувати мінімальне теоретично очікуване значення ОВ-потенціалу ВСС ($E_{h_{\min}}$) у діапазоні значень рН 2,0...11,0 у межах $E_{h_{\min}}$ 418,0...40,0 мВ. Встановлено характеристику розчинника, яка за рН 5,63 має значення $E_{h_{\min}}$ 265,5 мВ.

Отримані дані $E_{h_{\min}}$ ВСС порівняно з фактично вимірюваними значеннями настоїв спиртових з рослинної сировини за платиновим електродом $E_{h_{\text{факт}}}$.

За показник оцінювання антиоксидантної здатності настоїв спиртових із рослинної сировини обрано показник енергії відновлення ($EB_{\text{наст}}$), який характеризує відновні/окисні значення настоїв спиртових:

$$EB_{\text{наст}} = E_{h_{\min}} - E_{h_{\text{факт}}} \quad (2)$$

Вплив рослинної сировини на настій спиртовий характеризується показником енергія відновлення/окиснення рослинної сировини ($EB_{\text{росл}}$), що визначено як різницю між $EB_{\text{наст}}$ та розчинника $EB_{\text{розч}}$ з 84,5 мВ:

$$EB_{\text{росл}} = EB_{\text{наст}} - EB_{\text{розч}} \quad (3)$$

За результатами досліджень розроблено удосконалену методику оцінювання антиокиснювальної здатності настоїв спиртових з рослинної сировини для технології алкогольних напоїв. Доведено, що енергія відновлення/окиснення рослинної сировини знаходяться у межах відновних значень від $EB_{\text{росл}}$ 124,5 мВ (листя суниці лісової) та окисних значень до $EB_{\text{росл}}$ -65,7 мВ (плоди лимона). У залежності від активності рослинної сировини у настоях спиртових, систематизовано зразки з відновною здатністю (понад 0 мВ) – 65 % та окислювальною здатністю (менш 0 мВ) – 35 %.

Найбільш перспективними для технології алкогольних напоїв встановлено настої спиртові з чайної продукції (ройбусу, мате, суданської троянди), які мають збільшену відновну здатність $EB_{\text{росл}}$ від 30,7 до 47,3 мВ (рис. 19).

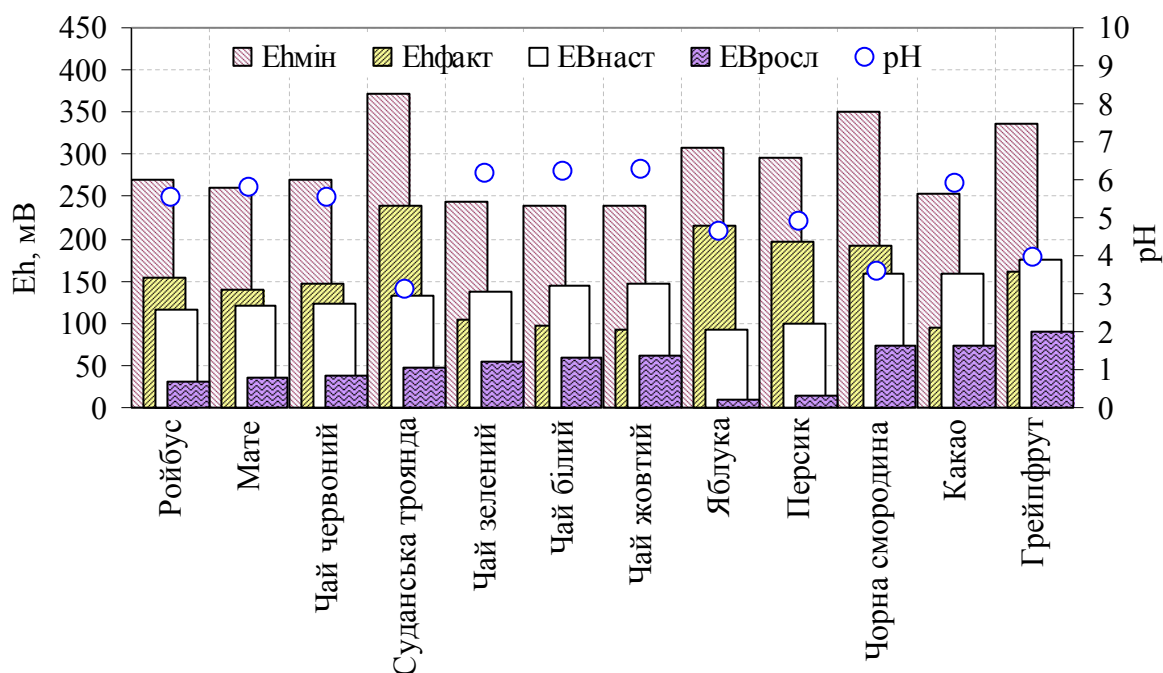


Рисунок 19 – Залежність E_h ($E_{h_{\min}}$, $E_{h_{\text{факт}}}$, $EB_{\text{наст}}$, $EB_{\text{росл}}$) від рН настоїв спиртових з рослинної сировини

Настої спиртові з чайної продукції за органолептичними показниками (рис. 20, а) мають: червоно-коричневий колір, спиртовий аромат зі слабкими деревними тонами, помірно пекучим смаком, в'язучим, гіркуватим післясмаком (настій спиртовий із ройбусу); світло-коричневий колір, деревний аромат, кисло-гіркий смак з тривалим гірким післясмаком (настій спиртовий із мате); темно-гранатовий колір, винний аромат каберне, кислий смак (настій спиртовий із суданської троянди). Визначено сенсорний профільний критерій якості, який дозволив розрахувати площі «багатокутників якості» та оцінено вплив рослинної сировини на якість настоїв спиртових чайної продукції: ройбусу – 50,25 бал², мате – 53,14 бал², суданської троянди – 75,60 бал². За результатами досліджень розроблено рецептурну композицію алкогольного напою, що захищено патентом України 110353UA.

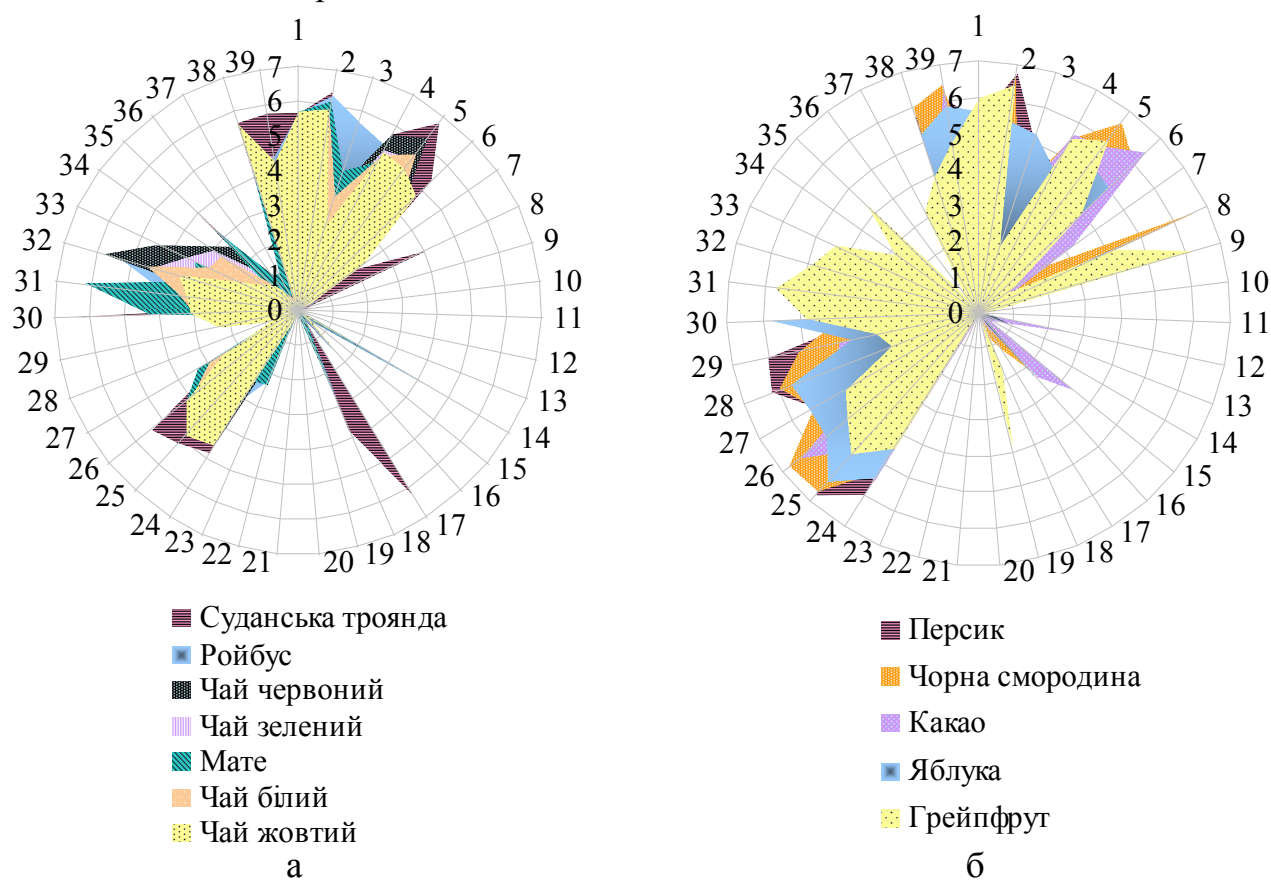


Рисунок 20 – Сенсорний профіль настоїв спиртових: а – чайної продукції та чаїв; б – плодів; прозорість і колір (1 – прозорий; 2 – яскравий); аромат (3 – спиртовий; 4 – виражений; 5 – насичений; 6 – згладжений; 7 – квітковий; 8 – фруктовий; 9 – цитрусовий; 10 – рослинний; 11 – злаковий; 12 – пряний; 13 – медовий; 14 – деревний; 15 – ванільний; 16 – духмяний; 17 – винний; 18 – різкий; 19 – естерний; 20 – сивушний; 21 – фенольний; 22 – дріжджовий; 23 – затхлий); смак (24 – гармонійний; 25 – повний; 26 – приємний; 27 – чистий; 28 – солодкий; 29 – м'який; 30 – кислий; 31 – гіркий; 32 – терпкий; 33 – пекучий; 34 – простий; 35 – дратівливий; 36 – тяжкий; 37 – неприємний); 38 – загальне враження; 39 – «тіло»

Настої спиртові з чаю (червоного, зеленого, білого, жовтого) мають підвищені значення відновної здатності $ЕВ_{\text{росл}}$ від 37,9 до 61,7 мВ відносно настоїв з чайної продукції (див. рис. 19). Настої спиртові з чаю червоного мають світло-коричневий колір, чайний аромат з деревними тонами, помірно пекучий смак з терпким післясмаком.

Настої спиртові з чаю зеленого, білого, жовтого мають колір від буро-коричневого до ясно-зеленого, запашний, духмяний аромат чаю, кисло-гіркий смак з терпким або в'язучим післясмаком. Розраховано площі «багатокутників якості» настоїв спиртових чаю червоного – 64,05 бал², чаю зеленого – 58,93 бал², чаю білого – 61,81 бал², чаю жовтого – 58,15 бал². За результатами відновної здатності настоїв спиртових з чайної сировини та органолептичних показників розроблено рецептурний склад алкогольного напою, що захищено патентом України 110714UA.

Встановлено, що настої спиртові сушених плодів – яблука (ЕВ_{росл} 8,5 мВ), персика (ЕВ_{росл} 14,9 мВ), чорної смородини (ЕВ_{росл} 74,0 мВ), какао (ЕВ_{росл} 74,4 мВ), грейпфрута (ЕВ_{росл} 90,3 мВ) мають підвищені відновні значення за рахунок екстрагування у спирт біологічно активних речовин (флавоноїдів, вітамінів, органічних кислот, мінеральних речовин). За органолептичними показниками (рис. 20, б) настої спиртові з плодів мають: бурштиново-помаранчевий колір, спиртовий аромат, помірно пекучий смак з солодкуватим післясмаком (настій спиртовий сушених плодів яблука); яскраво-солом'яний колір, спиртовий аромат, солодкий, повний смак (настій спиртовий сушених плодів персика); яскраво-пурпурний колір, фруктовий аромат смородини з дратівливими тонами, приємним, повним, кисло-солодким смаком, терпким післясмаком (настій спиртовий сушених плодів чорної смородини); яскраво-солом'яний колір, цитрусовий аромат з дратівливими тонами, гіркуватим смаком і приємним післясмаком (настій спиртовий сушених плодів грейпфрута); непрозорий коричневий колір, аромат какао з тонами шоколаду, гіркуватим смаком і терпким післясмаком (настій спиртовий какао).

Встановлено, що настої спиртові з плодів яблука, персика, чорної смородини, какао та грейпфрута є перспективними у технології алкогольних напоїв. За площами «багатокутників якості» оцінено вплив рослинної сировини на якість настоїв спиртових із сушених плодів: яблука – 79,95 бал², персика – 96,99 бал², смородини чорної – 88,08 бал², какао – 58,48 бал², грейпфруту – 95,12 бал². За результатами досліджень розроблено технологічні інструкції та рецептури (ТІ 37471967–5722–2011, ТІ 37471967–5723–2011, ТІ 37471967–5724–2011, ТІ 37471967–5725–2011; РЦ 37471967–5722–2011, РЦ 37471967–5723–2011, РЦ 37471967–5724–2011, РЦ 37471967–5725–2011).

У цьому розділі «Удосконалення технологій алкогольних напоїв» розроблено удосконалену технологію горілок з ЕХА питної води та подальшою демінералізацією й утилізацією зворотних вод (рис. 21). Воду питну подають до електрохімічного реактора з утворенням католіту та аноліту, потоки яких з'єднуються та перемішуються за допомогою механічної мішалки. Суміш католіту та аноліту надходить на механічний фільтр із рейтингом фільтрації 5 мкм; багатошаровий фільтр; механічний фільтр із рейтингом фільтрації 1 мкм; фільтр іонообмінний; бар'єрний фільтр із рейтингом фільтрації 1 мкм; установку демінералізації зворотним осмосом з утворенням пермеату. Концентрована зворотним осмосом вода – ретентат потрапляє до мішалки, де змішується з питною водою для подальшої утилізації. Із напірних збірників до сортувальних через мірник додають спирт етиловий ректифікований та воду підготовлену, де вони перемішуються мішалками. Після перемішування ВСС потрапляє до напірних збірників, після чого фільтрується на пісочних фільтрах, обробляється модифікованим АВ ПДД-А_{кон} у вугільній колонці.

Проведено удосконалення технології алкогольних напоїв на основі дистилятів з використанням продуктів переробки деревних відходів (рис. 22).

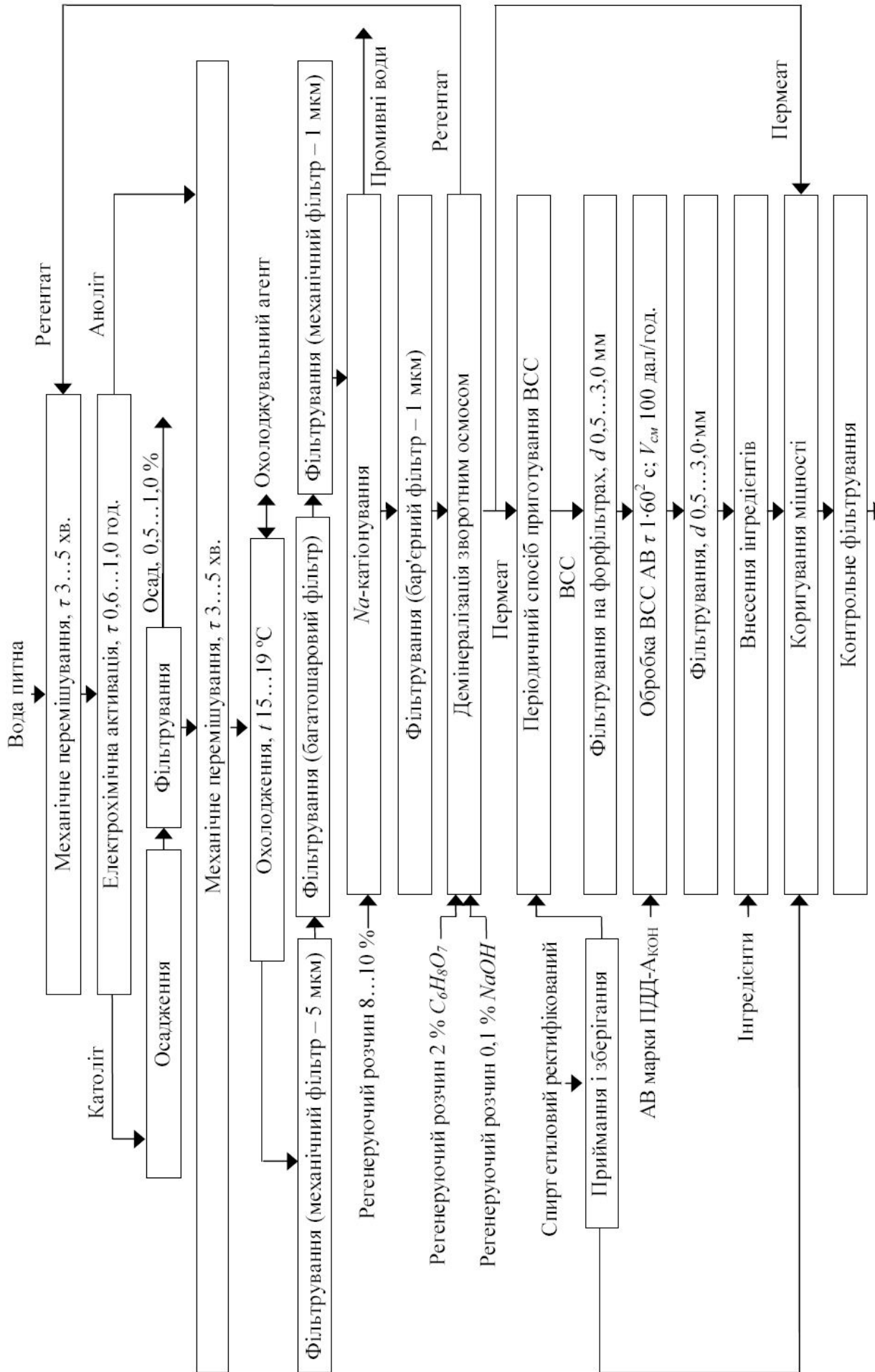


Рисунок 21 – Принципова технологічна схема виробництва горілок з використанням ЕХА питної води

Тріска розміром $6 \times 12 \times 3$ мм, $W=8...12$ %

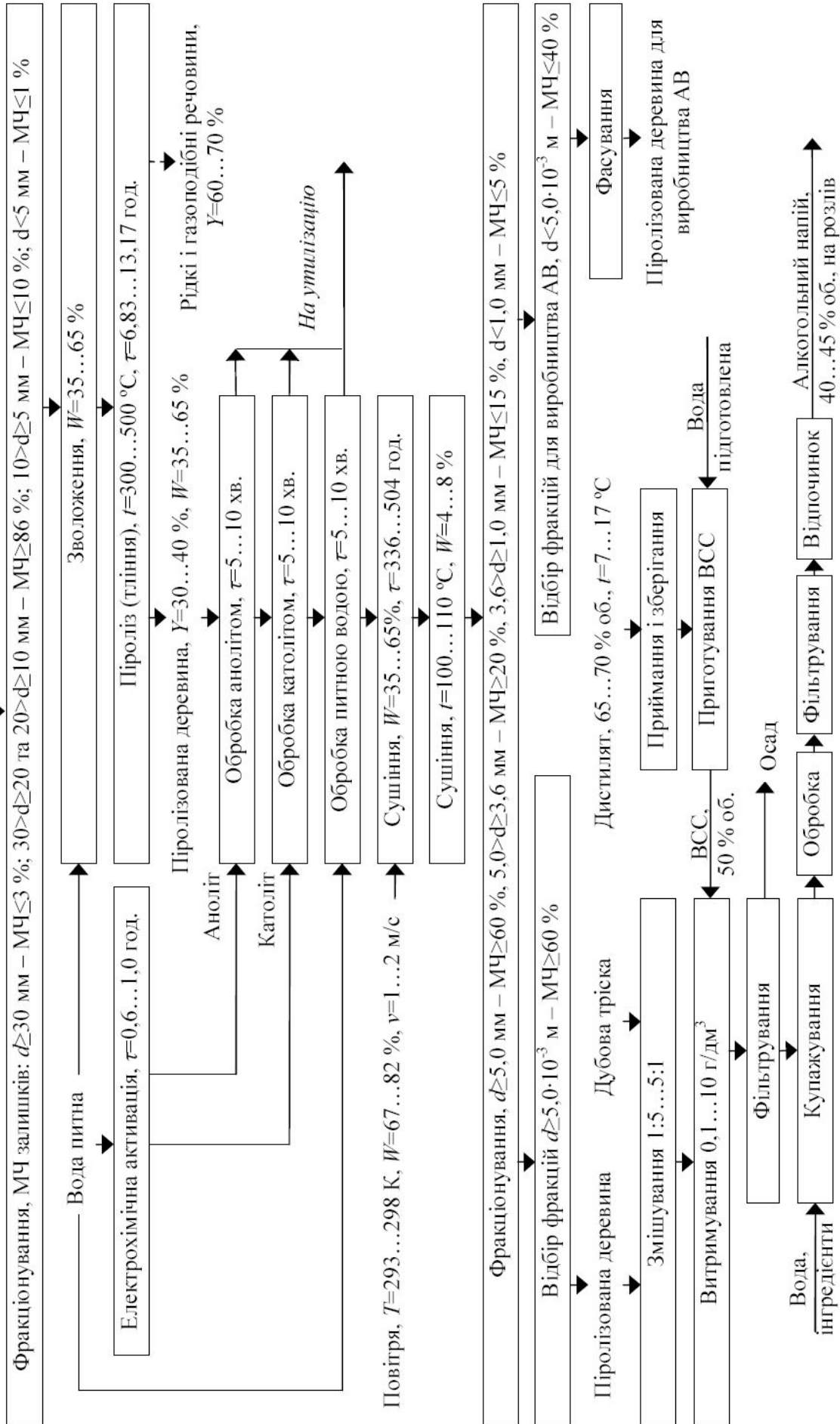


Рисунок 22 – Принципова технологічна схема виробництва алкольних напоїв із дистилятів з використанням продуктів вторинної переробки піролізованих деревних відходів

Для модифікації піролізованої деревини до технології алкогольних напоїв проводять її підготовку: послідовно обробляють анолітом, католітом, питною водою, висушують до повітряно-сухого стану вологістю 4...8 % і фракціонують на ситах з відбором часток понад 5,0 мм. Використання часток розміром фракцій менш як 3,6 мм у виробництві алкогольних напоїв ускладнює фільтрування. У структурі такої піролізованої деревини практично відсутні екстрактивні речовини – до 0,2 %. Фракції середнього розміру 5,0...3,6 мм мають у структурі непіролізовані частки – до 10 %, які екстрагуються спиртом, та піролізовані частки – до 90 %, які окиснюють спирт та адсорбують домішки. Фракції великого розміру (понад 5,0 мм) перспективні для технології алкогольних напоїв завдяки непіролізованій частині деревини (до 60 %) з екстрактивними речовинами та піролізованої частині (до 40 %), що інтенсифікує ОВ-реакції та адсорбує домішки у спиртах. Перша закладка дистиляту «збіднює» поверхневий шар піролізованої деревини ароматичними та фенольними речовинами, що унеможливорює їхнє повторне використання.

У восьмому розділі «Результати виробничих випробувань і впровадження результатів дослідження» наведено прикладні аспекти впровадження у виробництво розроблених технологій:

- підготовленої води із застосуванням ЕХА та утилізацією зворотних вод (НДР № 681/2011). Технологія пройшла дослідно-промислову перевірку і впроваджено у цехах водопідготовки та купажних цехах: ТОВ «ЛГЗ Альтера»; ТОВ «ЛГЗ «Прайм»; ПрАТ «КВКЗ «Бахчисарай»; ТОВ «ДЛГЗ «Лік» з економічним ефектом 340 тис. грн./рік;

- обробки ВСС модифікованими сорбентами на основі піролізованих деревних відходів (НДР № 722/2012). Технологія пройшла дослідно-промислову перевірку і впроваджено у купажних цехах та сортувальних відділеннях: ТОВ «ЛГЗ Альтера»; ТОВ «ЛГЗ «Прайм»; ПрАТ «КВКЗ «Бахчисарай»; ТОВ «ДЛГЗ «Лік» з економічним ефектом 400 тис. грн./рік;

- екстрагування дубильних речовин (танідів) у процесі виробництва алкогольної продукції із застосуванням піролізованої тріски (НДР № 723/2012). Технологія пройшла дослідно-промислову перевірку і впроваджено у купажних цехах: ТОВ «ЛГЗ Альтера»; ТОВ «ЛГЗ «Прайм»; ПрАТ «КВКЗ «Бахчисарай»; ТОВ «ДЛГЗ «Лік» з економічним ефектом 130 тис. грн./рік;

- настоїв спиртових з антиокислювальною активністю рослинної сировини. Технологія пройшла дослідно-промислову перевірку і впроваджено у купажних цехах: ТОВ «Перший український горілчаний стандарт» (№1 від 15.11.2013); ПрАТ «КВКЗ «Бахчисарай» (№1 від 11.11.2013) з економічним ефектом 210 тис. грн./рік.

Основні положення дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес, зокрема у курсове та дипломне проектування та під час виконання науково-дослідних робіт.

ВИСНОВКИ

На основі комплексних теоретичних та експериментальних досліджень розроблено інноваційні та удосконалено існуючі технології алкогольних напоїв високої якості з використанням продуктів вторинної переробки сировини та утворенням стабільних структур у системі спирт–вода. Основні теоретичні та практичні результати досліджень:

1. Здійснено системний аналіз інноваційних і удосконалено існуючі технології алкогольних напоїв на основі результатів досліджень: підготовленої води з утилізацією зворотних вод; ВСС з утворенням стабільних структур у системі спирт–вода.

2. Модифіковано методики з контролю технологічних процесів виробництва алкогольних напоїв, зокрема дослідження рівноважного стану протонів гідроксильної групи у системі спирт–вода методом ^1H ЯМР-спектроскопії.

3. Доведено технологічну ефективність ЕХА питної води для зменшення загальної жорсткості на 83 %, що приводить до зменшення виснаженості Na-катіоніту, збільшення терміну міжрегенераційного періоду Na-катіонітного фільтра та установки демінералізації зворотним осмосом на ≈ 80 %. Розроблено технологію підготовленої води стабільної якості, що має збільшене значення КПЯ на 11 % відносно демінералізованої води за типовою технологією, завдяки зменшенню: загальної лужності на 33 %; окиснюваності на 37 %; сухого залишку на 33 %; сульфатів на 22 %; хлоридів на 59 %; силікатів на 38 % та кремнекислоти на 35 %, ортофосфатов на 50 %; ОВ-потенціалу до відновних значень на 121 %.

4. Науково обґрунтовано механізм встановлення рівноважного стану протонів гідроксильної групи. Стала рівновага передбачає стабілізацію системи спирт–вода та характеризується рівноважним станом гідроксилу етанолу та води завдяки зміцненню водневих зв'язків і появі стабільних гідратів етанолу типу $\text{EtOH}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

5. Теоретично та експериментально доведено ефективність технологій утилізації піролізованих деревних відходів з утворенням підготовленої деревини, пористих вуглецевих матеріалів, АВ, адаптованих до технології алкогольних напоїв. Доведено, що модифіковане АВ ПДД- A_{KOH} меншою мірою інтенсифікує ОВ-реакції та впливає на утворення ацетальдегіду (на 4 %) й етилацетату (на 30 %) за АВ БАУ-А. Модифіковане АВ ПДД- A_{KOH} має збільшену адсорбційну активність відносно вищих спиртів – ізопропанолу на 10 %, ізопентанолу – на 60 %, ізобутанолу – на 11 %.

6. Науково обґрунтовано перспективність використання настоїв спиртових із рослинної сировини у виробництві алкогольних напоїв з високими антиоксидантними властивостями та покращеними органолептичними показниками. Доведено, що енергія відновлення/окиснення рослинної сировини ($E_{\text{B}_{\text{роsl}}}$) відносно розчинника знаходиться у межах відновних значень від 124,5 мВ (листя суниці лісової) до окисних значень – 65,7 мВ (плоди лимона). Встановлено, що настої спиртові, залежно від активності рослинної сировини, мають відновну здатність (понад 0 мВ) – 65 % зразків та окислювальну здатність (менш як 0 мВ) – 35 % зразків.

7. Розроблено принципові технологічні схеми виробництва алкогольних напоїв стабільної якості з використанням продуктів вторинної переробки сировини.

8. За результатами проведених досліджень розроблено нормативну документацію: 4 рецептури, 4 технологічні інструкції. Інноваційні технології утилізації відходів і продуктів вторинної переробки сировини для виробництва алкогольних напоїв стабільної якості впроваджено на лікєро-горілочаних і винно-кон'ячних підприємствах України: ТОВ «ЛГЗ Альтера»; ТОВ «ЛГЗ «Прайм»; ТОВ «ДЛГЗ «Лік»; ТОВ «Перший український горілочаний стандарт», ПрАТ «КВКЗ «Бахчисарай». Економічний ефект розроблених технологій становить 1,08 млн. грн. на рік. Соціальне значення полягає у підвищенні якості готової продукції та розширенні асортименту напоїв на основі натуральної сировини.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Кузьмін, О.В., Топольник, В.Г., Ловягин, А.Н., Кузьмін, В.В. (2011). *Водка: технологія, якість, інновації : монографія, Донецьк*, 307.
2. Кузьмін, О.В. (2014). *Усовершенствование процессов производства алкогольной продукции : монографія, Донецьк*, 488.
3. Поздняков, С.В., Кузьмін, О.В., Кійко, В.В., Акімова, Л.М. (2018). *Інжиніринг систем внутрішньоуправлінської інформації підприємств та об'єднань : монографія, Херсон*, 348.

Розділи монографій

4. Кузьмін, О.В., Малигіна, В.Д. (2010). Огляд ринку горілочних виробів. *Ринок продовольчих товарів України: Реалії та перспективи : монографія в 2 т. / за наук. ред. О.О. Шубіна, Донецьк*, 1, 358–385.
5. Kuzmin, O.V., Marynin, A.I. (2018). Concerning the prospect of using electrochemical activation in the production of alcoholic products. *Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium: collective monograph, Riga*, 1, 260-280.
6. Kuzmin, O.V., Rudyi, V.V. (2020). Prospects for the use of alcohol infusions in alcoholic beverage technologies for restaurants. *Modern engineering research: topical problems, challenges and modernity: collective monograph, Riga*, 211-230.
7. Kuzmin, O.V., Mishurovskiy, A.S. (2020). Improvement of alcoholic beverages technology for restaurant business. *Scientific and technical progress in European countries and the contribution of higher education institutions : collective monograph, Riga*, 90-106.
8. Kuzmin, O.V., Isaienko, V.M. (2020). Development of effective technologies for waste processing of the food industry. *Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences : collective monograph, Riga*, P.2, 430-448.

Статті, що індексуються міжнародною наукометричною базою даних

Scopus

9. Frolova, N., Ukrainets, A., Sylka, I., Nemirich, A., Kuzmin, O. (2019). Separation of terpenes from lemon essential oil by selective fractionation under a vacuum. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/11 (98), 32-36.

Статті, що індексуються міжнародною наукометричною базою даних

Web of Science Core Collection

10. Kuzmin, O., Tamarkina, J., Shendrik, T., Zubkova, V., Koval, O., Roman, T. (2017). Production of active coal from pyrolyzed wood wastes by alkaline activation of KOH. *Ukrainian Food Journal*, 6 (3), 443-458.
11. Kuzmin, O., Shendrik, T., Zubkova, V. (2017). Substantiation of the conditions of obtaining porous carbon materials from pyrolyzed wood wastes by chemical activation of H₃PO₄. *Ukrainian Food Journal*, 6 (1), 103-116.
12. Kuzmin, O., Suikov, S., Niemirich, O., Ditrich, I., Sylka, I. (2017). Effects of the water desalting by reverse osmosis on the process of formation of water-alcohol mixtures. ¹H NMR spectroscopy studies. *Ukrainian Food Journal*, 6 (2), 239-257.
13. Kuzmin, O., Suikov, S., Koretska, I., Matiyashchuk, O., Poliovyk, V. (2017). Identification of equilibrium state of hydroxyl protons in vodkas by ¹H NMR spectroscopy. *Ukrainian Food Journal*, 6 (2), 314-336.

14. Kuzmin, O. (2017). Mechanism of transformation of protons in the process of creating aqueous-alcoholic mixtures. *Ukrainian Food Journal*, 6(4), 686-697.

15. Kuzmin, O., Zubkova, V., Shendrik, T., Korenets, Y., Kuzmin, A., Bilenkyi, P. (2018). Internal mechanisms for establishment of the equilibrium state of water-alcohol mixtures in vodka technology. *Ukrainian Food Journal*, 7 (4), 655-670.

16. Kuzmin, O., Kucherenko, V., Sylka, I., Isaienko, V., Furmanova, Y., Pavliuchenko, E., Hubenia, V. (2020). Antioxidant capacity of alcoholic beverages based on infusions from non-traditional spicy-aromatic vegetable raw materials. *Ukrainian Food Journal*, 9 (2), 404-424.

Статті, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних Index Copernicus, Google Scholar

17. Kuzmin, O., Topol'nik, V., Sujkov, S. (2013). 1H NMR analysis of the aqueous-alcoholic mixtures, prepared with drinking water of south-eastern region of Ukraine. *The advanced science journal*, 8, 21-31.

18. Kuzmin, O., Sujkov, S., Topol'nik V. (2013). The change of the hydroxyl protons in aqueous alcoholic mixtures under the process of making vodkas. *The advanced science journal*, December, 15-27.

19. Kuzmin, O., Topol'nik, V., Fatiukha, A., Volkova, G. (2014). 1H NMR analysis of the aqueous-alcoholic mixtures, prepared with softened water using Na-cationization. *The advanced science journal*, 7, 9-14.

20. Kuzmin, O., Topol'nik, V., Fatiukha, A., Volkova, G. (2014). 1H NMR analysis of the aqueous-alcoholic mixtures, prepared in demineralized by reverse osmosis water. *The advanced science journal*, 8, 235-240.

21. Kuzmin, O., Topol'nik, V. (2014). Eduction of unsteady equilibrium in vodkas by means of 1H NMR spectroscopy. *The advanced science journal*, 10, 43-46.

22. Kuzmin, O., Topol'nik V. (2014). Eduction of transitional equilibrium in vodkas by means of 1H NMR spectroscopy. *The advanced science journal*, 12, 61-64.

23. Kuzmin, O., Topol'nik, V., Myronchuk, V. (2014). Eduction of equilibrium state in vodkas by means of 1H NMR spectroscopy, *Ukrainian journal of food science*, 2 (2), 220-228.

24. Kuzmin, O. (2015). Determination of systems with a steady equilibrium in vodkas, depending on transformation of hydroxyl protons. *Ukrainian Journal of Food Science*, 3 (1), 33-41.

25. Kuzmin, O., Isaienko, V., Koretska, I., Rakhmetov, D., Goots, V., Oliynyk, S. (2020). Reducing ability of infusions from waste of spicy-aromatic raw materials in the technology of alcoholic beverages. *Ukrainian Journal of Food Science*, 8 (1), 6-21.

26. Кузьмін, О.В., Естрін, О.С. (2018). Удосконалення технології алкогольних коктейлів в закладах ресторанного господарства. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, № 3, т. 1 (43), 61-67.

27. Кузьмін, О.В., Очеретна, А.В., Дідоша, А.І., Рагулін, О.Д. (2018). Розробка технології водно-спиртових настоїв для закладів ресторанного господарства. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, 4, т. 1 (44), 44-50.

28. Кузьмін, О.В. (2018). Вплив електрохімічної активації води на рівноважний стан водно-спиртових сумішей. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, 6, т. 1 (46), 26-32.

Статті у фахових виданнях України

29. Кузьмін, О.В. (2009). Розробка нового покоління лікєро-горілочаних виробів. *Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів*, 353-354.
30. Топольник, В.Г., Кузьмін, О.В. (2009). Комплексна кількісна оцінка якості горілки, виготовленої на спиртах різного класу. *Вісник ДонДУЕТ*, 1 (41), 135-140.
31. Топольник, В.Г., Кузьмін, О.В., Баширов, І.Х. (2009). Управління інноваціями й технологіями на підприємствах лікєро-горілочаної промисловості за умов розробки нових видів продукції. *Товарознавство та інновації*, 1, 224-229.
32. Топольник, В.Г., Кузьмін, О.В. (2010). Системний аналіз виробництва горілки на вітчизняних підприємствах. *Вісник ДонДУЕТ*, 1 (45), 46-54.
33. Ловягін, О.М., Шевченко, Л.О., Топольник, В.Г., Кузьмін, О.В. (2011). Стійкість спиртних напоїв за короткострокових порушень температурних режимів зберігання. *Вісник ДонНУЕТ*, 1 (49), 130-135.
34. Ловягін, О.М., Шевченко, Л.О., Ковальчук, В.П., Топольник, В.Г., Кузьмін, О.В. (2011). Аналіз чинників, що впливають на результати визначення міцності лікєро-горілочаної продукції. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 26, 405-411.
35. Кузьмін, О.В., Оносова, І.А., Ловягін, О.М. (2011). Загальна класифікація харчових добавок, що використовуються у виробництві горілок. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 27, 332-339.
36. Кузьмін, О.В., Оносова, І.А., Топольник, В.Г., Рачинська, З.П., Оносова, М.Ю. (2012). Антиоксидантні характеристики рослинної сировини у створенні алкогольних напоїв. *Вісник ДонНУЕТ*, 1 (53), 198-209.
37. Оносова, І.А., Кузьмін, О.В., Ловягін, О.М. (2011). Використання методу оцінки антиокислювальних властивостей водно-спиртових екстрактів лікарської рослинної сировини для формування якості горілки. *Товарознавство та інновації*, 3, 267-272.
38. Кузьмін, О.В. (2012). До питання підвищення якості технологічної води за рахунок використання електрохімічної активації у виробництві алкогольних напоїв. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 29 (2), 238-244.
39. Кузьмін, О.В., Мирончук, В.Г., Топольник, В.Г. (2014). Трансформація гідроксильних протонів в процесі створення водно-спиртових сумішей. *Харчова промисловість*, 16, 87-93.
40. Кузьмін, О.В. (2014). Использование ^1H ЯМР-спектроскопии в процессе создания водок. *Вісник ДонНУЕТ*, 1 (61), 169-184.
41. Кузьмін, О.В. (2015). Релаксація водно-спиртових систем у процесі електрохімічної активації демінералізованої води. *Наукові праці НУХТ*, 21(4), 237-249.
42. Кузьмін, О.В., Топольник, В.Г., Мирончук, В.Г., Суйков, С.Ю. (2015). Стабілізація водно-спиртових сумішей у процесі електрохімічної активації питної води. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 2 (22), 374-386.
43. Кузьмін, О.В. (2015). Встановлення релаксації у водно-спиртових системах у процесі електрохімічної активації зм'якшеної води. *Наукові праці НУХТ*, 21 (3), 243-255.
44. Кузьмін, О.В., Суйков, С.Ю. (2017). Встановлення релаксації у водно-спиртових системах у процесі електрохімічної активації питної води. *Наукові праці НУХТ*, 23 (5, 2), 229-238.

45. Koretska, I., Kuzmin, O., Zinchenko, T. (2020). Sample rating in water-alcohol technology by profile non-linear quality criteria. *Restaurant and hotel consulting. Innovations*, 3 (1), 12-24.

Патенти

46. Пат. на винахід № 112819UA, МПК C01B 31/08. Спосіб виробництва активного вугілля із карбонізату деревини / Кузьмін О.В., Шендрік Т.Г., Кучеренко В.О. та ін.; власник НУХТ. – №a201505195; заявл. 27.05.15; опубл. 25.10.16, Бюл. №20.

47. Пат. на винахід № 114212UA, МПК C12H 1/04, C12G 3/08, C01B 32/30, B01J 20/20. Спосіб виробництва горілки / Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г. та ін.; власник НУХТ. – №a201506032; заявл. 18.06.15; опубл. 10.05.17, Бюл. №9.

48. Пат. на винахід № 114210, МПК C12G 3/07 (2006.01), C12H 1/22 (2006.01). Спосіб виробництва коньяку / Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г., Шендрік Т.Г., Тамаркіна Ю.В. ; заявник і патентовласник – НУХТ. – №a201505683; заяв. 09.06.2015; опубл. 10.05.2017, Бюл. №9.

49. Пат. на винахід № 115673UA, МПК C12G 3/07, C12H 1/22. Спосіб обробки деревини дуба для одержання піролізованої тріски / Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г. та ін.; власник НУХТ. – №a201504104; заявл. 28.04.15; опубл. 11.12.17, Бюл. №21.

50. Пат. на корисну модель № 102942UA, МПК C01B 31/10. Спосіб виробництва активного вугілля із карбонізату деревини / Кузьмін О.В., Шендрік Т.Г., Кучеренко В.О. та ін.; власник НУХТ. – №u201505202; заявл. 27.05.15; опубл. 25.11.15, Бюл. №22.

51. Пат. на корисну модель № 103581UA, МПК C01B 31/08. Спосіб виробництва пористих вуглецевих матеріалів із піролізованих деревних відходів / Кузьмін О.В., Шендрік Т.Г., Кучеренко В.О. та ін.; власник НУХТ. – №u201505455; заявл. 03.06.15; опубл. 25.12.15, Бюл. №24.

52. Пат. на корисну модель № 102045UA, МПК C12G 3/07. Спосіб виробництва піролізованої тріски / Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г. та ін.; власник НУХТ. – №u201504113; заявл. 28.04.15; опубл. 12.10.15, Бюл. №19.

53. Пат. на корисну модель № 103989UA, МПК C12H 1/12, C12H 1/04. Спосіб виробництва горілки / Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г. та ін.; власник НУХТ. – №u201506044; заявл. 18.06.15; опубл. 12.01.16, Бюл. №1.

54. Пат. на корисну модель № 103609UA, МПК C12G 3/07. Спосіб виробництва коньяку / Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г. та ін.; власник НУХТ. – №u201505688; заявл. 09.06.2015; опубл. 25.12.2015, Бюл. №24.

55. Пат. на корисну модель № 110353UA, МПК C12G 3/00. Склад наливки «Чайний будинок» / Кузьмін О.В., Кушлак А.С., Обеснюк О.О. та ін.; власник НУХТ. – №u201602579; заявл. 16.03.16; опубл. 10.10.16, Бюл. №19.

56. Пат. на корисну модель № 110714UA, МПК C12G 3/00. Склад наливки «Чайні традиції» / Кузьмін О.В., Кушлак А.С., Обеснюк О.О. та ін.; власник НУХТ. – №u201602581; заявл. 16.03.16; опубл. 25.10.16, Бюл. №20.

Свідство про авторське право

57. А. с. 96904. Літературний письмовий твір наукового характеру «Визначення рейтингу нових виробів (рекомендації до оцінювання нового харчового продукту)» / Корецька І.Л., Кузьмін О.В., Польовик В.В. та ін.; власник НУХТ. Дата реєстрації Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства 26.03.2020 р.

Матеріали і тези доповідей на науково-практичних конференціях

58. Кузьмин, О.В., Топольник, В.Г. (2008). Моделирование органолептических свойств водки в процессе обработки сортировки активными углями. *Инновационные технологии в пищевой промышленности : матер. VII Междунар. научн.-практ. конф., 2-3 окт. 2008 г., г. Минск*, 1, 121-126.
59. Кузьмин, О.В., Козяр, Е.Н., Бутенко, О.Г., Дубонос, О.С., Чемодурова, В.И. (2009). Влияние массовой концентрации альдегидов на качество водки. *Управление торговлей: теория, практика, инновации : матер. II Междунар. научн.-практ. конф., 12-13 ноябр. 2009 г., г. Москва*, 114-117.
60. Кузьмин, О.В., Головина, Е.Н., Оноприенко, Ю.Ю., Цымбал, А.О., Челах, М.А. (2009). Характеристика показателей качества спирта этилового ректификованного. *Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг : матер. V Междунар. научн.-практ. конф., 8-9 дек. 2009 г., г. Орел*, 59-60.
61. Кузьмин, О.В., Козяр, Е.Н. (2010). Применение пищевых ароматизаторов в производстве водок. *Торгівля і продовольча безпека : матер. I Всеукр. наук.-практ. конф., 23 квіт. 2010 р., м. Донецьк*, 114-115.
62. Ловягин, А.Н., Кузьмин, О.В., Ковальчук, В.П. (2010). Использование сорбции йода в оценке активного угля для ликеро-водочного производства. *Актуальные проблемы современного товароведения : матер. Междунар. научн.-практ. конф., 18-19 ноябр. 2010 г., г. Гомель*, 92.
63. Кузьмін, О.В., Топольник, В.Г., Ловягін, О.М., Ковальчук, В.П. (2011). Окисно-відновні процеси у лікеро-горілчаній продукції. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XX столітті : 77 наук. конф. молод. учен., аспір. і студ., 11-12 квіт. 2011 р., м. Київ*, 131.
64. Кузьмин, О.В., Топольник, В.Г., Ловягин, А.Н. (2011). К вопросу применения низкомолекулярных антиоксидантов в производстве водок. *Техника и технология пищевых производств: VIII Междунар. научн.-техн. конф., 27-28 квіт. 2011 г., г. Могилев*, 1, 90.
65. Кузьмін, О.В., Топольник, В.Г., Ловягін, О.М. (2011). До питання впливу спирту етилового ректифікованого на фізіологічну активність лікеро-горілчаної продукції. *Актуальні проблеми харчової промисловості та підготовки кадрів для галузі : тези доп. I Всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та молод. вчен., 31 трав.-01 квіт. 2011 р., м. Луганськ*, 63-64.
66. Кузьмін, О.В., Топольник, В.Г., Ловягін, О.М. (2011). Управління процесом альдегідоутворення у горілках за рахунок внесення до рецептур харчових добавок. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини : матер. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 7-9 квіт. 2011 р., м. Донецьк*, 16-17.
67. Кузьмин, О.В., Топольник, В.Г., Ловягин, В.Н. (2011). Разработка иерархической структуры показателей качества технологической воды для производства водки. *Проблеми розвитку та впровадження систем управління, стандартизації, метрології в регіонах України : матер. I Всеукр. наук.-практ. та студ. конф., 24-26 травн. 2011 р., м. Донецьк*, 96-98.
68. Кузьмін, О.В., Оносова, М.Ю. (2011). Оцінка антиокислювальних властивостей водно-спиртових екстрактів рослинної сировини. *ГМО в сировині і продуктах харчування : міфи і реальність : матер. I Всеукр. наук.-практ. конф., 15-16 груд. 2011 р.,*

м. Донецьк, 208-210.

69. Олейніков, М.І., Кузьмін, О.В. (2012). Антиоксидантна характеристика рослинних екстрактів як один з показників якості алкогольних напоїв. *Проблеми розвитку та впровадження систем управління, стандартизації, сертифікації, метрології в регіонах України : матер. II Всеукр. наук.-практ. та студ. конф., 3-5 квіт. 2012 р., м. Донецьк*, 60-61.

70. Оносова, И.А., Кузьмин, О.В., Рачинская, З.П. (2013). Антиоксидантная активность водно-спиртовых экстрактов растительного сырья Украины. *Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности товаров : матер. Междунар. научн.-практ. конф., 25 дек. 2012 г., г. Ярославль*, 292-295.

71. Плехова, Е.Л., Кузьмин, О.В., Лесишина, Ю.О., Дмитрук, А.Ф. (2013). Термолиз древесных отходов в среде субкритической воды. *Химическая термодинамика и кинетика : III Междунар. научн. конф., 27-31 трав. 2013 г., г. Великий Новгород*, 122-124.

72. Оносова, И.А., Кузьмін, О.В. (2013). Використання ЯМР-аналізу під час оцінювання якості горілки. *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф., 19 лист. 2013 р., м. Харків, 1*, 265-266.

73. Кузьмін, О.В. (2014). Механізм видозміни гідроксильних протонів водно-спиртових сумішей в процесі створення горілок. *Наук. конф. виклад. і аспір. універ. за підсумками наук.-дослід. роботи за 2013 рік, 04 бер. 2014 р., м. Донецьк*, 8.

74. Кузьмін, О.В. (2014). Термодинамічна рівновага водно-спиртових сумішей при створенні горілок. *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнар. наук.-практ. конф., 22 трав. 2014 р., м. Харків, 1*, 242-243.

75. Кузьмин, О.В. (2014). ^1H ЯМР анализ водно-спиртовых смесей, приготовленных на питьевой воде, в процессе производства водок. *Современная торговля: теория, практика, перспективы развития : матер. III Междун. инновац. научн.-практ. конф., май 2014 г., г. Москва*, 276-281.

76. Кузьмін, О.В., Мирончук, В.Г. (2014). Управління процесом стабілізації водно-спиртових сумішей. *Мембранні процеси та обладнання в харчових технологіях та інженерії : Всеукр. наук.-практ. конф., 25-26 лист. 2014 р., м. Київ*, 34.

77. Кузьмін, О.В. (2014). Встановлення несталості рівноваги у горілках за допомогою ^1H ЯМР спектроскопії. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді: 7 Всеукр. наук.-практ. конф., 4-5 лист. 2014 р., м. Одеса*, 198-199.

78. Кузьмін, О.В., Люлька, О.М. (2015). Використання електрохімічної активації у винно-кон'ячному виробництві. *Практика і перспективи розвитку еногастрономічного туризму: світовий досвід для України : Міжнар. наук.-практ. конф., 24 верес. 2015 р., м. Київ*, 43-44.

79. Кузьмін, О.В. (2015). Методика визначення комплексної кількісної оцінки якості технологічної води для виробництва горілки. *Якість і безпека харчових продуктів : II Міжнар. наук.-практ. конф., 12-13 лист. 2015 р., м. Київ*, 59-61.

80. Кузьмін, О.В. (2015). ^1H ЯМР дослідження водно-спиртових сумішей,

виготовлених на демінералізованій воді. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді : 8 Всеукр. наук.-практ. конф. молод. учен. і студ. з міжнар. участю, 10-11 лист. 2015 р., м. Одеса, 267-268.*

81. Кузьмін, О.В. (2016). Перспективи використання піролізованих деревинних відходів у виноробній промисловості. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 82 Міжнар. наук. конф. молод. учен., асп. і студ., 11-12 квіт. 2016 р., м. Київ, 65.*

82. Кузьмін, О.В., Обеснюк, О.О. (2016). Регулювання окисно-відновних процесів в організмі людини як шлях подолання впливу екологічних проблем. *Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства : III Міжнар. наук.-практ. конф., 24-25 трав. 2016 р., м. Тернопіль, 34-36.*

83. Kuzmin, O., Shendrik, T. (2016). Prospective assessment of the use of the carbonized wood waste of food industry for the production of activated carbon. *Food Science for Well-being (CEFood 2016): 8th Central European Congress, 23-26 may 2016, Kyiv, 109.*

84. Кузьмін, О., Білоусов, Д., Грушевська, І. (2016). Оцінка перспективності використання водно-спиртових настоїв з рослинної сировини у харчовому виробництві. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека : матер. Міжнар. наук.-практ. конф., 12-13 травн. 2016 р., м. Київ, 59-61.*

85. Кузьмін, О.В., Білоусов, Д.Ю., Лівар, О.В. (2016). Окисно-відновний потенціал як один з показників оцінки антиоксидантної здатності харчових продуктів. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини : матер. VII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 30-31 травн. 2016 р., м. Кривий Ріг, 20-21.*

86. Кузьмін, О., Лівар, О. (2016). Загальна класифікація харчових добавок, що використовуються у виробництві горілок. *Стратегія збалансованого використання економічного, технологічного та ресурсного потенціалу країни : зб. наук. праць II Міжнар. наук.-практ. конф., 01 черв. 2016 р., м. Тернопіль, 36-38.*

87. Шендрік, Т., Кузьмін, О., Вихор, К. (2017). Оцінка перспективності використання відходів харчової промисловості для виробництва пористих вуглецевих матеріалів. *Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства : матер. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 27-28 квіт. 2017 р., м. Тернопіль, 222-223.*

88. Кузьмин, О.В., Тамаркина, Ю.В., Шендрик, Т.Г. (2017). Перспективы использования древесных отходов пищевой промышленности для получения адсорбентов. *Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных регионов : матер. Междунар. научн.-практ. конф., 3-4 окт. 2017 г., г. Кемерово, 295-301.*

89. Кузьмін, О.В., Суйков, С.Ю. (2017). Встановлення релаксації у водно-спиртових системах в процесі електрохімічної активації питної води. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції : матер. Міжнар. наук.-техн. конф., 7-8 лист. 2017 р., м. Київ, 76-77.*

90. Кузьмін, О.В. (2017). Використання електрохімічної активації для виробництва алкогольних напоїв. *Якість і безпека харчових продуктів : III Міжнар. наук.-практ. конф., 16-17 лист. 2017 р., м. Київ, 154-155.*

91. Zubkova, V., Shendrik, T., Kuzmin, O. (2017). Conditions of obtaining porous carbon materials from pyrolyzed wood wastes by chemical activation of H_3PO_4 . *Наукові*

проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції : матер. Міжнар. наук.-техн. конф., 7-8 лист. 2017 р., м. Київ, 73-74.

92. Естрін, О.С., Кузьмін, О.В. (2018). Удосконалення технології алкогольних напоїв. *Актуальные проблемы современной науки : сб. тез. науч. труд. XXVII Междунар. научн.-практ. конф., 27 февр. 2018 г., г. Москва, 28-31.*

93. Богомол, А., Кузьмін, О. (2018). Використання деревинних відходів у винно-кон'ячному виробництві. *Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції : Всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та молод. учен., 16 травн. 2018 р., м. Київ, 16-17.*

94. Kuzmin, O., Romanchenko, N. (2018). ^1H NMR-spectroscopy of water-alcohol systems in the process of electrochemical activation of drinking water. *Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness: Proceedings of the 7th International Specialized Scientific and Practical Conference, 13 September 2018, Kyiv, 6-13.* (DOI: 10.24263/RES-2018-3).

95. Kuzmin, A., Kuzmin, O., Shendrik T. (2019). Obtaining and properties of active charcoal from pyrolyzed wood waste. *Chemical Technology and Engineering: 2nd International Scientific Conference, 24-28 June 2019, Lviv, 87-89.*

96. Кузьмін, О.В. (2019). Ресурсоощадні технології віскі. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності : матер. VIII Міжнар. спеціаліз. наук.-практ. конф., 12 вересн. 2019 р., м. Київ, 52-53.*

97. Кузьмін, О.В. (2019). Розроблення ефективних технологій алкогольних напоїв стабільної якості. *Якість і безпека харчових продуктів : матер. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 20-21 лист. 2019 р., м. Київ, 124-125.*

98. Кузьмін, О., Романченко, Н., Грушевська, І., Рудий, В. (2019). Вплив технології водопідготовки на утворення стабільних комплексів в системі спирт-вода. *Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки : матер. III Міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 лист. 2019 р., м. Київ, 91-93.*

99. Кузьмін, О., Силка, І., Березова, Г. (2020). Визначення антиоксидантної здатності водно-спиртових настоїв з рослинної сировини для технології ресторанної продукції. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матер. 86 Міжнар. наук. конф. молод. учен., аспірант. і студ., 2-3 квіт. 2020 р., м. Київ, Ч. 3, 383.*

100. Кузьмін, О.В., Бережна, Т.О., Іскандарова, І.Р., Філіппова, А.Ю. (2020). Перспективи використання настоїв чаю у технології наливков. *Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв : матер. I Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. м. Прага, 40-41.*

101. Кузьмін, О.В., Іскандарова, І.Р., Бережна, Т.О., Філіппова, А.Ю. (2020). Перспективи використання чайної продукції у технології наливков. *Харчові технології та готельно-ресторанний бізнес: інновації й сучасні перспективи розвитку : матер. ювілей. наук.-практ. конф. з міжнар. участю студ., аспірант. та молод. вчен., 29 квіт. 2020 р., м. Київ, 28-29.*

102. Кузьмін, О.В., Філіппова, А.Ю., Іскандарова, І.Р., Бережна, Т.О. (2020). Інноваційні технології водно-спиртових настоїв у закладах ресторанного господарства. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі : матер. IX Всеукр. наук.-практ.*

конф., 19-20 трав. 2020 р., м. Київ, 219-220.

103. Kuzmin, O., Isaienko, V. (2020). Development of resource-saving technologies for processing wood waste for the production of alcoholic beverages. *Theoretical and empirical scientific research: concept and trends: Collection of scientific papers «АЮГОС» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, July 24, 2020, Oxford, United Kingdom, Vol. 2*, 9-11.

Інші публікації

104. Кузьмін, О.В., Федотова, О.Ю. (2010). Влияние контрольного фильтрования на стабильность качества водок. *Торгівля і продовольча безпека : матер. І Всеукр. наук.-практ. конф., 23 квіт., 2010 р., м. Донецьк*, 116-117.

105. Кузьмін, О.В., Королесова, В.Г. (2010). Стабилизация вина в процессе хранения. *Актуальные проблемы современного товароведения : матер. Междунар. научн.-практ. конф., 18-19 ноябр., 2010 г., г. Гомель*, 89.

106. Кузьмін, О.В. (2014). Процес встановлення рівноважного стану водно-спиртових сумішей при використанні демінералізованої води. *Мембранні процеси та обладнання в харчових технологіях та інженерії : Всеукр. наук.-практ. конф. молод. учен. і студ., 25-26 лист. 2014 р., м. Київ*, 35.

Особистий внесок здобувача у наукових роботах. Наукові праці [2, 14, 24, 28, 29, 38, 40, 41, 43, 73–75, 77, 79–81, 90, 96, 97, 106] виконано самостійно. У матеріалах сумісних праць – монографіях [1, 3, 4] автору належить загальний задум, проведення літературного пошуку, узагальнення результатів і підготовка матеріалів із написання розділів; [5–8] – аналіз та узагальнення основних положень; [9] – проведення літературного пошуку, підготовка матеріалів до друку; [10–13, 15, 16] – обґрунтування ідеї, узагальнення експериментальних досліджень, пояснення внутрішніх аспектів; [17–23, 25–27] – обґрунтування ідеї, узагальнення експериментальних даних, пояснення внутрішніх аспектів; [30–37, 39, 42, 44, 45] – розроблення положень, узагальнення експериментальних даних, пояснення внутрішніх аспектів; [46–57] – формування ідеї, патентний пошук, узагальнення експериментальних даних, оформлення документації; [58–72, 76, 78, 82–89, 91–95, 98–106] – розроблення ідеї, теоретичне обґрунтування запропонованих рішень.

АНОТАЦІЯ

Кузьмін О.В. Розроблення ефективних технологій алкогольних напоїв стабільної якості.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – технологія цукристих речовин та продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій, МОН України, Київ, 2021.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню важливої проблеми – розробці ефективних технологій алкогольних напоїв стабільної якості з використанням: підготовленої води електрохімічною активацією та утилізацією зворотних вод; водно-спиртових сумішей стабільної структури; модифікованих продуктів вторинної переробки сировини, адаптованих до технології алкогольних напоїв; настоїв спиртових із рослинної сировини з підвищеною антиоксидантною здатністю та покращеними органолептичними показниками; з подальшою оптимізацією технологічних процесів і

визначенням раціональних умов, режимів, узагальнюючих даних, які ґрунтуються на комплексних положеннях кваліметрії.

Розроблено технологію підготовленої води підвищеної якості із застосуванням електрохімічної активації за комплексним показником якості (K_0 , од. – 0,928), що збільшений на 11 % відносно демінералізованої води (K_0 , од. – 0,837) за типовою технологією, завдяки зменшенню: загальної лужності на 33 %; окиснюваності на 37 %; сухого залишку на 33 %; сульфатів на 22 %; хлоридів на 59 %; силікатів на 38 % та кремнекислоти на 35 %, ортофосфатов на 50 %; окисно-відновного потенціалу до діапазону відновних значень на 121 %.

Встановлено умови інтенсифікації процесів витримки дистилятів з піролізованою деревиною дуба та збільшенням екстрактивних речовин від 0,3 до 0,5 г/дм³. Наявність у поровому просторі піролізованої деревини кисню інтенсифікує окисно-відновні реакції з подальшим збільшенням МК альдегідів на 109 % – від 17,6 до 36,7 мг/100 см³ б.с., МК летких кислот на 35 % – від 50,9 до 68,9 мг/100 см³ б.с., МК етилацетату на 57 % – від 79,1 до 124,2 мг/100 см³ б.с.

Встановлено, що електрохімічна активація води приводить до утворення атомарного водню на катоді та атомарного кисню на аноді, через що у системі спирт–вода відбувається зміцнення водневих зв'язків між протонами гідроксильної групи та поява стабільних гідратів етанолу типу EtOH·5H₂O з утворенням сталої рівноваги.

Вивчено окисно-відновні властивості води внаслідок електрохімічної активації, що приводить до збільшення МК альдегідів з одночасним збільшенням органічних кислот та естерів у водно-спиртових сумішах.

Результати роботи впроваджено на підприємствах України у вигляді інноваційних технологій, методик, рекомендацій, технологічних інструкцій, рецептур у виробництві алкогольних напоїв стабільної якості. Економічний ефект від впровадження новітніх екологічно безпечних технологій становить 1,08 мільйонів грн. на рік.

Ключові слова: *алкогольні напої, водно-спиртова суміш, стабілізація якості, ¹H ЯМР-спектроскопія, гідроксильні протони, електрохімічна активація, окисно-відновний потенціал, вторинні продукти переробки сировини.*

АННОТАЦИЯ

Кузьмин О.В. Разработка эффективных технологий алкогольных напитков стабильного качества.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.05 – технология сахаристых веществ и продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий МОН Украины, Киев, 2021.

Диссертация посвящена решению важной проблемы – разработке эффективных технологий алкогольных напитков стабильного качества с использованием: подготовленной воды электрохимической активацией и утилизацией сточных вод; водно-спиртовых смесей стабильной структуры; модифицированных продуктов вторичной переработки сырья, адаптированных к технологии алкогольных напитков; настоев спиртовых из растительного сырья с повышенной антиоксидантной способностью и улучшенными органолептическими показателями; с последующей оптимизацией технологических процессов и определением рациональных условий, режимов, обобщающих данных, основанные на комплексных положениях кваліметрії.

Оценены новейшие методы и современные методики для контроля технологических процессов производства алкогольных напитков, которые модифицированы для спиртового и ликеро-водочного производства, с исследованием равновесного состояния протонов гидроксильной группы в системе спирт–вода – ^1H ЯМР-спектроскопия.

Разработана технология подготовленной воды повышенного качества с применением электрохимической активации с комплексным показателем качества (K_0 , ед. – 0,928), что увеличен на 11 % по отношению к деминерализованной воде (K_0 , ед. – 0,837) по типовой технологии, благодаря уменьшению: общей щелочности на 33 %; окисляемости на 37 %; сухого остатка на 33 %; сульфатов на 22 %; хлоридов на 59 %; силикатов на 38 % и кремнекислоты на 35 %, ортофосфатов на 50 %, окислительно-восстановительного потенциала в диапазоне восстановительных значений на 121 %.

Установлено, что электрохимическая активация воды приводит к образованию атомарного водорода на катоде и атомарного кислорода на аноде, из-за чего в системе спирт–вода происходит укрепление водородных связей между протонами гидроксильной группы и появление стабильных гидратов этанола типа $\text{EtOH}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ с образованием устойчивого равновесия.

Изучены окислительно-восстановительные свойства воды в результате электрохимической активации, которые приводят к увеличению массовой концентрации альдегидов с одновременным увеличением органических кислот и эфиров в водно-спиртовых смесях.

Установлены условия для интенсификации процессов выдержки дистиллятов с пиролизированной древесиной дуба и увеличением экстрактивных веществ от 0,3 до 0,5 г/дм³. Наличие в поровом пространстве пиролизированной древесины кислорода интенсифицирует окислительно-восстановительные реакции с последующим увеличением массовой концентрации альдегидов на 109 % – от 17,6 до 36,7 мг/100 см³ б.с., массовой концентрации летучих кислот на 35 % – от 50,9 до 68,9 мг/100 см³ б.с., массовой концентрации этилацетата на 57 % – от 79,1 до 124,2 мг/100 см³ б.с.

Научно обоснована перспективность использования настоев спиртовых из растительного сырья для производства алкогольных напитков с высокими антиоксидантными свойствами и улучшенными органолептическими показателями.

Результаты работы внедрены на предприятиях Украины в виде инновационных технологий, методик, рекомендаций, технологических инструкций, рецептур по производству алкогольных напитков стабильного качества. Экономический эффект от внедрения новейших экологически безопасных технологий составляет 1,08 млн. грн. в год.

Ключевые слова: алкогольные напитки, водно-спиртовая смесь, стабилизация качества, ^1H ЯМР-спектроскопия, гидроксильные протоны, электрохимическая активация, окислительно-восстановительный потенциал, вторичные продукты переработки сырья.

ANNOTATION

Kuzmin O.V. Development of effective technologies of alcoholic beverages of stable quality.

Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.18.05 – technology

of sugary substances and fermentation products. – National University of Food Technologies, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to the solution of an important problem - development of effective technologies of alcoholic beverages of stable quality with use of: prepared water by electrochemical activation and utilization of return waters; water-alcohol mixtures of stable structure; modified products of secondary processing of raw materials, adapted to the technology of alcoholic beverages; infusions of alcohol from vegetable raw materials with increased antioxidant capacity and improved organoleptic characteristics; with further optimization of technological processes and determination of rational conditions, modes, generalizing data, which are based on complex provisions of qualimetry.

The technology of the prepared water of the increased quality with application of electrochemical activation on a complex indicator of quality (K_0 , units – 0,928) which is increased by 11% in relation to demineralized water (K_0 , units – 0,837) on standard technology is developed, thanks to reduction: at 33 %; oxidation by 37 %; dry residue by 33 %; sulfates by 22 %; chlorides by 59 %; silicates by 38 % and silicic acid by 35 %, orthophosphates by 50 %; redox potential to the range of reduction values by 121 %.

Conditions for intensification of distillate aging processes with pyrolyzed oak wood and increase of extractives from 0.3 to 0.5 g/dm³ have been established. The presence of pyrolyzed oxygen in the pore space intensifies the redox reactions with a subsequent increase in the mass concentration of aldehydes by 109 % – from 17.6 to 36.7 mg/100 cm³, the mass concentration of volatile acids by 35 % – from 50.9 to 68.9 mg/100 cm³, mass concentration of ethyl acetate by 57 % – from 79.1 to 124.2 mg/100 cm³.

It was found that electrochemical activation of water leads to the formation of atomic hydrogen at the cathode and atomic oxygen at the anode, due to which the hydrogen-water system strengthens hydrogen bonds between hydroxyl protons and the appearance of stable ethanol hydrates such as EtOH·5H₂O with the formation of stable equilibrium.

The redox properties of water as a result of electrochemical activation, which lead to an increase in the mass concentration of aldehydes, with a simultaneous increase in organic acids and esters in water-alcohol mixtures, have been studied.

The results of the work are implemented at the enterprises of Ukraine in the form of innovative technologies, methods, recommendations, technological instructions, recipes for the production of alcoholic beverages of stable quality. The economic effect of the introduction of the latest environmentally friendly technologies is UAH 1.08 million for a year.

Keywords: *alcoholic beverages, water-alcohol mixture, quality stabilization, ¹H NMR spectroscopy, hydroxyl protons, electrochemical activation, redox potential, secondary products of raw materials processing.*