



2022

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Т о м 28 №. 4

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✧ НУХТ ✧ 2022

ЗМІСТ

Автоматизація та інформаційні технології

Поліщук Д. В., Заєць Н. А. Система керування інформаційними потоками тепличного комплексу на основі сценарно-синергетичного підходу

Біотехнології

Підгерська Т. О., Карлаш Ю. В. Сидерофори як нова альтернатива антимікробним засобам

Пирог Т. П., Іванов М. С. Вплив біологічних індукторів на антиадгезивну активність поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241

Зомчак В. В., Грегірчак Н. М. Біотехнологія мікробних полісахаридів, продуценти, використання, техніко-економічне обґрунтування виробництва ксантану

Механічна та електрична інженерія

Малецька К. Д., Турчина Т. Я., Авдеєва Л. Ю., Макаренко А. А. Інноваційна теплотехнологія виробництва сухої форми білково-фруктових композицій методом розпилювального сушіння

Грінінг К. Р., Десик М. Г. Зміна гранулометричного складу суспензій лікарських і косметичних засобів під час оброблення у бісерному млині

Харчові технології

Сімахіна Г. О. Динаміка процесу кристалотворення та промислове заморожування плодово-ягідної сировини

Тарасюк Л. А., Олійник С. І., Карпутіна М. В. Сучасна технологія фільтрування природними модифікованими матеріалами для підвищення якості лікєро-горілкової продукції

Василишина О. В. Вплив полісахаридних композицій на інтенсивність дихання та якість плодів вишні протягом зберігання

Романовська Т. І., Осейко М. І., Романовський Н. О. Фізичні аспекти утворення олійних гелів

Смірнова А. В., Кириленко Р. Г. Енергетична ідентифікація структур іонних систем на відповідність заданим технічним умовам

CONTENTS

Automation and information technologies

7 Polishchuk D., Zaiets N. Information flow management system of the greenhouse complex based on the scenario-synergetic approach

Biotechnologies

16 Pidgerskaya T., Karlash Yu. Siderophores as a new alternative to antimicrobial agents

36 Pirog T., Ivanov M. Influence of biological inductors on the anti-adhesive activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241

47 Zomchak V., Hrehirchak N. Biotechnology of microbial polysaccharides, producers, use, technical and economic justification of xanthan production

Mechanical and Electrical Engineering

60 Maletska K., Turchyna T., Avdeieiva L., Makarenko A. Innovative technology of production dry forms of protein-fruit compositions using spray drying method

72 Hrininh K., Desyk M. Change in granulometrical composition of suspensions of medicinal and cosmetic products during processing in a bead mill

Food Technologies

83 Simakhina G. Dynamics of crystallization process and the industrial freezing of raw fruit and berries

96 Tarasiuk L., Oliinyk S., Karpulina M. Modern filtration technologies with natural modified materials to improve the quality of alcoholic products

110 Vasylyshyna O. The influence of polysaccharide composition on the intensity of respiration and the quality of cherry fruits during storage

118 Romanovska T., Oseiko M., Romanovskiy N. Physical aspects of formation of oil gels

127 Smirnova A., Kyrylenko R. Energy identification of the structures of ionic systems in accordance with the specified technical conditions

MODERN FILTRATION TECHNOLOGIES WITH NATURAL MODIFIED MATERIALS TO IMPROVE THE QUALITY OF ALCOHOLIC PRODUCTS

L. Tarasiuk, S. Oliinyk, M. Karputina

National University of Food Technologies

Key words:

*Technology
Vodka production
Filtration
Water preparation
Prepared water
Water-alcohol mixture
Natural opal
Rauchtopaz
Quartz sand*

Article history:

Received 04.07.2022
Received in revised form
19.07.2022
Accepted 17.08.2022

Corresponding author:

L.A. Tarasiuk
E-mail:
ltarasyik@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of the research of filtering non-traditional modified natural materials — natural opal and rauchtopyaz in comparison with quartz sand for improving the method of mechanical filtering during water preparation in the production of liquor and vodka products.

During the research, organoleptic, physicochemical, capillary-phoretic and spectrophotometric methods of analysis, theoretical generalization and comparison of results, and a systematic approach were used.

A comparative evaluation of the methods and filter materials used in the technology of water conditioning and purification of water-alcohol mixtures was carried out. It was established that the studied natural opal and rauchtopyaz are more chemically resistant in comparison with the control sample of quartz sand, and the consumption of hydrochloric acid solution and water prepared during the stages of preparation and washing of filter modified materials was also determined.

It was determined that due to the high intergranular porosity of the studied filter materials, the volume of prepared water increases: by 110—130 vol./vol. FM, rauchtopyazom — at 350—450 rpm. FM.

It was found that filtering with natural opal and rauchtopyaz allows to increase the cleaning effect and improve the transparency of the prepared water and water-alcohol mixture in comparison with the source water and sorting, which was filtered with a control sample of quartz sand.

The effects of cleaning the water-alcohol mixture with the studied modified materials and increasing its tasting rating and oxidizability, removal of unwanted organic micro-impurities of sorting after processing was studied.

The prospect of using modified materials of natural opal and rauchtopyaz during water conditioning and filtering the water-alcohol mixture in the production of liquor-vodka products was proven.

СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ФІЛЬТРУВАННЯ ПРИРОДНИМИ МОДИФІКОВАНИМИ МАТЕРІАЛАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Л. А. Тарасюк, С. І. Олійник, М. В. Карпутіна

Національний університет харчових технологій

У статті представлено результати дослідження фільтрувальних нетрадиційних модифікованих природних матеріалів — природного опалу та раухтопазу у порівнянні з кварцовим піском з метою удосконалення способу механічного фільтрування під час підготування води у виробництві лікєро-горілчаної продукції.

Під час досліджень використовували органолептичні, фізико-хімічні, капілярфоретичні та спектрофотометричні методи аналізу, теоретичне узагальнення і порівняння результатів, системний підхід.

Проведено порівняльну оцінку способів і фільтрувальних матеріалів, які використовують у технології кондиціювання води й очищення водно-спиртових сумішей. Встановлено, що досліджувані природний опал і раухтопаз є більш хімічностійкими порівняно з контрольним зразком кварцового піску, а також визначено витрати розчину соляної кислоти та води, підготовленої під час стадій підготування та промивання фільтрувальних модифікованих матеріалів.

Визначено, що за рахунок високої міжзернової пористості досліджуваних фільтрувальних матеріалів збільшується обсяг підготовленої води: опалом на 110—130 об./об. ФМ, раухтопазом — на 350—450 об./об. ФМ.

З'ясовано, що фільтрування природним опалом і раухтопазом дає змогу збільшити ефект очищення та покращити прозорість підготовленої води і водно-спиртової суміші порівняно з вихідною водою та сортівкою, які було профільтровано контрольним зразком кварцового піску. Доведено перспективність використання модифікованих матеріалів природного опалу і раухтопазу для кондиціювання води та фільтрування водно-спиртової суміші у виробництві лікєро-горілчаної продукції.

Ключові слова: *технологія, лікєро-горілчане виробництво, фільтрування, водопідготовка, вода підготовлена, водно-спиртова суміш, модифіковані, природний опал, раухтопаз, кварцовий пісок.*

Постановка проблеми. Приготування різних видів напоїв передбачає застосування високоякісної води, а один із пріоритетних напрямків розвитку харчової галузі — удосконалення кондиціювання води та фільтрування водно-спиртової суміші в лікєро-горілчаному виробництві.

Вибір способу підготовки води залежить від мікрокомпонентного складу питної води, асортименту алкогольної продукції, продуктивності й технології виробництва. Згідно з Виробничим регламентом під час одержання підготов-

леної води, яка відповідатиме вимогам СОУ 15-37-237 «Вода підготовлена для лікєро-горілочного виробництва. Технічні вимоги», обов'язковим є спосіб механічного фільтрування.

У технологіях водопідготовки для виробництва напоїв широко застосовують напірні технологічні схеми з багатоступеневим фільтруванням. У питній воді може міститися значна кількість домішок у зваженому та колоїдному стані, тому для очищення води від цих домішок використовують реагентні та безреагентні схеми водопідготовки. Для безреагентного очищення води від зависей застосовують методи відстоювання, фільтрування крізь фільтри з нерухомим завантаженням зернистого матеріалу (пісок, гравій, гарнет тощо) (Іванов та ін., 2012; Олійник, Ковальчук, Опанасюк, & Ловягін, 2012; Balcerek, Pielech-Przybylska, Patelski, Dziekonska-Kubczak, & Jusel, 2017).

Окрім матеріалів для фільтрування води (далі — ФМ), використовують керамічні, рукавні, картриджні фільтри. Початковою стадією в установках водопідготовки є фільтрування на механічних фільтрах, які заповнені гравієм і кварцовим піском різних фракцій. (Олійник, Ковальчук, Опанасюк, & Ловягін, 2012; Balcerek, Pielech-Przybylska, Patelski, Dziekonska-Kubczak, & Jusel, 2017; Siristova, Priposilova, Riddellova, Hajslova, & Melzoch, 2012).

Останнім часом здійснюються дослідження, спрямовані на повернення підготовленої води та обробленої водно-спиртовій суміші природної свіжості. Одним із таких напрямів є удосконалення технології фільтрування та структурування природними мінералами (Anozie, Okuhon, & Osulale, 2010; Balcerek, Pielech-Przybylska, Patelski, Dziekonska, & Jusel, 2017; Ignatov, Mosin, & Strommer, 2016; Jurgelane, & Locs, 2021; Darroudi et al., 2011; McCusker, & Baerlocher, 2001).

Традиційними матеріалами для завантаження фільтрів пісочних є кварцовий пісок і подрібнений антрацитовий матеріал.

У технології приготування високоякісних горілок і горілок особливих має важливе значення стійкість готової продукції, тому необхідним є застосування фільтрувальних і фільтрувально-сорбційних матеріалів спрямованої дії (Kesraouiouki, & Cheeseman, 2004; Wang, & Peng, 2010; Kyoung-Su et al., 2011; Armbruster, & Gunter, 2001).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження вітчизняних (Олійник, Ковальчук, Опанасюк, & Ловягін, 2012; Гончарук та ін., 2012) та зарубіжних науковців (Anozie, Okuhon, & Osulale, 2010; Balcerek, Pielech-Przybylska, Patelski, Dziekonska, & Jusel, 2017) показали недостатню ефективність застосування кварцового піску в сучасних умовах лікєро-горілочного виробництва. Зокрема, основними причинами є (Ignatov, Mosin, & Strommer, 2016; Jurgelane, & Locs, 2021; Darroudi et al., 2011; McCusker, & Baerlocher, 2001):

- значні витрати води під час підготовки до робочого циклу на регенерацію шляхом промивання фільтрувального матеріалу;

- використання прекурсуру соляної кислоти, що використовується на стадії підготовки матеріалу до роботи для видалення з поверхні вапнякових відкладень, що негативно позначається на екології виробництва і здоров'ї працівників.

Ряд дослідників (McCusker, & Baerlocher, 2001; Kesraouiouki, & Cheeseman, 2004; Wang, & Peng, 2010; Kyoung-Su et al., 2011; Armbruster, & Gunter, 2001) для очищення води і водно-спиртових сумішей та інших продуктів використовують

природний вуглець, що містить адсорбент — природний матеріал шунгіт, який має високі адсорбційні властивості, механічну стійкість і є екологічно безпечним сорбентом. Шунгіт — це велика група докембрійських гірських порід, насичених особливою вуглецевою (шунгітовою) речовиною, яка має найбільшу серед відомих форм елементарного вуглецю хімічну активність в окисновідновних процесах, що обумовлена наявністю в його складі особливої модифікації вуглецю фулерену (McCusker, & Baerlocher, 2001; Kesraouiouki, & Cheeseman, 2004; Wang, & Peng, 2010; Kyoung-Su et al., 2011; Armbruster, & Gunter, 2001).

Проаналізовано ефективність очищення води і водно-спиртової суміші за різної тривалості взаємодії з природним фулереном шунгітом. Хоча шунгіт є ефективним матеріалом для вилучення шкідливих домішок з води і сортування, він має високу вартість, а його використання у виробництві напоїв є дуже обмеженим (McCusker, & Baerlocher, 2001; Kesraouiouki, & Cheeseman, 2004; Wang, & Peng, 2010; Kyoung-Su et al., 2011; Armbruster, & Gunter, 2001). Оскільки родовища шунгітових порід відсутні в Україні, то використання цього природного матеріалу є економічно не доцільним.

Можливості очищення шунгітом і клиноптилолітом визначали науковці у статичному режимі за адсорбцією домішок, які можуть як позитивно, так і негативно впливати на якість профільтрованої води і водно-спиртових сумішей (Kesraouiouki, & Cheeseman, 2004; Wang, & Peng, 2010; Іванов та ін., 2012). Висновок щодо поліпшення якості неможливо перенести на технологію горілок, оскільки фільтрування здійснювали не в статичному, а в динамічному режимі за широкого діапазону швидкості оброблення (Іванов та ін., 2012; Kesraouiouki, & Cheeseman, 2004; Melnyk, Turchun, Tkachuk, Kutz, & Melnyk, 2014).

Рекомендовано для оброблення води і сортівок використання мікропористого мінералу — кремнієподібного силіциду з широкою мікропористою структурою, який має твердість 100% і багаторазово реактивується (Anozie, Okuhon, & Osuolale, 2010). Під час оброблення води цим матеріалом покращуються органолептичні та фізико-хімічні показники готового продукту такі як: прозорість, смак і запах, окиснюваність перманганатна, при цьому не збільшується вміст силікатів і карбонатів (Širíšťová, Přinosilová, Riddellová, Hajslová, & Melzoch, 2012).

Потрібно зазначити, що останнім часом значна увага приділяється розширенню спектра застосування природних кремнеземів та алюмосилікатів, серед яких кремій, опал, раухтопаз, альмандин тощо (Širistova, Přinosilova, Riddelleva, Hajslova, & Melzoch, 2012; Anozie, Okuhon, & Osuolale, 2010; Гончарук та ін., 2012). Наведені дані свідчать про актуальність досліджень природних модифікованих матеріалів для фільтрування води і водно-спиртових сумішей у лікєро-горілочному виробництві.

Мета дослідження: дослідити вплив природних модифікованих матеріалів на фізико-хімічні та органолептичні показники підготовленої води і водно-спиртових сумішей лікєро-горілочного виробництва.

Матеріали і методи. Під час досліджень використовували:

- воду питну київської міської мережі та підготовлену, яку готували шляхом механічного фільтрування кварцовим піском та досліджуваними матеріалами, пом'якшення і сорбційного очищення;
- водно-спиртову суміш (сортівку) міцністю 40% об., приготовану на ТОВ

«БРЕНДБАР» шляхом додавання до розрахованої кількості спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс» розрахованої кількості води підготовленої. Спирт етиловий ректифікований сорту «Люкс» використовували з об'ємною часткою етилового спирту — 96,5%, масовою концентрацією альдегідів, у перерахунку на оцтовий альдегід у безводному спирті, мг/дм³ — 1,8, масовою концентрацією сивушного масла, в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів 1:1, в безводному спирті, мг/дм³ — 0,5, масовою концентрацією естерів, у перерахунку на оцтово-етиловий естер в безводному спирті, мг/дм³ — 1,0, об'ємною часткою метилового спирту у перерахунку на безводний спирт, % — 0,007, пробу на чистоту — витримує, проба на окиснюваність — 25 хв;

- кварцовий пісок (контрольний зразок) з фракційним складом 1—5 мм, вологістю 6%, зольністю 7%, механічною міцністю — 98%;

- природний опал і раухтопаз модифіковані наночастками срібла з фракційним складом 1—5 мм, вологістю — 5%, зольністю — 6%, механічною міцністю — 99%.

Фільтрувальні матеріали завантажували окремо у спеціальний фільтр діаметром 100 мм та висотою 500 мм: № 1 — природний опал, № 2 — раухтопаз, № 3 — кварцовий пісок. Висота шару кожного фільтрувального матеріалу у фільтрі становила 400 мм.

Фільтрування води або водно-спиртової суміші проводили у фільтрі, заповненому відповідним фільтрувальним матеріалом.

Дослідження з визначення ефективності очищення води чи водно-спиртової суміші до та після її очищення модифікованими природними матеріалами та кварцовим піском за органолептичними та фізико-хімічними показниками, катіонно-аніонним складом проводили у динамічному режимі у перерахунку на швидкість фільтрування води 8—10 м³/год, бортівки — 60 дал/год.

Для вирішення поставлених завдань було застосовано такі методи аналізу:

- органолептичні дослідження водно-спиртової суміші проводили дегустаційним оцінюванням згідно з ДСТУ 4165 та ДСТУ 4979;

- фізико-хімічні визначення масової концентрації альдегідів, у перерахунку на оцтовий альдегід в безводному спирті, сивушного масла в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів 1:1 в безводному спирті, естерів у перерахунку на оцтово-етиловий естер в безводному спирті проводили фотоколориметричним методом із застосуванням фотоелектроколориметра марки КФК-2 згідно з ДСТУ 4165;

- лужність (об'єм соляної кислоти $c(\text{HCl}) = 0,1$ моль/дм³, витрачений на титрування 100 см³ горілки) визначали титрометричним методом — згідно з ДСТУ 4165;

- міцність — ареометричним методом згідно з ДСТУ 4165;

- об'ємну частку метилового спирту у перерахунку на безводний спирт та масову концентрацію ацетальдегіду, 2-пропанолу, 1-пропанолу, ізобутанолу, метилацетату газохроматографічним методом (газовий хроматограф «Кристал-2000М») згідно з ДСТУ 4222;

- визначення ефекту очищення та прозорості здійснювали спектрофотометричним методом згідно з ДСТУ 5068 із застосуванням спектрофотометра Specord UV;

- катіонно-аніонний склад капілярно-електрофоретичним методом (система капілярного електрофорезу «КАПЕЛЬ-105») згідно з ДСТУ 4801 та ДСТУ 4932;

- прогнозовану стійкість тестуванням сортівки до та після її очищення, встановленням змін фізико-хімічних показників продукції після її витримки за критичних умов і контрольним зразком за масивом запасу параметра до критичної межі згідно з ДСТУ 7397.

Викладення основних результатів дослідження. Встановлено, що досліджувані ФМ — раухтопаз та опал, є хімічно стійкими до розчинів кислот і лугів, що збільшує тривалість їх експлуатації, дає змогу зменшити витрати розчину соляної кислоти та води на стадіях підготовки та промивання (рис. 1, 2).

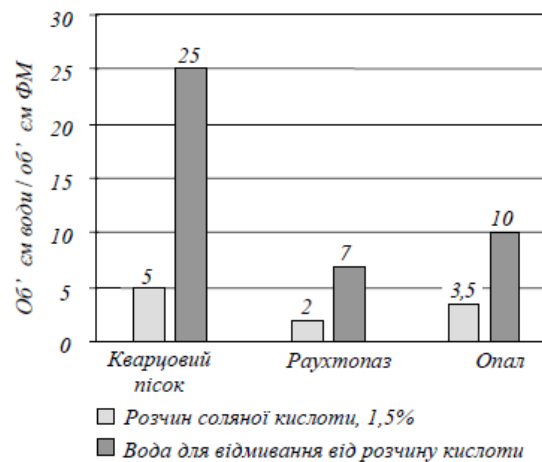


Рис. 1. Оптимальні технологічні параметри підготовки ФМ



Рис. 2. Оптимальні технологічні параметри регенерації ФМ

Встановлено, що під час підготовки до роботи порівняно з контрольним зразком зменшуються витрати:

- розчину соляної кислоти: для раухтопазу — у 2,5 раза, для опалу — у 1,4 раза;

- води на відмивання від розчину кислоти: для раухтопазу — у 3,5 раза, для опалу — у 2,5 раза.

Показано, що у порівнянні з контрольним зразком кварцового піску досліджувані матеріали потребують менших питомих витрат води на стадії:

- відмивання: для раухтопазу — у 1,6 раза, для опалу — у 1,3 раза;
- регенерації під час підпушування та швидкого промивання: для раухтопазу — у 2 рази, для опалу — у 1,25 раза.

Оптимальний вибір фільтрувального завантаження визначає ефективність фільтрування, яке залежить від властивостей фільтрувального матеріалу (фракційного складу, форми зерен та їх шорсткості), а також від геометричної структури шару (однорідності та міжзернової пористості).

Міжзернова пористість шару фільтрувального матеріалу залежить від крупності і однорідності фракцій матеріалу, а також форми його зерна, тому важливим параметром, що характеризує фільтрувальний матеріал, є коефіцієнт форми. Особливістю досліджуваних раухтопазу та природного опалу є те, що форма їх зерен наближається до кулястої форми і коефіцієнт є дещо більшим 1. Це буде позитивно впливати на тривалість фільтрувального циклу, який закінчується, коли спостерігається проскок (винесення) затриманих забруднень внаслідок їх надмірної кількості і винесення з периферійних шарів фільтрувального матеріалу.

Міжзернова пористість матеріалу впливає також на ефективність процесу фільтрування, яка залежить від властивостей фільтрувального завантаження, концентрації забруднень у вихідній воді та режиму фільтрування.

Міжзернова пористість фільтрувальних матеріалів — відношення сумарного об'єму міжзернових пор до загального об'єму фільтрувального матеріалу знаходиться в межах від 0,38 до 0,75.

Розрахунковим методом встановлено міжзернову пористість досліджуваних матеріалів порівняно з контрольним зразком кварцового піску (рис. 3).

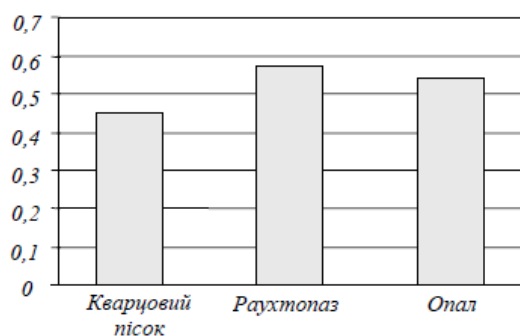


Рис. 3. Міжзернова пористість фільтрувальних матеріалів

Більша міжзернова пористість раухтопазу на 20%, опалу на 15% позитивно впливає на тривалість фільтрувального циклу та дає змогу збільшити вихід підготовленої води: опалом на 110—130 об./об. ФМ, раухтопазом — на 350—450 об./об. ФМ (рис. 4, табл. 1).

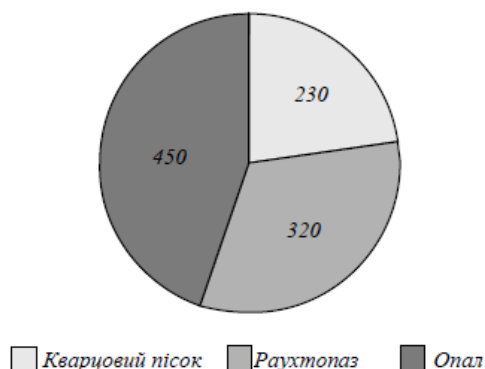


Рис. 4. Залежність виходу підготовленої води від застосовуваного ФМ, об./об. ФМ

На основі проведених досліджень встановлено раціональні технологічні параметри фільтрування, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Витрати допоміжних матеріалів під час фільтрування досліджуваними ФМ

Технологічна операція	Лінійна швидкість, м/год (згідно з ТР У 18.5084)	Відносний об'єм, об/об ФМ		
		Кварцовий пісок (контроль)	Раухтопаз	Опал
Підготування ФМ:				
- оброблення розчином соляної кислоти 0,5%	5	5	2	3,5
- відмивання від розчину соляної кислоти питною водою	10—12	25	7	10
Основна стадія фільтрування води ФМ	10—12	1000	1400	1200
Регенерування ФМ питною водою:				
- відмивання (протиток)	8—10	25	15	18
- підпушування вихідною водою (протиток)	10	10	5	8
- швидке промивання (прямоток)	15	10	5	8

Встановлено, що на стадії підготування, завдяки меншому вмісту зольних елементів на зернистій поверхні та у фільтрувальному матеріалі, спостерігається зменшення витрат:

- розчину соляної кислоти для раухтопазу — у 2,5 раза, для природного опалу — у 1,4 раза;

- питної води під час відмивання від розчину соляної кислоти для раухтопазу — у 3,5 раза, для природного опалу — у 2,5 раза.

На стадії регенерування, завдяки оптимальній міжзерновій пористості, зменшуються витрати промивної води:

- під час відмивання зворотним током води для раухтопазу — у 1,6 раза, для

природного опалу — у 1,3 раза;

- під час підпушування вихідною водою зворотним током води та під час швидкого прямотокового промивання для раухтопазу — у 2 рази, для природного опалу — у 1,25 раза.

Встановлено ефективність очищення води від домішок заліза, алюмінію, органічними сполуками (рис. 5), за органолептичними (табл. 2) та фізико-хімічними показниками (табл. 3) води до і після фільтрування досліджуваними ФМ.

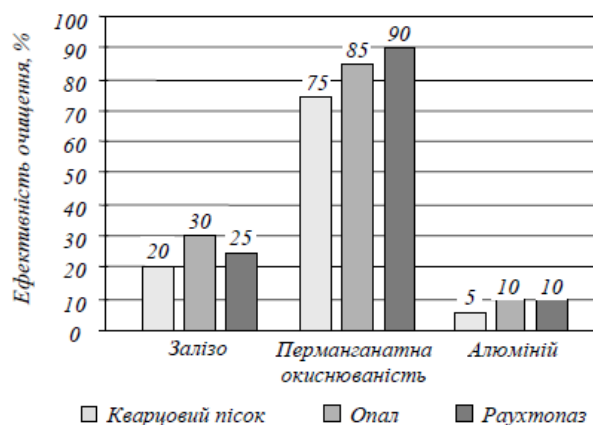


Рис. 5. Ефективність очищення води ФМ

Таблиця 2. Органолептичні та фізико-хімічні показники води до і після фільтрування досліджуваними ФМ ($n = 3, P \geq 0,95$)

Назва показника, одиниця виміру	Вимоги СОУ 15.9-37-237 [2]	Вода питна	Значення показника після фільтрування води через		
			кварцовий пісок (контроль)	раухтопаз	опал
Смак і присмак, бал	0	1	1	0	0
Запах за температури 20 °С і під час нагрівання води до температури 60 °С, бал	0	1	1	0	0
Забарвленість, градус	не більше 2	10	2	0	0
Прозорість, %	не менше 98	90	98	100	99,5
Мутність, мг/дм ³	не більше 0,02	1	0,01	0,00	0,00
Лужність вільна, ммоль/дм ³	не більше 0,002	0	0,005	0	0
Водневий показник, од. рН	від 6,0 до 8,0	6,7	6,9	7,2	7,0
Масова концентрація, мг/дм ³ :					
силікатів	не більше 7,0	3,5	4,0	3,5	3,5
сульфатів	не більше 50,0	12,0	15,0	10,0	12,0
фосфатів	не більше 0,1	0,05	0,04	0,038	0,004

За результатами досліджень встановлено, що під час фільтрування води раухтопазом та опалом порівняно з контрольним зразком кварцового піску:

- забезпечується кондиціювання води за органолептичними показниками, при цьому значення забарвленості та мутності зменшувались на 100 %;
- не спостерігається збільшення вільної лужності (вмісту карбонатів), а також вмісту силікатів, фосфатів і сульфатів у фільтраті;
- перманганатна окиснюваність зменшується на 20%.

Оскільки раухтопаз та опал є мікропористими мінералами, це впливає і на покращення дегустаційної оцінки води, підготовленої за показниками смаку й аромату на один бал.

Вища міжзернова пористість раухтопазу та природного опалу сприяє підвищенню ефективності очищення:

- раухтопазом від домішок заліза та алюмінію на 5%, органічних домішок — на 15%;
- природним опалом від домішок алюмінію на 5%, заліза та органічних домішок — на 10%/

Одержані дані експериментальних досліджень свідчать, що у воді, підготовленій за допомогою досліджуваних ФМ, спостерігається підвищення прозорості, що корелює з отриманими даними ефекту до та після очищення мінералами (рис. 6), який є вищим порівняно з контрольним зразком і становить для раухтопазу — 20%, природного опалу — 15%.

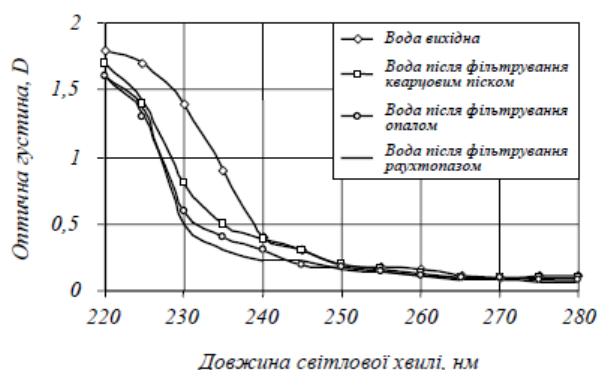


Рис. 6. Ефект очищення води досліджуваними матеріалами

Проаналізовано якість очищення сортівки до та після її фільтрування досліджуваними модифікованими природними матеріалами порівняно з кварцовим піском (табл. 3).

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники сортівки до та після її очищення природними модифікованими матеріалами порівняно з контрольним зразком кварцового піску

Назва показника, одиниця вимірювання	Вимоги ДСТУ 4256	Результати випробувань		
		вихідна ВСС	після очищення	
			раухтопазом	опалом
1	2	3	4	5
Лужність — об'єм соляної кислоти $c(\text{HCl}) = 0,1$ моль/дм ³ , витрачений на титрування 100 см ³ горілки, см ³	не більше 3,5	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,03

1	2	3	4	5
Масова концентрація альдегідів у перерахунку на оптовий альдегід у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 4,0	1,8 ± 0,15	1,8 ± 0,15	1,9 ± 0,15
Масова концентрація ацетальдегіду в безводному спирті, мг/дм ³	не більше ніж 4,0	1,4 ± 0,15	1,5 ± 0,15	1,5 ± 0,15
Масова концентрація сивушного масла в перерахунку на суміші зоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 3,0	0,70 ± 0,15	0,5 ± 0,15	0,6 ± 0,15
Масова концентрація сивушного масла (<i>n</i> -пропанолу, ізопропанолу, <i>n</i> -бутанолу, ізобутанолу, ізоамілового спирту) в безводному спирті, мг/дм ³	не більше ніж 4,0	1,20 ± 0,15	1,0 ± 0,15	1,0 ± 0,15
Масова концентрація естерів у перерахунку на оптовоетиловий естер у безводному спирті, мг/дм ³	не більше ніж 5	0,8 ± 0,25	0,95 ± 0,25	1,25 ± 0,25
Масова концентрація естерів (метилацетату, етилацетату, етилбутирату, ізобутил-ацетату, ізоамілацетату) в безводному спирті, мг/дм ³	не більше ніж 5	1,5 ± 0,25	0,8 ± 0,25	0,9 ± 0,25
Об'ємна частка метилового спирту в перерахунку на безводний спирт, %	не більше ніж 0,01	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001
Дегустаційна оцінка, бали	9,5	9,5	9,7	9,65

Модифіковані природний опал і раухтопаз є мікропористими матеріалами, тому під час фільтрування забезпечується часткове сорбування мікродомішок спирту. При цьому спостерігали зменшення в очищених водно-спиртових сумішах масової концентрації:

- сивушного масла (*n*-пропанолу, ізопропанолу, *n*-бутанолу, ізобутанолу, ізоамілового пирту) в безводному спирті під час фільтруванням раухтопазом — на 30%, опалом — на 20%;

- естерів (метилацетату, етилацетату, етилбутирату, ізобутил-ацетату, ізоамілацетату) у безводному спирті раухтопазом — на 33%, опалом — на 25%.

На рис. 7 та 8 наведено результати прозорості та окиснюваності водно-спиртової суміші, яку було підготовлено за допомогою досліджуваних ФМ.

Одержані дані експериментальних досліджень свідчать, що у водно-спиртових сумішах, приготованих на воді, підготовленій за допомогою природних модифікованих матеріалів раухтопазу та опалу, покращується значення прозорості — на 1—1,5%, окиснюваності — на 15%, загальної дегустаційної оцінки — на 10%, що позитивно позначається на якості готової продукції.

Для прогнозування можливих помутнінь, випадання осадів було визначено масову концентрацію катіонів та аніонів до та після фільтрування сортівки досліджуваними матеріалами (табл. 4).

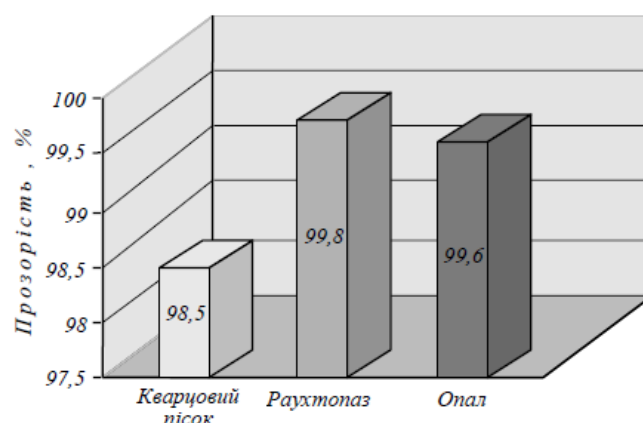


Рис. 7. Залежність прозорості водно-спиртової суміші під час фільтрування досліджуваними ФМ



Рис. 8. Залежність окиснюваності водно-спиртової суміші під час фільтрування досліджуваними ФМ

Таблиця 4. Аніонний і катіонний склад сортивки до та після очищення досліджуваними матеріалами (n = 3, P ≥ 0,95)

Масова концентрація, мг/дм ³	Результат випробувань сортивки			
	вихідної	Після фільтрування		
		кварцовим піском (контроль)	раухтопазом	природним опалом
Амонію	0,005	0,005	менше 0,002	0,005
Калію	10,0	12,0	10,0	12,0
Натрію	5,0	10,0	5,0	8,0
Магнію	0,2	1,3	0,2	0,5
Кальцію	0,2	1,3	0,2	0,5
Хлоридів	1,5	5,0	1,3	2,5
Нітритів	0,002	0,002	менше 0,001	0,002
Сульфатів	10	14	10	12
Нітратів	0,03	0,03	0,02	0,03
Фторидів	0,06	0,05	0,05	0,05
Фосфатів	0,03	0,05	0,02	0,03
Силікатів	1,3	2,5	1,3	1,5

Встановлено, що зміна масової концентрації катіонів калію та натрію, аніонів хлоридів, нітратів, фторидів, фосфатів до та після фільтрування сортивки раухто-

пазом та опалом є незначною. Визначено, що порівняно з контрольним зразком кварцового піску масова концентрація кальцію та магнію, силікатів у сортівці після фільтрування раухтопазом не змінюється за рахунок його високої хімічної стійкості, що буде позитивно впливати на стабільність готової продукції під час її зберігання.

Висновки

На основі теоретичних і експериментальних досліджень науково обґрунтовано, що досліджувані модифіковані природні фільтрувальні матеріали раухтопаз та опал дають змогу:

1. За рахунок вищої, порівняно з контрольним зразком, механічної і хімічної міцності та міжзернової пористості зменшити витрати води на підготовку до роботи та регенерацію, а також витрати розчину соляної кислоти на стадії підготовки до роботи.

2. Збільшити питомий вихід підготовленої води на 10—45% за рахунок більшої міжзернової пористості досліджуваних зразків опалу та раухтопазу.

3. Підвищити прозорість підготовленої води на 0,3—0,4% та збільшити ефективність очищення води на 15—20% за рахунок зменшення вмісту заліза, алюмінію та органічних сполук, які характеризуються показником перманганатної окиснюваності, на 5—15%.

4. Застосовувати модифіковані опал та раухтопаз як фільтрувальні матеріали для механічного очищення водно-спиртової суміші у фільтрах попереднього та остаточного фільтрування вугільно-очисної батареї.

Література

Гончарук, В. В., Чеботарева, Р. Д., Баштан, С. Ю., Косоруков, А. А., Демченко, В. Я., Каганов В. Я. (2012). Влияние кремня на минеральный состав воды. *Химия и технология воды*, 34(3), 249—259. Взято з: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/130711/05-Goncharuk.pdf?sequence=1>.

Іванов, С.В. (2012). *Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства*. Київ: НУХТ.

Олійник, С. І., Ковальчук, В. П., Опанасюк, Т. І., Ловягін, О. М. (2012). Інноваційна технологія фільтрування води для виробництва лікєро-горілкової продукції. *Наукові праці ОНАХТ*, 2(42), 235—237. Взято з: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/oliylik.pdf>.

Alozie, A. N., Okuhon, E. E., Osuolale, F. N. (2010). Dehydration of ethanol-water mixture using activated carbons from sawdust and palm kernel shells. *Separation Science and Technology*, 45(10), 1482—1489. <https://doi.org/10.1080/01496391003775998>

Arnbruster, T., Gunter, M. (2001). Crystal structures of natural zeolites. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 45(1):1—67. <https://doi.org/10.2138/rmg.2001.45.1>.

Balcerek, M., Pielech-Przybylska, K., Patelski, P., Dziekońska-Kubczak, U., Jusel, T. (2017). Treatment with activated carbon and other adsorbents as an effective method for the removal of volatile compounds in agricultural. *Food Add Cont.*, 34(5), 714—727. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1284347>.

Darroudi, M., Ahmad, M., Zamiri, R. et al. (2011). Time-dependent effect in green synthesis of silver nanoparticles. *International Journal of Nanomedicine*, 6, 677—681.

Durali Danabas, Tulay Altun. (2011). Effects of zeolite (Clinoptilolite) on some water and growth parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Digest journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3, 1111—1116.

Ignatov, I., Mosin, O., Strommer, S. (2016). Nano Mix of Shungite and Zeolite for Cleaning of Toxins and Increasing of Energy of Hydrogen Bonds among Water Molecules in Human Body.

Strommer Journal of Medicine. Physiology and Biophysics, 27, 1—10.

Jurgelane, I., Loes, J. (2021). Shungite application for treatment of drinking water — is it the right choice? *Water Health*, 19(1), 89—96. doi: <https://doi.org/10.2166/wh.2020.139>.

Kesraouiouki, C. R., Cheeseman, R. P. Natural zeolite utilisation in pollution control: a review of applications to metals effluents. (2004). *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 59, 121—129.

Kyoung-Su, H., Yun-Jo, L., Jong Wook, B., Ye Won, K., Min Hee, W., Hyo-Sik, K. et al. (2011). *Applied Catalysis: A: General*, 395, 95—106.

Melnyk, L., Turchun, O., Tkachuk, N., Kutz, A., Melnyk, Z. (2014). Water-alcohol adsorbing cleaning out of higher alcohols by shungite. *Ukrainian Journal of Food Science*, 2(2), 312—317.

McCusker, L., Baerlocher, C. (2001). Zeolite structures. Introduction to zeolite science and practice. *Studies in Surface Sci. and Catalysis*, 137, 37.

Siristova, L., Prinosilova, S., Riddellova, K., Hajslova, J., Melzoch, K. (2012). Changes in quality parameters of vodka filtered through activated charcoal. *Czech J. Food Sci.*, 30, 474—482. doi: 10.17221/361/2011-CJFS.

Wang, S., Peng, Y. (2010). Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 11—24.