

ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 663.5, 663.6

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-1-6>

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АГЛОМЕРОВАНОГО АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНО-СПИРТОВИХ СУМІШЕЙ

С. І. ОЛІЙНИК, кандидат технічних наук, доцент

ORCID ID: 0000-0003-1528-6542;

Р. Г. ТИМЧЕНКО

ORCID ID: 0009-0008-6565-9304

(Національний університет харчових технологій)

Анотація. Використання активованого вугілля для промислового використання у горілчаному виробництві пов'язане з необхідністю постійного покращення якості. Удосконалення методів виробництва, активації або модифікації активованого вугілля відіграють значну роль.

У статті представлено результати дослідження агломерованого активованого вугілля у порівнянні з традиційним зернистим активним вугіллям з метою удосконалення способу очищення водно-спиртових сумішей у виробництві горілок та горілок особливих.

Під час проведення досліджень використовували стандартизовані органолептичні, фізико-хімічні, газохроматографічні, капілярфоретичні, спектрофотометричні методи аналізування, теоретичне узагальнення і порівняння результатів, системний підхід.

Проведено порівняльну оцінку сорбційних матеріалів, використовуваних для очищення водно-спиртових сумішей, експериментальні дослідження їх сорбційної та каталітичної активності. Встановлено фізико-хімічні показники та визначено, що досліджуване агломероване активоване вугілля має більше адсорбційну ємність, є більш міцностійким і низькозольним у порівнянні з контрольним зразком подрібненого деревного активованого вугілля.

Показано позитивний вплив агломерованого активованого вугілля на очищення водно-спиртової суміші у виробництві горілок і горілок особливих. З'ясовано, що очищення досліджуваним агломерованим активним вугіллям дає змогу збільшити ефект очищення, підвищити дегустаційну оцінку за рахунок видалення небажаних органічних мікродомішок та покращити прозорість водно-спиртової суміші у порівнянні з вихідною водно-спиртовою сумішшю.

Збільшення ефективності очищення за різницею окислюваності водно-спиртової суміші після оброблення агломерованим активним вугіллям дозволяють зробити висновок про доцільність використання у технології приготування горілок та горілок особливих.

Ключові слова: технологія, виробництво горілок, водно-спиртова суміш, сортівка, очищення, сорбційні властивості, активоване вугілля.

Постановка проблеми. Горілка є одним з популярних спиртних напоїв в Україні та світі. Її виробляють із спирту етилового харчового призначення, одержаного дистиляцією продуктів спиртового бродіння картоплі та/або зернових чи іншої сільськогосподарської продукції. Етиловий ректифікований спирт містить мінімальний вміст естерів, альдегідів, вищих спиртів, метилового спирту, кислот та інших мікродомішок, які як негативно так і позитивно впливають на органолептичну оцінку [1].

Згідно з ДСТУ 9335:2025 «Напої спиртні. Технічні умови» для надання горілкам особливих органолептичних характеристик застосовують обробку спеціальними адсорбентами та/або

обробку активним вугіллям. Тому, відповідно до вимог чинного ТР У 18.5084 «Виробничий технологічний регламент на виробництво горілок та лікєро-горілчанних напоїв» під час виробництва горілок однією з основних стадій є процес оброблення водно-спиртової суміші (ВСС) активним вугіллям (АВ) різних типів. Саме завдяки цій стадії сортівка під впливом активованого вугілля набуває характерного горілчаного смаку і аромату.

Для очищення сортівки використовують АВ, яке має розвинену адсорбційну поверхню: подрібнене, порошкоподібне, гранульоване, виготовлене на основі деревної, кокосової, кісточкової сировини. Його отримують обробкою водяною парою за температури понад 800 °С [1-4, 20-25].

Деревне АВ, одержують піролізом деревини порід першої групи – берези, бука, дуба, ясеня, граба, ільма, в'яза, клену. Однак, як показали дослідження, за останні 10–15 років заводи для виробництва деревного вугілля використовують не тільки ці породи дерев, а й породи другої групи – осики, липи, тополі та ін. Внаслідок цього отримують АВ низької якості – низькоміцне, з малорозвиненою мікропористою структурою. Під час використання м'якої деревини для виробництва активованого вугілля утворюється велика кількість макропор вугілля, які не беруть участі у процесах адсорбції, при цьому визначальна роль при очищенні водно-спиртових розчинів належить мікропорам і мезопорам [2, 4-6].

У зв'язку з цим, пошук нових сучасних ефективних адсорбентів з метою інтенсифікації технології виробництва горілок та підвищення якості готової продукції є актуальним [7-9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час отримання високоякісних горілок і горілок особливих застосовують адсорбційні методи очищення водно-спиртових сумішей. Класична технологія передбачає динамічний спосіб оброблення сортівок у одній або декількох вугільно-очисних батареях, що включають фільтри попереднього фільтрування, вугільні колони та фільтри остаточного фільтрування [1, 8, 9].

Активоване вугілля – високопористий продукт обвуглювання матеріалу органічного походження, характеризується великою площею поверхні пір і має високу адсорбційну активність. Однак, при цьому не завжди забезпечується необхідна якість очищеної ВСС, оскільки під час контактування одночасно відбуваються процеси вибіркової адсорбції і каталітичного окиснення, що може спричинити як позитивні так і негативні результати [1, 10, 16-21].

Пориста структура активованого вугілля залежить від їх розміру: мікропори (менше 10 нм), мезопори (10–25 нм) і макропори (понад 25 нм) та має площу внутрішньої поверхні понад 500 м²/г, що дозволяє йому ефективно адсорбувати широкий спектр молекул за рахунок міжмолекулярних вандерваальсових сил [1, 4, 6, 10, 20-24].

Сумарна ефективність цих процесів залежить від властивостей АВ, якісного та кількісного складу мікродомішок водно-спиртової суміші та встановлюється експериментально [1, 5, 6, 10, 20-25]. Активоване вугілля підвищує смакові та ароматичні властивості шляхом поглинання мікродомішок спирту та водно-спиртових сумішей типу складних органічних сполук (альдегіди, естери, вищі спирти, кислоти та ін.), а також прискорює окиснювальні процеси, що призводять до руйнування деяких складних сполук. Завдяки каталітичній дії АВ окиснювальні процеси проходять під впливом кисню, який є поглинутий вугіллям,

а також кисню, що знаходиться в розчиненому стані у водно-спиртових сумішах. У наслідок сорбційного впливу активованого вугілля підвищується ступінь чистоти очищеної водно-спиртової суміші і значно покращуються її органолептичні властивості [1, 4, 6, 10, 20-25].

Низька механічна міцність, традиційно застосовуваного активованого вугілля БАВ-А для обробки сортівок, призводить до руйнування зерен під час транспортування та завантаження адсорбентів у вугільні колони, при цьому суттєво зростає тривалість стадії підготовки до роботи, збільшується об'єм підготовленої води, регенерація є нераціональною, внаслідок чого зростають витрати на 1000 дал готової продукції [1, 8, 10, 13, 14, 20-25].

Були спроби для очищення сортівок використовувати АВ, отримане з відходів виробництва: тирси, стружки, стебел та коробочок вовни, крони, берести та шкаралупи (хвойних дерев – сосни, модрина, ялівцю, листяних дерев – дуба, кедра, бука, берези), відходів кенафу тощо [1-4, 6, 10, 12-14, 16, 20-24].

У багатьох країнах для виробництва активованого вугілля, окрім деревини, використовують кісточку плодів вишні, черешні, сливи, персика) і шкаралупу кокосових горіхів, що має питомий об'єм мікропор до 4 разів вищий, ніж у традиційного активованого вугілля БАВ-А [1-4, 6, 10, 12-14, 16, 20-25].

На заводах галузі, після очищення на вугільно-очисній батареї, додатково сортівку спрямовують на установки «Срібної фільтрації», «Платинової фільтрації» з патронними сорбційно-фільтрувальними елементами, завантаженими гранульованим знезоленим вугіллям зі шкаралупи кокосового горіха, імпрегнованим сріблом або платиною [1, 20].

Науковцями було встановлено ефективність обробки ВСС активованим вугіллям компанії Norit Activated Carbon, виготовленого із особливих сортів кокосової шкаралупи, що має значну розвинену мікропористу структуру, високі адсорбційні та каталітичні властивості, а також активованого вугілля МеКС (Болгарія), виготовленого на основі кісточок абрикоса та персика. При цьому покращується окиснюваність ВСС, водночас збільшується масова концентрація альдегідів, що впливає на органолептичну оцінку [1, 8-10, 23, 24].

Таким чином, активоване вугілля для оброблення сортівок повинно мати:

- пористу структуру, що забезпечує вилучення з ВСС органічних домішок, які погіршують дегустаційну оцінку горілок;
- необхідний об'єм та співвідношення мікро- та мезопор, поверхневих оксидів, які сприяють зміні якісно-кількісного співвідношення мікродомішок;

- низькою зольністю та мінімальним вмістом спирто- та водорозчинної золи, що виключає високу альдегідоутворювальну здатність адсорбенту;

- високу механічну міцність.

Перед технологіями горілчаного виробництва стоїть завдання розширення асортименту активного вугілля. Найбільш важливою причиною зацікавленості виробників горілок до активованого вугілля нових марок є те, що в сучасних умовах для збільшення рентабельності виробництв необхідний перехід на багаторазове використання матеріалів міцністю не нижчою 70-75%, а також змога термічної реактивації.

Під час впровадження у горілчаному виробництві нових вуглецевих адсорбентів слід ураховувати систему технічних і органолептичних показників, обумовлених складними технологічними процесами, що протікають під час взаємодії сортівки з активованим вугіллям, що включають фізичну адсорбцію органічних домішок, окиснення спирту до альдегіду, розчинення. Також необхідно ураховувати обмеження за розмірами мікропор, що визначають адсорбцію небажаних мікродомішок та вміст зольних речовин внаслідок їх розчинення у спиртовмісних сумішах [1, 8, 20-25].

Формування цілей статті. Метою статті є вивчення доцільності використання агломерованого активного вугілля та його впливу на фізико-хімічні, органолептичні показники водно-спиртової суміші горілчаного виробництва.

Для визначення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Визначити фізико-механічні та сорбційно-каталітичні показники досліджуваного активного вугілля.

2. Дослідити вплив агломерованого активного вугілля на катіонно-аніонний і мікрокомпонентний склад, фізико-хімічні, органолептичні показники, визначити ефективність очищення водно-спиртової суміші.

Матеріали і методи досліджень. Об'єкт дослідження – технологія очищення водно-спиртової суміші під час виробництва горілок.

Предмет дослідження – агломероване активоване вугілля (АВВ).

Контрольний зразок – подрібнене активоване вугілля на основі кокосової сировини Silcarbon C 207.

Для активованого вугілля визначали:

- механічну міцність, насипну густину, вологість, зольність, сумарний об'єм пор за водою згідно з ДСТУ 2335,

- показники сорбційної та каталітичної активності за: йодом згідно з [25], оцтовою кислотою згідно з ДСТУ 7508, лужністю водного настою згідно з ДСТУ 7417 .

Водно-спиртову суміш міцністю (40±0,3) % об. готували змішуванням спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс» та води підготовленої згідно з СОУ 18-37-237 «Вода підготовлена для лікєро-горілчаного виробництва. Технічні умови». Оброблення сортівки здійснювали відповідно до вимог чинного ТР У 18.5094 «Виробничий технологічний регламент на виробництво горілок і лікєро-горілчанних напоїв» за швидкості 40-80 дал/год.

Органолептичні та фізико-хімічні показники сортівки до та після очищення визначали згідно з ДСТУ 4165, ДСТУ 4222, прозорість згідно з ДСТУ 5068, катіонно-аніонний склад згідно з ДСТУ 4932, ДСТУ 4801.

Викладення основних результатів дослідження. АВВ – активоване вугілля загального призначення, яке активується водною парою. Виробляється шляхом агломерації з дрібних частинок спеціальних сортів кокосового вугілля.

Фізико-механічні характеристики досліджуваних зразків активованого вугілля наведено в табл. 1, сорбційно-каталітичні – у табл. 2.

Спеціальна технологія виготовлення агломерованого активованого вугілля сприяє зменшенню зольності на 10% та підвищенню механічної міцності на 3% у порівнянні з контрольним зразком АВ марки С 207. Це позитивно вплине на тривалість початкової стадії підготовки активованого вугілля підготовленою водою від пилу, зольних елементів, інших органічних домішок.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики активованого вугілля

Назва вугілля	Характеристики			
	Насипна густина, г/см ³	Вологість, %	Механічна міцність, %	Зольність, %
С 207 (контроль)	0,54±0,05	4,5±0,5	92±3	4,2±0,5
АВВ	0,42±0,04	3,8±0,4	95±3	3,8±0,4

Таблиця 2

Сорбційно-каталітичні показники активованого вугілля

Назва вугілля	Сумарний об'єм пор за водою, см ³ /г	Активність за		
		йодом, %	оцтовою кислотою, см ³	лужністю водного настою, см ³ 0,01 н розчину НСІ
С 207 (контроль)	2,5±0,5	70±25	120±5	10±0,15
АВВ	2,9±0,46	80±25	100±5	8±0,15

Показник сорбційної активності за йодом досліджуваного зразка марки ААВ переважає на 10% контрольний зразок. Це вказує на те, що даний зразок агломерованого активного вугілля має більшу кількість транспортних пор, вищий сумарний об'єм пор й сприятиме поглибленню сорбції небажаних мікродомішок спирту, таких як вищі спирти, деякі органічні ненасичені сполуки, метиловий спирт.

Визначено, що у досліджуваному зразку ААВ спостерігаються зменші значення каталітичної активності: за оцтовою кислотою – на 20%, лужністю водного настою – на 25%. Оскільки вказані показники характеризують каталітичні

властивості, можна передбачити, що у сортівці, оброблений АВВ буде спостерігатися менший вміст альдегідів, що вплине позитивно на дегустаційні показники і прогнозовану стійкість під час зберігання готового продукту.

Для встановлення ефективності застосування агломерованого активованого вугілля у порівнянні з подрібненим активованим вугіллем проаналізовано органолептичні, фізико-хімічні показники та мікрокомпонентний склад до та після очищення ВСС досліджуваними зразками АВ (табл. 3, 4).

Об'ємна частка етилового спирту, лужність, масова концентрація заліза, марганцю, хлоридів,

Таблиця 3

Показники якості водно-спиртової суміші до і після обробки подрібненим і агломерованим активованим вугіллем

Назва показника	Нормативне значення згідно з ДСТУ 4256	Значення показника у вихідній сортівці	Значення показника після оброблення сортівки активованим вугіллем	
			С 207 (контроль)	АВВ
Міцність, % об.	37,5-56,0	40±0,1	40±0,1	40±0,1
Лужність – об'єм соляної кислоти с(НСІ)=0,1 моль/дм ³ , витрачений на титрування 100 см ³ горілки, см ³	не більше 3,5	1,2±0,1	1,3±0,1	1,2±0,1
Масова концентрація у безводному спирті, мг/дм ³ :				
альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід	не більше 4	1,6±0,2	3,2±0,2	2,5±0,2
сивушного масла у перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (1:1)	не більше 2	1,5±0,15	1,4±0,15	1,3±0,15
естерів у перерахунку на оцтово-етиловий естер	не більше 5	1,4±0,25	1,9±0,25	1,5±0,25
ацетальдегіду	-	1,1±0,1	2,6±0,1	1,7±0,1
n-пропанолу	-	0,6±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1
ізобутанолу	-	менше 0,4	менше 0,4	менше 0,4
ізоамілового спирту	-	0,5±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1
метилацетату	-	0,5±0,1	0,7±0,1	0,5±0,1
ізобутилацетату	-	менше 0,5	менше 0,5	менше 0,5
етилбутирату	-	менше 0,5	менше 0,5	менше 0,5
ізоамілацетату	-	менше 0,5	менше 0,5	менше 0,5
Об'ємна частка метилового спирту в перерахунку на безводний спирт, %	не більше 0,01	0,003±0,001	0,003±0,001	0,003±0,001
Масова концентрація, мг/дм ³ :				
кальцію	не більше 1,0	0,5±0,005	0,9±0,009	0,5±0,006
магнію	не більше 1,0	0,5±0,005	0,9±0,009	0,5±0,006
заліза	не більше 0,03	0,01±0,005	0,01±0,005	0,01±0,005
марганцю	не більше 0,01	0,01±0,005	0,01±0,005	0,01±0,005
сульфатів	не більше 40	10±1,5	18±1,8	11±1,5
хлоридів	не більше 40	10±1	12±1,2	10±1
силікатів	не більше 3	4±0,2	5±0,3	4±0,2
Загальна дегустаційна оцінка, бали	не менше 9,5	9,5	9,6	9,65
Коефіцієнт світлопропускання за довжини світлової хвилі 240 нм, %	не менше 98	95±0,05	98,5±0,05	99,9±0,05
Різниця окиснюваності до та після очищення сортівки, хвилин	не менше 2,0	-	4,0±0,5	9,0±0,05

силікатів, сивушного масла у перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) для зразка ААВ, у порівнянні зі зразками вихідної сортівки змінюються у межах похибки досліджень.

Масова концентрація:

– кальцію та магнію у зразку обробленому АВ марки ААВ менше в 1,8 рази, ніж у очищеному АВ марки С 207 і однакова з вихідною сортівкою, що підтверджується нижчою зольністю досліджуваного АВ;

– сульфатів у зразку обробленому АВ марки ААВ менше на 1,5 рази, ніж у зразку обробленому АВ марки С 207 і є в межах похибки досліджень з вихідною сортівкою;

– альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід у безводному спирті у зразку обробленому АВ марки ААВ менше на 28%, ніж в обробленому АВ марки С 207. Унаслідок проходження каталітичних процесів, у порівнянні з вихідною ВСС, спостерігається збільшення масової концентрації альдегідів в 1,6 рази для зразку обробленому АВ марки ААВ, а для зразку обробленого АВ марки С 207 – збільшення становить 2 рази;

– естерів у перерахунку на оцтово-етилловий естер у безводному спирті зразку обробленому АВ марки ААВ є меншою на 35-36%, ніж зразку обробленому АВ марки С 207. У порівнянні з вихідною сортівкою збільшення становить 7-10% для зразку обробленого ААВ, а для зразку обробленого С 207 – 36%.

Масова концентрація ізобутанолу, ізобутилацетату, етилбутирату, ізоамілацетату та метанолу у досліджуваних зразках, у порівнянні з вихідною сортівкою є в межах похибки відхилення методу визначення.

Масова концентрація у безводному спирті після обробки досліджуваним АВ марки ААВ, у порівнянні з контрольним зразком, є нижчою для ацетальдегіду та н-пропанолу на 50-52%; метилацетату та етилацетату на 18-20%.

Під час оброблення водно-спиртової суміші АВ відбувається окиснення і адсорбція таких домішок, як альдеїди, сивушне масло, ненасичені сполуки, що впливають на дегустаційну оцінку. Збільшення масової концентрації альдегідів впливає на загальну дегустаційну оцінку з наданням

спирту етиловому та водно-спиртовим сумішам різкості у ароматі, пекучості і терпкості у смаку.

За рахунок меншої масової концентрації альдегідів, в тому числі ацетальдегіду, у очищеній агломерованим активним вугіллям водно-спиртової суміші спостерігається підвищення загальної дегустаційної оцінки на 0,5 бали (табл. 3) у порівнянні з сортівкою, очищеною кокосовим подрібненим активним вугіллям марки С 207.

У сортівці, яку було очищено зразком АВ марки ААВ спостерігаються м'який горілчаний смак і аромат, без різких та сторонніх тонів.

Окиснюваність сортівки до і після вугільної колони визначається за методом Ланга та є додатковим показником оцінювання ефективності дії активованого вугілля. Різниця в окиснюваності між горілкою та сортівкою за температури 20 °С повинна бути не менше ніж 2,5 хвилини для високосортних горілок і 2 хвилини для ординарних горілок. Значення окиснюваності сортівки після її очищення агломерованим активним вугіллям збільшується до 5 разів, що у 2,2-2,5 разів краще у порівнянні з контрольним зразком С 207.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. На основі проведених аналітичних та експериментальних досліджень виявлено, що досліджуване агломероване активне вугілля, отримане із кокосової сировини відповідає вимогам чинного «Виробничого технологічного регламенту на виробництво горілок та лікеро-горілчаних напоїв» до активованого вугілля, призначеного до використання у виробництві горілок. Досліджений зразок володіє високою поглинаючою, сорбційною здатністю, низькою каталітичною властивістю, низькою зольністю.

Горілка, оброблена досліджуваним агломерованим активним вугіллям на основі кокосової сировини, володіє високими дегустаційними якостями та перевищує на 0,5 бали сортівку, оброблену контрольним зразком подрібненого кокосового активованого вугілля.

Практичні результати роботи можуть бути використані на підприємствах з виробництва горілок, горілок особливих та горілок ароматизованих.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Shendrik T., Levandovskiy L., Kuts A., Prybyl'skiy V., Grabovska O. Main directions of application of active carbons in alcoholic beverage production. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2019. №100(7.1). P. 100-113 DOI: <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2019-7-12>
2. Tzvetkov G., Mihaylova S., Stoitchkova K., Tzvetkov P., Spassov T. Mechanochemical and chemical activation of lignocellulosic material to prepare powdered activated carbons for adsorption applications. *Powder Technology*. 2016. №299. P. 41-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.05.033>
3. Kwiatkowski M., Fierro V., Celzard A. Numerical studies of the effects of process conditions on the development of the porous structure of adsorbents prepared by chemical activation of lignin with alkali hydroxides. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2017. №486. P. 277-286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.10.003>
4. Marsh H., Rodriguez-Reinoso F. Activated Carbon. Elsevier: Science & Technology Books. 2006. 536 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044463-5.X5013-4>

5. Acikyildiz M., Gurses A., Karaca S. Preparation and characterization of activated carbon from plant wastes with chemical activation. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2014. №198. P. 45–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2014.07.018>
6. Rivera-Utrilla J., Sánchez-Polo M., Gómez-Serrano V., Álvarez P.M., Alvim-Ferraz M.C.M., Dias J.M. Activated carbon modifications to enhance its water treatment applications. *An overview, J. Hazardous Materials*. 2011. №187(1–3). P. 1–23 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.033>
7. Melnik L., Turchun O., Tkachuk N. Water-alcohol adsorbing cleaning out of higher alcohols by shungite. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2014. №2(2). P. 312–317.
8. Širíšťová L., Přinosilová Š., Riddelová K., Hajšlová J., Melzoch K. Changes in quality parameters of vodka filtered through activated charcoal. *Czech J. Food Sci*. 2012. №30. P. 474–482. DOI: <https://doi.org/10.17221/361/2011-CJFS>
9. Blecha V. Technologie výroby vódek. *Internal material of Fruko-Schulz, Ltd., Jindřichův Hradec*. 2008.
10. Jumaeva D., Raxmatullaeva N., Ahrorova R., Abduraximov A., Barnoeva S., Raximov U., Toirov Z. Technologies for producing traditional and non-traditional adsorbents for deep purification of aqueous-alcohol solutions based on Paulownia wood. *E3S Web of Conferences*. 2024. №563. P. 7. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456303071>
11. Wiśniewska P., Śliwińska M., Dymerski T., Wardencki W., Namieśnik J. The Analysis of Vodka: A Review Paper. *Food Anal. Methods*. 2015. №8(8). P. 2000–2010. DOI <https://doi.org/10.1007/s12161-015-0089-7>
12. Thakur A., Kumar A., Zhang R. Alcoholic Beverage Purification Applications of Activated Carbon. *Alcoholic Beverage Purification Applications of Activated Carbon*. 2023. №5(8). P. 152–178. DOI: <https://doi.org/10.1039/BK9781839169861-00152>
13. Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Jusel T. Treatment with activated carbon and other adsorbents as an effective method for the removal of volatile compounds in agricultural distillates. *Food Additives & Contaminants*. 2017. №34(5). P. 714–727. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1284347>
14. Marynchenko L., Marynchenko V., Hyvel M. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages. «*EUREKA: Physics and Engineering*». 2017. №4. P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2017.00397>
15. Onuki S., Koziel J.A., Hans van Leeuwen J., Jenks W.S., Grewell D., Cai L Ethanol production, purification, and analysis techniques: a review. *Providence, Rhode Island*. 2008. №085136. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.25186>
16. Budianto A., Kusdarini E., Mangkurat W., Nurdiana E., Asri N.P. Activated Carbon Producing from Young Coconut Coir and Shells to Meet Activated Carbon Needs in Water Purification Process. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. №2117(1). 6 p. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2117/1/012040>
17. Rózański M., Pielech-Przybylska K., Balcerek M. Influence of Alcohol Content and Storage Conditions on the Physicochemical Stability of Spirit Drinks. *Foods*. 2020. №9(9). 1264 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9091264>
18. Skoczko I., Guminska R., Bosb E., Zglobickac I. Impact of chemical activation on selected adsorption features of powdered activated carbon. *Desalination and Water Treatment*. 2021. №243. P. 165–179 DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27859>
19. Якименко А.В., Мельник Л.М., Бессараб О.С. Вплив кисню та аргону на адсорбційно-каталітичні процеси, що відбуваються при очищенні сортівок активним вугіллям і природними адсорбентами. *Наукові праці НУХТ*. 2025. №31(1), С. 216–225. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2025-31-1-11>
20. Левандовський Л., Шендрік Т., Куц А., Стукальська Н. Особливості застосування активного вугілля у лікоро-горілчаному виробництві. *Наукові праці НУХТ*. 2021. №27(1). С.188–198
21. Thakur A., Kumar A., Zhang R. Activated Carbon Progress and Applications. *The Royal Society of Chemistry*. 2023. №8. P. 152–178. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781839169861>
22. Ziyang W., Silei L, Peng X., Huan C., Hehe L., Wu J., Sun J., Xingqian Y., Dong W., Baoguo S.. Preparation, Characterization, and Adsorption Capacity of Pyrophosphoric Acid Modified Activated Carbon from Baijiu Spent Grains for Risk Factor Mitigation. *Food Chemistry Advances*, 2024. №5. 100753. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100753>.
23. Єфремов О.О., Кустанов В.В., Логінова О.Б., Дюк В.С., Старик С.П. Дослідження адсорбційної здатності вуглецевих матеріалів, одержаних з різної рослинної сировини. *Хімія, фізика та технологія поверхні*. 2024. №15(3). С. 390–402. DOI: <https://doi.org/10.15407/hftp15.03.390>
24. Shendrik T., Levandovskiy L., Kuts A., Prybylskiy V., Karputina M. Correlation between the quality indicators of activated coal in vodka technology. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2019. №7(1). 33–48. DOI: <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2019-7-1-6>
25. Олійник С.І., Куц А.М., Головенько А.В., Тарасюк Л.А. Спосіб очищення водно-спиртової суміші для виробництва горілок та горілок особливих. Пат. на винахід 158129u2024 02798; заявл. 24.05.2024; опубл. 01.01.2025. Бюл. №1/2025.

REFERENCES

1. Shendrik, T. & Levandovskiy, L & Kuts, A. & Prybylskiy, V. & Grabovska, O. (2019). Main directions of application of active carbons in alcoholic beverage production. *Ukrainian Journal of Food Science*, 100. 7. 1. 100–113. DOI: <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2019-7-1-2>.
2. Tzvetkov, G. & Mihaylova, S. & Stoitchkova, K. & Tzvetkov, P. & Spassov, T. (2016). Mechanochemical and chemical activation of lignocellulosic material to prepare powdered activated carbons for adsorption applications. *Powder Technology*, 299, 41–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.05.033>

3. Kwiatkowski, M. & Fierro, V. & Celzard, A. (2017). Numerical studies of the effects of process conditions on the development of the porous structure of adsorbents prepared by chemical activation of lignin with alkali hydroxides. *Journal of Colloid and Interface Science*, 486, 277–286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.10.003>
4. Marsh, H. & Rodriguez-Reinoso, F. (2006). Activated Carbon. *Elsevier Science & Technology Books*. 536. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044463-5.X5013-4>
5. Acikyildiz, M. & Gurses, A. & Karaca, S. (2014). Preparation and characterization of activated carbon from plant wastes with chemical activation. *Microporous and Mesoporous Materials*, 198, 45–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2014.07.018>
6. Rivera-Utrilla, J. & Sánchez-Polo, M. & Gómez-Serrano, V. & Álvarez, P.M. & Alvim-Ferraz, M.C.M. & Dias, J.M. (2011). Activated carbon modifications to enhance its water treatment applications. *An overview, J. Hazardous Materials*, 187(1–3), 1–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.01.033>
7. Melnik, L. & Turchun, O. & Tkachuk, N. (2014). Water-alcohol adsorbing cleaning out of higher alcohols by shungite. *Ukrainian Journal of Food Science*, 2 (2), 312–317.
8. Širíšťová, L. & Přinosilová, Š. & Riddelová, K. & Hajšlová, J. & Melzoch, K. (2012). Changes in quality parameters of vodka filtered through activated charcoal. *Czech J. Food Sci.* 30. 474–482. DOI: <https://doi.org/10.17221/361/2011-CJFS>
9. Blecha, V. (2008). Technologie výroby voděk. *Internal material of Fruko-Schulz, Ltd., Jindřichův Hradec*.
10. Jumaeva, D. & Raxmatullaeva, N. & Ahrorova, R. & Abduraximov, A. & Barnoeva, S. & Raximov, U. et al. (2024). Technologies for producing traditional and non-traditional adsorbents for deep purification of aqueous-alcohol solutions based on Paulownia wood. *E3S Web of Conferences*. 563 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456303071>
11. Wiśniewska, P. & Śliwińska, M. & Dymerski, T. & Wardencki, W. & Namieśnik, J. (2015). The Analysis of Vodka: A Review Paper. *Food Anal. Methods*, 8, 2000–2010. DOI <https://doi.org/10.1007/s12161-015-0089-7>
12. Thakur, A. & Kumar, A. & Zhang, R. (2023). Alcoholic Beverage Purification Applications of Activated Carbon. *Alcoholic Beverage Purification Applications of Activated Carbon*, 5, 8. 152–178. DOI: <https://doi.org/10.1039/BK9781839169861-00152>
13. 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 distillates. *Food Additives & Contaminants*, 34, 5. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1284347>
14. Marynchenko, L. & Marynchenko, V. & Hyvel, M. (2017). Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages. «EUREKA: Physics and Engineering», 4, 3-10. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2017.00397>
15. Onuki, S. & Koziel, J.A. & Hans van Leeuwen, J. & Jenks, W.S. & Grewell, D. & Cai, L. (2008). Ethanol production, purification, and analysis techniques: a review. *Providence, Rhode Island*. 085136. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.25186>
16. Budianto, A. & Kusdarini, E & Mangkurat, W. & Nurdiana, E. & Asri, N.P. (2021) Activated Carbon Producing from Young Coconut Coir and Shells to Meet Activated Carbon Needs in Water Purification Process. *Journal of Physics: Conference Series*, 2117(1), 6. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2117/1/012040>
17. Rózański, M. & Pielech-Przybylska, K. & Balcerek, M. (2020). Influence of Alcohol Content and Storage Conditions on the Physicochemical Stability of Spirit Drinks. *Foods*, 9(9), 1264. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9091264>
18. Skoczko, I. & Guminska, R. & Bosb, E. & Zglobickac, I. (2021). Impact of chemical activation on selected adsorption features of powdered activated carbon. *Desalination and Water Treatment*, 243, 165–179. DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27859>
19. Yakymenko, A.V. & Melnyk, L.M. & Bessarab, O.S. (2025). Vplyv kysniu ta arhonu na adsorbtsiino-katalitychni protsesy, shcho vidbuvaiutsia pry ochyshchenni sortivok aktyvnym vuhilliam i pryrodnymy adsorbentamy. [The influence of oxygen and argon on the adsorption-catalytic processes occurring during the purification of screenings with activated carbon and natural adsorbents]. *Naukovi pratsi NUKhT – Scientific works of the NUHT*, 31(1), 216-225. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2025-31-1-11> [in Ukrainian].
20. Levandovsky, L. & Shendrik, T. & Kuts, A. & Stukalska, N. (2021). Osoblyvosti zastosuvannya aktyvnoho vuhillia u likero-horilchanomu vyrobnytstvi. [Features of the use of activated carbon in alcoholic beverage production]. 2021. *Naukovi pratsi NUKhT – Scientific works of the NUHT*, 27(1). 188-198 [in Ukrainian].
21. Thakur, A. & Kumar, A. & Zhang, R. (2023). Activated Carbon Progress and Applications. *The Royal Society of Chemistry*, 8, 152-178. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781839169861>
22. Ziyang, W. & Silei, L. & Peng, X. & Huan, C. & Hehe, L. & Wu., J., et al. (2024). Preparation, Characterization, and Adsorption Capacity of Pyrophosphoric Acid Modified Activated Carbon from Baijiu Spent Grains for Risk Factor Mitigation. *Food Chemistry Advances*, 5, 100753. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100753>.
23. Efremov, O.O. & Kusturov, V.V. & Loginova, O.B. & Diyuk, V.E. & Staryk, S.P. (2024). Doslidzhennia adsorbtsiinoi zdatnosti vuhletsevykh materialiv, oderzhanykh z riznoi roslynnoi syrovyny [Research on the adsorption capacity of carbon materials coated with various plant raw materials]. *Khimiia, fizyka ta tekhnolohiia poverkhni. – Chemistry, Physics and Surface Technology*. 15. 3. 390-402. DOI: <https://doi.org/10.15407/hftp15.03.390> [in Ukrainian].
24. Shendrik, T. & Levandovskiyi, L. & Kuts, A. & Prybylskiy, V. & Karputina, M. (2019). Correlation between the quality indicators of activated coal in vodka technology. *Ukrainian Journal of Food Science*, 7, 1, 33-48. DOI: <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2019-7-1-6>.
25. Oliynyk, S.I. & Kuts, A.M. & Golovenko, A.V. & Tarasyuk, L.A. Sposib ochyshchennia vodno-spyrtovoi sumishi dlia vyrobnytstva horilok ta horilok osoblyvykh. [Method for purifying a water-alcohol mixture for the production of vodkas and special vodkas]. Patent for the invention 158129u2024 02798; appl. 24.05.2024; publ. 01.01.2025. 1/2025. [in Ukrainian].

S. Oliinyk, PhD, Associate Professor; **R. Tymchenko** (National University of Food Technologies). **Study of the efficiency of using agglomerated activated carbon for the purification of water-alcohol solution**

Abstract. The use of activated carbon for industrial use in vodka production is associated with the need for continuous quality improvement. Improvements in the methods of production, activation or modification of activated carbon play a significant role.

The article presents the results of a study of agglomerated activated carbon in comparison with traditional granular activated carbon in order to improve the method of purification of water-alcohol mixtures in the production of vodkas and special vodkas.

During the research, standardized organoleptic, physicochemical, gas chromatographic, capillarophoretic, spectrophotometric methods of analysis were used, theoretical generalization and comparison of results, and a systematic approach.

A comparative assessment of sorption materials used for purification of water-alcohol mixtures was carried out, experimental studies of their sorption and catalytic activity were carried out. Physicochemical indicators were established and it was determined that the studied agglomerated activated carbon has a greater adsorption capacity, is more durable and low-ash compared to the control sample of crushed wood activated carbon.

The positive effect of agglomerated activated carbon on the purification of the water-alcohol mixture in the production of vodkas and special vodkas was shown. It was found that purification with the studied agglomerated activated carbon allows to increase the purification effect, increase the tasting assessment by removing unwanted organic microimpurities and improve the transparency of the water-alcohol mixture in comparison with the original water-alcohol mixture.

The increase in the purification efficiency by the difference in the oxidation of the water-alcohol mixture after treatment with agglomerated activated carbon allows to conclude about the feasibility of using it in the technology of preparing vodkas and special vodkas.

Key words: technology, vodka production, water-alcohol mixture, sorting, purification, sorption properties, activated carbon.

Дата першого надходження статті до видання: 15.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026