

Вивчено процес ферментативного перетворення вільних жирних кислот жирної кориандрової олії з використанням спиртів різної природи (процес ензимної етерифікації) і обґрунтовано його параметри і режими. Вивчено процес адсорбції вільних жирних кислот із етерифікованої жирної кориандрової олії з використанням аніонітних смол та обґрунтовано його параметри та режими. Досліджено жирнокислотний склад зразків олії до та після її очищення

Ключові слова: жирна кориандрова олія, ензимна етерифікація, адсорбція, вільні жирні кислоти, кислотне число, етанол, гліцерин, аніоніт

Изучен процесс ферментативного превращения свободных жирных кислот в жирном кориандровом масле с использованием спиртов разной природы (процесс энзимной этерификации) и обоснованы его параметры и режимы. Изучен процесс адсорбции свободных жирных кислот из этерификованого жирного кориандрового масла с использованием анионитных смол и обоснованы его параметры и режимы. Исследован жирнокислотный состав образцов масла до и после его очистки

Ключевые слова: жирное кориандровое масло, энзимная этерификация, адсорбция, свободные жирные кислоты, кислотное число, этанол, глицерин, анионит

УДК 665.11

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.51053

РОЗРОБКА СПОСОБІВ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ВІЛЬНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ ЖИРНОЇ КОРИАНДРОВОЇ ОЛІЇ

В. С. Калина
Здобувач*

E-mail: viktoriya-kalina@mail.ru

Ф. Ф. Гладкий

Доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри*

E-mail: gladky2009@gmail.com

М. В. Луценко

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра технології зберігання та переробки
сільськогосподарської продукції
Дніпропетровський

державний аграрно-економічний університет
вул. Ворошилова, 25, м. Дніпропетровськ, Україна, 49000

E-mail: mariwka_11@mail.ru

О. А. Литвиненко

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник*

E-mail: ealitvinenko@yandex.ua

К. В. Куниця

Кандидат технічних наук, науковий співробітник*

E-mail: ekaterina-kunitsa@mail.ru

*Кафедра технології жирів та продуктів бродіння

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

1. Вступ

Рослинні олії займають особливе місце в структурі харчування всіх груп населення. Причиною широкого використання олій та жирів при виробництві продуктів харчування стали їх унікальні властивості. Знаходячись у харчовому продукті, вони надають йому певну консистенцію та приємну текстуру, сприяють швидкому насиченню організму людини, яка вживає олієвмісні продукти. Окрім цього, олії та жири частіше за все є носіями смакоароматичних речовин [1].

Для збільшення ресурсів харчових рослинних олій перспективним є пошук нових джерел олійної сировини, яка раніше не використовувалась у харчовій галузі. До такої сировини відноситься насіння *Coriandrum sativum*, в якому вміст жирної кориандрової олії (ЖКО) може досягати ~30 %. Ця олія унікальна тим, що з неї можна отримати жир спеціального призначення, який майже не містить насичені жирні кислоти і при цьому має температуру плавлення 25–28 °C [2–4].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Сучасні вимоги до якості рослинних олій, обумовлені як особливостями їх подальшої технологічної переробки, так і сформованими у суспільстві традиціями споживання. Серед інших показників зазначають відсутність або найменшу кількість супутніх речовин та домішок в олії – воскоподібних речовин, фосфоліпідів, продуктів первинного та вторинного окиснення ліпідів та ін. [5, 6].

Для жирів та олій, які мають харчове призначення, одним із важливих показників якості є вміст вільних жирних кислот. Зазначений показник має назву «кислотне число» і відповідає кількості міліграмів гідроксиду калію, який витрачено на титрування вільних жирних кислот, що знаходяться в 1 г жиру [7].

Для очищення жирової сировини від супутніх речовин в промисловості застосовують процес рафінації. Зокрема, видалення вільних жирних кислот відбувається на стадії нейтралізації шляхом обробки лужними реагентами при температурах 40–90 °C. Недоліки цього

способу полягають у важкості регулювання виробничого процесу і складності переробки відходів з метою вилучення кислот, оскільки жирні кислоти, що видаляються при обробці лужним реагентом, перетворюються в солі жирних кислот – мила. В процесі нейтралізації вільних жирних кислот відбувається часткове омилення нейтрального жиру, що сприяє збільшенню відходів і зменшенню виходу рафінованого жиру [8]. Згідно відомої технології рафінації ЖКО очищення від вільних жирних кислот здійснюється методом лужної нейтралізації з наступним адсорбційним очищенням в місцеллі [9]. Недоліком даного способу є неможливість отримання ЖКО, яка б задовольняла вимогам харчових рослинних олій. Також відомий спосіб рафінації ЖКО, який передбачає лужну нейтралізацію, водну промивку та адсорбційне очищення з отриманням олії харчового призначення [10]. Однак зазначений спосіб рафінації ЖКО має недоліки, пов'язані з утворенням відходів, значною частиною яких є олеїнові кислоти, які навпаки повинні підвищувати харчову цінність продукту.

Це формує актуальність розгляду даної проблеми та стимулює пошук нових методів видалення вільних жирних кислот із жирів та олій. Автори статті займаються розробкою технології очищення ЖКО від вільних жирних кислот з метою надання їй властивостей харчового продукту. У Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» попередньо було розроблено технологію видалення вільних жирних кислот із ЖКО етанолом (96 %-м) [11]. З метою підвищення якості ЖКО (перетворення вільних жирних кислот в етилові та гліцеринові ефіри) досліджено процес її ензимної етерифікації.

Тенденцією останніх років стало збільшення кількості підприємств оліє-жирової індустрії, які застосовують ферментні технології [12–14]. Ферменти (ензими) – це високоспеціалізований клас білкових молекул, біологічних каталізаторів хімічних реакцій в живих клітинах [15]. Тому актуальним є дослідження процесу очищення рослинних олій від вільних жирних кислот саме за допомогою ферментних препаратів [16]. Тобто за таким способом одночасно вирішуються два завдання – зв'язування «вільних» жирних кислот в жири, що дає змогу суттєво зменшити енерговитрати, провести екологічно чистий біотехнологічний процес і уникнути втрат при «нейтралізації» жирів, а також отримати новий жировий продукт високої якості, збагачений тим, чи іншим (в залежності від обраного спирту) ефіром, що має функціональні властивості.

3. Ціль та задачі дослідження

Метою роботи є розробка способів нейтралізації вільних жирних кислот ЖКО для одержання олії харчового призначення.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні задачі:

- дослідити процес ферментативного перетворення вільних жирних кислот ЖКО з використанням спиртів різної природи (процес ензимної етерифікації – ЕЕ) та визначити його параметри і режими;
- дослідити процес адсорбції вільних жирних кислот із етерифікованої ЖКО з використанням аніонітних смол та визначити його параметри і режими.

4. Результати дослідження способів нейтралізації вільних жирних кислот жирної коріандрової олії

Для досліджень використано промислові зразки ЖКО, яка отримана пресовим способом (ТОВ «Поліресурс», Україна) з наступними фізико-хімічними характеристиками (ТУ У 15.4 – 37234384 – 001:2010):

- кислотне число – 15–17 мг КОН/г,
- пероксидне число – 15,5 $\frac{1}{2}$ О ммоль /кг,
- йодне число – 100 г J_2 /100 г,
- масова частка води і летких речовин – 0,4 і 0,2 %,
- масова частка нежирових домішок – 0,15 %,
- вміст неомілюваних речовин – 1,5 %,
- температура спалаху олії – 210 °С.

Зразок початкової ЖКО досліджено за жирнокислотним складом шляхом проведення газорідної хроматографії на хроматографі Carlo Erba (Італія) зі скляними набивними колонками (2,5 м × 3 мм) і полум'я – іонізаційним детектором. Як газ – носій використано азот, а твердий носій – хромсорб W/ДР з нанесеною 10 %-ю фазою Silar 5 CP («Serva» ФРН). Результати хроматограми зразку початкової ЖКО представлено на рис. 1.

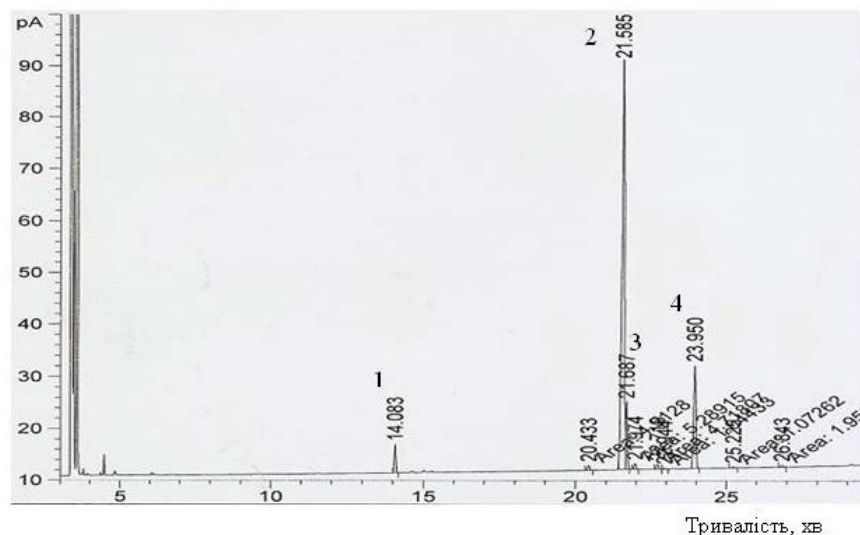


Рис. 1. Хроматограма початкової ЖКО: 1 – пальмітинова кислота; 2 – петрозелінова кислота; 3 – олеїнова кислота; 4 – лінолева кислота

Аналізуючи отримані дані хроматограми, видно, що у початковій олії відсотковий вміст основних жирних кислот становить: пальмітинова – 2,4 %, петрозелінова – 71,3 %, олеїнова – 7,8 %, лінолева – 15,6 %.

Основним показником якості, який відрізняє рафіновану олію від нерафінованої, є її кислотне число (КЧ).

Як реагент для проведення дослідів використовували етанол (96 %), гліцерин (99,3 %).

Як каталізатор було застосовано ферментні препарати (виробництва фірми «Novozymes» Данія): Новозим 435, Ліпозим TL IM. Новозим 435 – це адсорбована на макропористу смолу термостабільна β – ліпаза з *Candida Antarctica*, отримана за допомогою глибинного бродіння генетично модифікованого мікроорганізму *Aspergillus oryzae*. Ліпозим TL IM являє собою харчовий гранульований препарат – двоокис силіцію типу мікробний 1,3 – специфічної ліпази з *thermotyces lanuginosus*, що було отримано глибинною ферментацією від генетично модифікованої культури *Aspergillus Oryzas*.

Проведення експериментальних досліджень процесу ЕЕ ЖКО здійснено на лабораторній установці, яку представлено на рис. 2, та на лабораторному роторному тонкоплівковому випарювачі, який представлено на рис. 3.

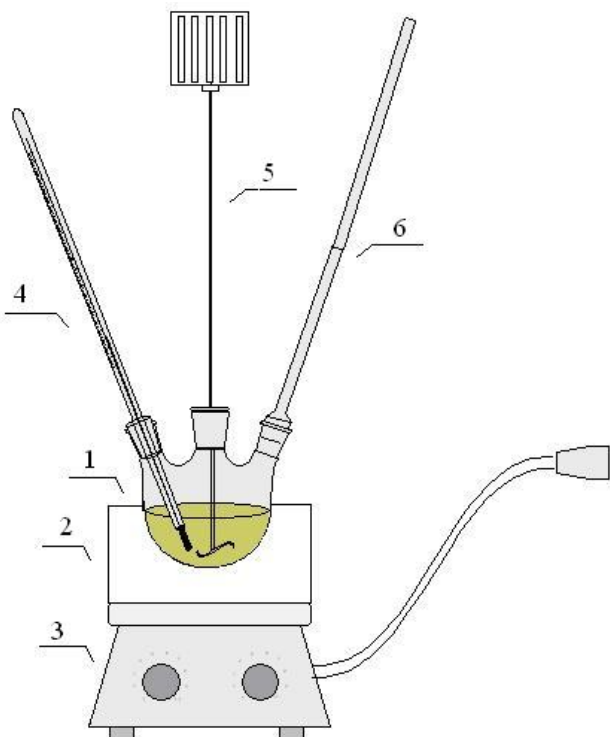


Рис. 2. Лабораторна установка: 1 – реактор, 2 – водяна баня, 3 – електронагрівач, 4 – контактний термометр, 5 – мішалка, 6 – повітряний холодильник

Процес ЕЕ ЖКО здійснювали в лабораторних умовах різними способами з метою досягнення необхідних фізико – хімічних показників. Результати досліджень представлено в табл. 1–4.

Спосіб 1: змішували початкову ЖКО (висушену до постійної маси) з реагентом та каталізатором, нагрівали суміш до температури 60–65 °С при постійному перемішуванні зі швидкістю 400 об/хв та варіюванням тривалості процесу, фільтрували етерифіковану олію. Початкова кількість каталізатору (10 % від маси олії) було обрано згідно рекомендації виробника.

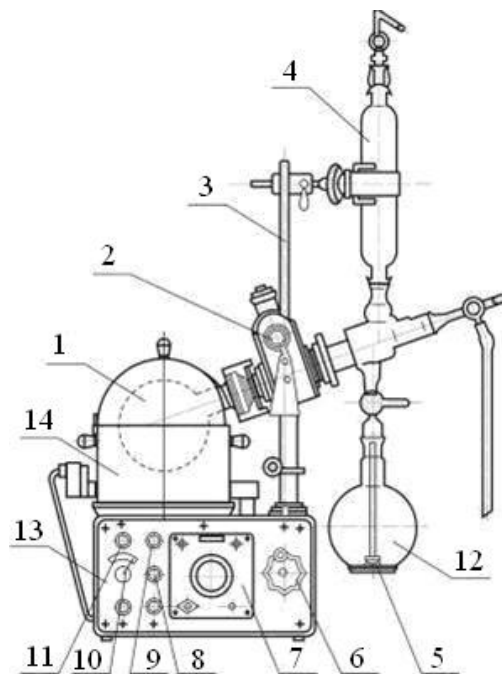


Рис. 3. Роторний тонкоплівковий випарювач: 1 – випарювач, 2 – привод, 3 – станина, 4 – конденсатор, 5 – збірник, 6 – рукоятка маховика, 7 – автоматичний регулятор температури, 8 – тумблер включення привода, 9 – тумблер включення апарата в електромережу, 10 – регулятор числа обертів привода, 11 – сигнальна лампочка, 12 – прийомна колба, 13 – блок управління, 14 – гліцеринова баня

Таблиця 1

Результати досліджень властивостей ЖКО, очищеної за способом 1

№ з/п	Співвідношення ЖКО			Тривалість процесу, годин	Кислотне число, мг КОН/г
	до каталізатору (% від маси олії) фермент «Новозим 435»	до реагенту (частини)			
		етанол	гліцерин		
1	10	1:0,2	–	2	1,5
				4	1,5
2	10	1:0,5	–	2	1,5
				4	1,5
3	10	1:1	–	2	1,5
				4	1,5
4	15	1:2	–	2	1,5
				4	1,5
5	5	1:2	–	2	15,4
				4	12,8
				6	8,7
				8	5,9
				10	4,6
				12	4,4
6	10	–	1:0,35	2	1,5
				4	1,5
7	10	–	1:1	2	1,5
				4	1,5

З даних табл. 1 можна зробити наступні висновки:

– зі збільшенням концентрації ферменту «Новозим 435» в системі ЖКО – реагент – фермент (експерименти № 1, 2, 3, 4) КЧ олії знижується однаково; зі зменшенням концентрації ферменту (експеримент № 5) – КЧ знижується недостатньо;

– збільшення співвідношення реагенту до ЖКО не впливає на зниження КЧ;

– використання ферменту «Ліпозим TL IM» та збільшення концентрації реагентів майже не впливає на зниження фізико – хімічних показників, що обумовлено природою ферменту.

Спосіб 2: змішували початкову ЖКО (вологістю 0,4 %) з реагентом та каталізатором, нагрівали суміш до температури 60–65 °С при постійному перемішуванні зі швидкістю 400 об/хв та варіюванням тривалості процесу, фільтрували етерифіковану олію; змішували її з екстрагентом двостадійно при кімнатній температурі та постійному перемішуванні, декантували етерифіковану очищену олію. Результати проведених досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати досліджень властивостей ЖКО, очищеної за способом 2

№ з/п	Співвідношення ЖКО		Тривалість процесу, годин	Кислотне число, мг КОН/г
	до каталізатору (% від маси олії)	до реагенту (частини)		
	фермент «Новозим 435»	етанол		
1	10	1:0,2	2	5,2
			4	2,3
			6	2,1
			8	2,1
2	10	1:0,5	2	5,1
			4	2,3
			6	2,1
			8	2,1
		1:3	~10 хв.	1,1
		1:2	~10 хв.	0,6
		1:1	~10 хв.	0,6

З даних табл. 2 можна зробити наступні висновки:

– раціональними умовами проведення рафінації є обробка ЖКО на першій стадії реагентом у співвідношенні 1:0,2 (ЖКО:етанол) та каталізатором у кількості 10 % від маси ЖКО. При цьому отримували ЖКО з КЧ=2,1 мгКОН/г. У подальшому отриману ЖКО обробляли екстрагентом у співвідношенні 1:5 (ЖКО:етанол), що дозволило отримати очищену ЖКО з КЧ=0,6 мг КОН/г;

– в ході проведення дослідів виникло припущення, що можливо частково знизити КЧ початкової ЖКО шляхом обробки її етанолом, з наступним проведенням ЕЕ до зниження КЧ менше 2,1 мг КОН/г. Цей дослід було реалізовано наступним чином.

Спосіб 3: змішували початкову ЖКО (вологістю 0,4 %) з екстрагентом (етанол) двостадійно при кімнатній температурі у співвідношенні 1:3 та 1:2. Декантували очищену олію, далі змішували її з реагентом (етанол) у співвідношенні 1:0,2 та каталізатором (фермент

«Новозим 435») у кількості 10 % від маси олії, нагрівали суміш до температури 60–65 °С з постійним перемішуванням зі швидкістю 400 об/хв та варіюванням тривалості процесу, фільтрували етерифіковану олію.

В результаті двостадійної обробки ЖКО етанолом її КЧ знизилася з 17 до 2,1 мг КОН/г. Після подальшої обробки ЖКО реагентом та каталізатором зниження КЧ не відбулося.

Для удосконалення попередніх досліджень запропоновано використання молекулярних сит в процесі рафінації ЖКО. Очікували, що обробка ЖКО молекулярними ситами допоможе знизити вміст води, яка утворюється в результаті етерифікації, і, відповідно, покращити умови проведення реакції перетворення вільних жирних кислот – зниження КЧ менше 2,1 мг КОН/г.

Спосіб 4: змішували вихідну ЖКО (вологістю 0,4 %) з реагентом та каталізатором. До отриманої суміші додавали молекулярні сита UOP Туре 3А (Fluka) у вигляді гранул. Далі суміш нагрівали до температури 60–65 °С при постійному перемішуванні зі швидкістю 400 об/хв та варіюванням тривалості процесу, фільтрували етерифіковану олію. Результати проведених досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Результати досліджень властивостей ЖКО, очищеної за способом 4

Співвідношення ЖКО		Молекулярні сита (% від маси олії)	Тривалість процесу, годин	Кислотне число, мг КОН/г
до каталізатору (% від маси олії)	до реагенту (частини)			
Фермент «Новозим 435»	етанол			
10	1:0,2	10 (додавання кожні 2 години)	2	5,8
			4	3,2
			6	2,1
			8	2,1

З даних табл. 3 можна зробити висновок: при додаванні молекулярних сит в систему ЖКО – реагент – фермент видалення води не відбувалося і їх використання не призводить до зниження КЧ олії.

З метою встановлення раціонального способу проведення ЕЕ запропоновано проведення процесу рафінації ЖКО з використанням вакууму. Дослідження проводили наступним чином.

Спосіб 5: змішували вихідну ЖКО (висушену до постійної маси) з реагентом і каталізатором, нагрівали суміш до температури 60–65 °С під вакуумом (залишковий тиск 2 мм. рт. ст.) при постійному перемішуванні зі швидкістю 400 об/хв та варіюванням тривалості процесу, фільтрували етерифіковану олію. Результати проведених досліджень наведено в табл. 4.

За результатами досліджень процесу рафінації ЖКО з використанням вакууму визначено, що процес можна проводити при постійному додаванні етилового спирту з періодичністю 15 хвилин. Цю умову необхідно виконувати, оскільки спирт є легколеткою речовиною і швидко випаровується у вакуумній установці. Загальні витрати етанолу склали 1:1,2 частини (ЖКО:етанолу). КЧ при цьому знижувалось до 1,5 мг

КОН/г. Для порівняння дії реагентів різної природи було використано у процесі рафінації ЖКО гліцерин. Встановлено, що гліцерин не випаровується під вакуумом, а сумісна дія вакууму та гліцерину прискорює процес ЕЕ до 1,5 години і дозволяє знизити КЧ ЖКО до 1,5 мг КОН/г.

Таблиця 4

Результати досліджень властивостей ЖКО, очищеної за способом 5

№ з/п	Співвідношення ЖКО			Тривалість процесу, годин	Кислотне число, мг КОН/г
	до каталізатору (% від маси олії)	до реагенту (частини)			
	фермент «Новозим 435»	етанол	гліцерин		
1	10	1:0,2 (додавання кожні 15 хв.)	-	1,0	1,9
				1,5	1,5
				2,0	1,5
2	10	-	1:0,35	1,0	2,0
				1,5	1,5
				2,0	1,5

Враховуючи те, що значення КЧ одержаних зразків ЖКО перевищують показники ДСТУ на рафіновану олію, виникла необхідність дослідження процесу адсорбції вільних жирних кислот із етерифікованої ЖКО. До речовин, які адсорбують вільні жирні кислоти, відносять аніонітні смоли, що широко застосовуються з метою адсорбування визначених речовин в різних галузях промисловості, в тому числі і на підприємствах харчової промисловості. Використання аніонітів має переваги, оскільки вони не пов'язані із підвищеною пожежною небезпекою, а також не є токсичними [17].

Метод використання аніонітів ґрунтується на хемосорбції жирних кислот завдяки будові їх карбоксильних груп на поверхні іонообмінних смол. При цьому утворюються стійкі фізико – хімічні зв'язки, завдяки яким при розділенні суміші жирні кислоти залишались на поверхні смоли. З іншого боку утворені зв'язки можуть бути легко зруйновані під впливом температури або сильнішої кислоти. Перевагою цього методу може слугувати можливість отримання жирних кислот у чистому вигляді, без домішок сторонніх легколетких речовин та мила. Застосування аніонітного очищення олії дозволить не тільки спростити технологічну схему видалення жирних кислот, а й покращити техніку – економічні показники виробництва.

Для здійснення процесу адсорбції вільних жирних кислот із етерифікованої ЖКО використовували аніоніт ЕДЕ – 10П, який представляє собою іонообмінну смолу із гелевою та макропористою структурою у вигляді зерен темно-жовтого кольору (високомолекулярна полімерна речовина). Цей аніоніт містить функціональну групу основного характеру – бензилтриметиламінієву. Виготовляють аніонітну смолу ЕДЕ – 10П шляхом сополімеризації дівінілбензолу та стіролу, внаслідок чого отримують матрицю гранул аніоніту. Надалі гранули аніоніту обробляються амі-

нуванням триметиламіном для утворення на матриці шару рухливих функціональних груп. При контакті з рідиною гранули аніоніту набрякають, руйнується зв'язок функціональних груп з матрицею, внаслідок чого протікає процес іонного обміну між ЖКО та аніонітом [18].

Для активації аніонітної смоли її попередньо оброблено 1 н розчином гідроксиду натрію та промито дистильованою водою до нейтрального значення рН промивних вод. Після цього смолу оброблено етанолом (96 %) та висушено при кімнатній температурі. Процес адсорбції вільних жирних кислот із початкової та етерифікованої ЖКО здійснювався наступним чином: змішували олію з активованим аніонітом, нагрівали суміш до температури 60 °С при постійному перемішуванні зі швидкістю 400 об/хв та варіюванням тривалості процесу, фільтрували очищену олію. Результати проведених досліджень наведено в табл. 5.

З даних табл. 5 можна зробити наступні висновки: встановлено, що збільшення співвідношення ЖКО до адсорбенту не призводить до повного видалення вільних жирних кислот і, відповідно, до недостатнього зниження кислотного числа очищеної олії.

Таблиця 5

Результати досліджень впливу аніонітної смоли на зміну показника КЧ ЖКО

№ п/п	Адсорбція вільних жирних кислот із початкової ЖКО			Адсорбція вільних жирних кислот із етерифікованої ЖКО			
	Співвідношення ЖКО до аніоніту	Тривалість процесу, хвилин	КЧ, мг КОН/г	Співвідношення ЖКО до аніоніту	Тривалість процесу, хвилин	КЧ, мг КОН/г	
1	1:1	30	14,3	1:1	10	0,2	
		60	8,7		-	-	
		30	7,4		-	-	
2	1:0,33	30	15,7	1:0,33	20	0,7	
		60	7,7		-	40	0,2
		60	4,4		-	-	-
3	1:0,20	60	12,3	1:0,20	70	0,6	

5. Висновки

Визначено раціональні умови протікання процесу ензимної етерифікації жирної коріандрової олії з використанням спиртів різної природи, а саме встановлено: концентрацію каталізатору в системі ЖКО – реагент – фермент; співвідношення реагенту до олії; тривалість процесу. Тобто реакція протікає і відбувається максимальне перетворення вільних жирних кислот в ефіри жирних кислот, за рахунок чого значно знижується кислотне число жирної коріандрової олії із 17,0 мг КОН/г до 1,5 мг КОН/г.

Визначено раціональні умови протікання процесу адсорбції вільних жирних кислот із етерифікованої ЖКО з використанням аніонітних смол, що дозволило досягти зниження кислотного числа до 0,2 мг КОН/г. Встановлено, що раціональною температурою проведення процесу є 60 °С; співвідношення ЖКО до аніоніту 1:0,33.

Література

1. Зайцева, Л. В. Роль различных жирных кислот в питании человека и при производстве пищевых продуктов [Текст] / Л. В. Зайцева // Масложировая промышленность. – 2010. – № 5. – С. 11–15.
2. Рыбак, Г. М. Пряности [Текст] / Г. М. Рыбак, Л. Р. Романенко, О. А. Кораблева. – К.: Урожай, 1989. – С. 44–45.
3. Kiralan, M. Fatty acid and volatile oil composition of different coriander registered varieties cultivated in Turkey [Text] / M. Kiralan, A. Ipek // Chemistry of Natural Compounds. – 2009. – Vol. 45, Issue 1. – P. 100–102. doi: 10.1007/s10600-009-9240-2
4. Romadon, M. F. Oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit-seeds [Text] / M. F. Romadon, J. T. Morsel // European Food Research and Technology. – 2002. – Vol. 215, Issue 3. – P. 204–209. doi: 10.1007/s00217-002-0537-7
5. Осейко, М. Інноваційні технології та безпечність олійножирової продукції [Текст] / М. Осейко, В. Кіщенко, І. Левчук // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – № 3. – С. 22–23.
6. Agostoni, C. Scientific Opinion on the safety of “coriander seed oil” as a Novel Food ingredient [Text] / C. Agostoni, R. Berni Canani, S. Fairweather-Tait, M. Heinonen, H. Korhonen, S. La Vieille et. al. // EFSA Journal. – 2013. – Vol. 11, Issue 10. – P. 20. doi: 10.2903/j.efsa.2013.3422
7. Руководство по методам исследования, технологическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. Т. III. Специальные методы анализа и теххимический контроль рафинации и гидрогенизации жиров и масел в производстве жиров [Текст] / под ред. В. П. Ржехина, А. Г. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1967. – 494 с.
8. Паронян, В. Х. Технология жиров и жирозаменителей [Текст] / В. Х. Паронян. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 760 с.
9. Руководство по технологии получения и переработке растительных масел и жиров Т. II. Рафинация жиров и масел [Текст] / под ред. А. Г. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1973. – 350 с.
10. Пат. 2101336 РФ, С 11 В 3/00. Способ очистки жирного кориандрового масла [Текст] / Азнаурьян М. П., Калашева Н. А., Анисимова А. Г., Подображных А. Н., Бранц М. А., Аскинази А. И., Жуйко В. Г., Гапоненко В. Г., Дядюра Т. В., Косцова Т. Е. – заявл. 26.03.1993; опубл. 10.01.1998.
11. Пат. 92131 України, МПК С 11 В 3/00. Спосіб рафінації жирної коріандрової олії [Текст] / Калина В. С., Гладкий Ф. Ф., Луценко М. В., Шляпников В. О. – а 2013 15532; заявл. 30.12.2013; опубл. 11.08.14, Бюл. № 15.
12. Shimada, Y. Enzymatic synthesis of structured lipid containing arachidonic and palmitic acids [Text] / Y. Shimada, T. Nagao, Y. Hamasaki, K. Akimoto, H. Sugihara, S. Fujikawa et. al. // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2000. – Vol. 77, Issue 1. – P. 89–93. doi: 10.1007/s11746-000-0014-8
13. Некрасов, П. О. Удосконалення технології ферментативного гідролізу жирів [Текст] / П. О. Некрасов, Ю. М. Плахотна, О. П. Некрасов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – Т. 4, № 6 (52). – С. 18–23. – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/1417/1315>
14. Зайцева, Л. В. Использование энзимной переэтерификации для модификации масел [Текст] / Л. В. Зайцева // Масложировая промышленность. – 2011. – № 2. – С. 26–29.
15. Северин, Е. С. Биологическая химия [Текст] / Е. С. Северин, Т. Л. Алейникова, Е. В. Осипов, С. А. Силаева. – М.: Медицинское информационное агентство, 2008. – С. 29–42.
16. Kirk, O. Industrial enzyme applications [Text] / O. Kirk, T. Borchert, C. Fuglsang // Current Opinion in Biotechnology. – 2002. – Vol. 13, Issue 4. – P. 345–351. doi: 10.1016/s0958-1669(02)00328-2
17. Пат. 2205692 RU, С 02 F 1/42. Способ ионообменной очистки воды, содержащей органические вещества, с противоточной регенерацией ионообменных материалов [Текст] / Балаев И. С., Демина Н. С. – заявл. 06.02.2002; опубл. 10.06.2003.
18. Фильтры анионитные [Электронный ресурс]. – Водоподготовка. Издание 2, 1973. – Режим доступа: <http://mash-xxl.info/info/268681/>