

Т.Г. Філінська<sup>а</sup>, О.В. Черваков<sup>а</sup>, К.О. Герасименко<sup>а</sup>, М.О. Ткачова<sup>б</sup>, А.О. Філінська<sup>а</sup>

## ГЛЦЕРОЛІЗ ВТОРИННОЇ ЖИРОВОЇ СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕТЕРОГЕННОГО СУЛЬФОКИСЛОТНОГО ПОЛІМЕРНОГО КАТАЛІЗАТОРА

<sup>а</sup>ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

<sup>б</sup>ПрАТ «Креатив», м. Кіровоград

Наведено результати досліджень гліцеролізу курячого жиру та відпрацьованої олії пальмової рафінованої з використанням гетерогенного сульфокислотного полімерного каталізатора СКМ-Ф-30(Л). Каталізатор синтезовано взаємодією продуктів конденсації фенолсульфокислоти і формальдегіду з полівініловим спиртом у водному розчині і додатково містить лігнін. Встановлено, що гліцероліз вторинної жиркової сировини раціонально здійснювати при температурі 100<sup>о</sup>С, що вказує на меншу енергоємність процесу у порівнянні з традиційною технологією. Тривалість здійснення гліцеролізу залежить від жирнокислотного складу сировини: 4 год для курячого жиру і 8 год для відпрацьованої олії пальмової. Оцінено поверхнево-активні властивості продуктів гліцеролізу (моно- і діацилгліцеролів) курячого жиру та відпрацьованої олії пальмової. Встановлено можливість повної заміни промислових емульгаторів DIMODAN HP і CREMODAN 60 VEG продуктами гліцеролізу відпрацьованої олії пальмової. Показано, що продукти гліцеролізу можливо використовувати при виробництві харчових продуктів як емульгатор водно-жирових емульсій зворотного типу (маргарину).

**Ключові слова:** гетерогенний сульфокислотний полімерний каталізатор, курячий жир, олія пальмова, гліцероліз, моноацилгліцероли, емульгатор.

### Вступ

Одержання моно- (МАГ) і діацилгліцеролів (ДАГ) здійснюють або естерифікацією жирних кислот гліцеролом, або гліцеролізом жиркової сировини.

Реалізувати процес естерифікації жирних кислот гліцеролом є нераціональним, оскільки відсутня сировинна база.

Гліцероліз, як різновид процесу алкоголізу, має промислове застосування при виробництві МАГ і ДАГ, які використовують як емульгатори-стабілізатори (харчова добавка Е 471) у харчовій промисловості [1]. МАГ і ДАГ належать до групи безпечних добавок, що застосовуються без обмежень. Промислово виробляють три типи МАГ і ДАГ: з вмістом МАГ 40–46%, 52–56% і дистильовані МАГ (90%). Однак традиційні технологічні схеми виробництва МАГ і ДАГ методом гліцеролізу мають ряд недоліків, а саме: висока температура процесу (180–220<sup>о</sup>С), необхідність нейтралізації гомогенного каталізатору, в деяких випадках необхідність використання легколетючих розчинників та інше.

В той же час, переробка жирових відходів в МАГ і ДАГ із застосуванням енергоощадної технології з використанням гетерогенного ката-

лізатора є актуальною і своєчасною задачею.

Метою роботи є визначення ефективності використання нового гетерогенного сульфокислотного полімерного каталізатора процесу гліцеролізу жиркової сировини; встановлення ефективних умов проведення процесу, вивчення складу та дослідження практично-корисних властивостей одержаних продуктів, зокрема емульгуючої здатності.

### Експериментальна частина

Для одержання похідних жирів методом гліцеролізу використано гліцерол кваліфікації «ч» згідно з ГОСТ 6259-75 (масова частка гліцеролу не менше 98,5%), курячий жир (ПАТ «Миронівський хлібопродукт») та відпрацьована олія пальмова рафінована (відходи виробництва смажених горішків, чіпсів та ін.). Властивості жиркової сировини наведено в табл. 1.

Як гетерогенний полімерний каталізатор використано сульфокислотний композиційний матеріал СКМ-Ф-30(Л), який синтезовано взаємодією продуктів конденсації фенолсульфокислоти і формальдегіду з полівініловим спиртом (5 мас.% від кількості фенолсульфокислоти) у 30% водному розчині і містить 50% лігніну [2]. Характеристику каталізатора СКМ-Ф-30(Л) на-

**Властивості жирової сировини**

Жирова сировина	Показник			
	Густина при 40 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>	Вміст вологи, %	Кислотне число, мг КОН/г	Йодне число, г I <sub>2</sub> /100 г
Курячий жир*	980	0,59	5,00	87,5
Відпрацьована олія пальмова рафінована	912	0,32	2,70	63,5

Примітка: \* – курячий жир містять 2–4% білкових та інших домішок.

**Характеристика каталізатора СКМ-Ф-30(Л)**

Каталізатор	Показник	Водопоглинання, %	Загальна поруватість, см <sup>3</sup> /г	Статична обмінна ємність, мг-екв/г	Термічна стабільність, °С
	Зовнішній вигляд, розмір				
СКМ-Ф-30(Л)*	частинки неправильної форми розміром 0,1–1,0 мм (робоча фракція розміром 0,35–0,45 мм складає 95%)	43	9,7	3,6	до 130

Примітка: \* – масова доля вологи в каталізаторі не більше 5%.

ведено в табл. 2.

Кількість іоногенних груп в каталізаторі визначали за методикою, наведеною в роботі [3]. Для іонітів, до яких можна віднести і синтезовані каталізатори, показник, яких характеризує кількість іоногенних груп є статична обмінна ємність. Загальну поруватість каталізаторів визначали за поглинанням органічних розчинників, за методикою наведеною в роботі [4].

Якісний аналіз складу продуктів гліцеролізу виконували методом тонкошарової хроматографії [5,6]. Для дослідження використовували готові пластини для тонкошарової хроматографії Silufol (20x20 см; підкладка – алюмінієва фольга; сорбент – силікагель; зв'язуюча речовина – крохмаль), в якості рухомої фази (елюент) використовували суміш гексану, діетилового ефіру і оцтової кислоти (80:20:2). На шар сорбенту наносили краплі досліджуваних зразків і занурювали край пластини в елюент, який знаходиться на дні скляної камери, що герметично закривається. Елюент піднімається по шару сорбенту, аналізована суміш переміщується в тому ж напрямку, компоненти суміші поділяються і розташовуються на пластині окремими зонами. Зони речовин виявляли в парах йоду. Ідентифікацію розподілених речовин здійснювали шляхом порівняння з відомими зразками.

Одержання поверхнево-активних речовин (МАГ, ДАГ) з використанням гетерогенного сульфокислотного полімерного каталізатора проведено за методикою, яка включає наступні стадії:

- змішування жирової сировини, гліцеролу та каталізатора;
- проведення реакції гліцеролізу при по-

стійному перемішуванні, заданих показників температури і тривалості процесу;

- охолодження реакційної суміші до 50–60<sup>0</sup>С по закінченню процесу;

- відділення гетерогенного каталізатору з реакційної суміші шляхом фільтрування або декантацією;

- за необхідності, розділення суміші продуктів після гліцеролізу на МАГ та суміш ДАГ і триацилгліцеролів (ТАГ) двократною екстракцією ізопропанолом.

Аналіз жирової сировини та продуктів гліцеролізу проведено за стандартними методами [7–10].

Для порівняння емульгуючої здатності одержаних похідних жирів використано промислові емульгатори CREMODAN 60 VEG (суміш МАГ і ДАГ, що містить не менше 60% МАГ) і DIMODAN HP (дистильовані МАГ, вміст МАГ складає не менше 90%) виробництва фірми Danisco (Данія).

#### **Обговорення результатів**

Експериментальними дослідженнями встановлено [11], що використання каталізатора СКМ-К (каталізатор на основі сульфокислотного крезолформальдегідного полімеру, що містить 50% нанорозмірного SiO<sub>2</sub>) під час гліцеролізу сприяє вищому виходу МАГ в порівнянні з промисловими полімерними каталізаторами КСМ-2 і КУ-2-8.

Подальші дослідження – гліцеролізу курячого жиру і відпрацьованої олії пальмової рафінованої здійснено із застосуванням каталізатору СКМ-Ф-30(Л) (вдосконалений варіант каталізатора СКМ-К), який в своєму складі для зде-

шевлення містить фенолсульфоокислоту і наповнювач лігнін [12]. Встановлено, що попередня підготовка каталізатора СКМ-Ф-30(Л) шляхом його витримання в гліцеролі, суттєво впливає на вихід МАГ (табл. 3). Також визначено вміст гліцеролу, що знаходиться в продукті гліцеролізу (табл. 3). Визначення виконано шляхом промивання продукту теплою водою (50–60°C).

Для визначення ефективних умов одержання продуктів гліцеролізу курячого жиру і відпрацьованої пальмової олії досліджено вплив температури (рис. 1) і тривалості процесу (рис. 2). Як видно з рис. 1 високий вихід МАГ (49%) спостерігається вже при 100°C, що забезпечує низьку енергоємність процесу.

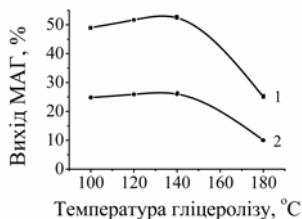


Рис. 1 – Залежність виходу МАГ від температури при перемішуванні впродовж 4 год, співвідношенні жир:гліцерол 1:3 у присутності 10 мас.% СКМ-Ф-30(Л): 1 – курячий жир; 2 – відпрацьована пальмова олія

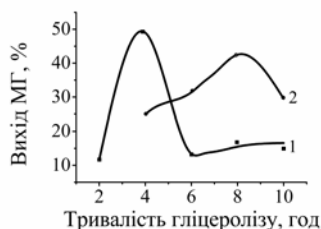


Рис. 2 – Залежність виходу МАГ від тривалості процесу при 100°C, співвідношенні жир:гліцерол 1:3 у присутності 10 мас.% СКМ-Ф-30(Л): 1 – курячий жир; 2 – відпрацьована пальмова олія

Тривалість процесу гліцеролізу залежить від типу сировини. Встановлено, що найбільший

вихід МАГ, які одержано з курячого жиру, досягається при тривалості процесу 4 год. В той же час, найбільший вихід МАГ, які одержано з відпрацьованої пальмової олії, досягається лише за 8 год (рис. 2). Отримані дані підтверджуються дослідженнями [13], в яких встановлено, що вихід МАГ при гліцеролізі залежить від природи залишків жирних кислот в ТАГ. Так, ефективність гліцеролізу знижується при наявності наступних жирних кислот: олеїнова > лауринова > міристинова > пальмітинова кислоти [13].

Також встановлено, що раціональним вмістом каталізатора СКМ-Ф-30 (Л) в реакційній масі є 10 мас.% Аналіз впливу співвідношення жир:гліцерол показав, що при отриманні МАГ з курячого жиру ефективним є співвідношення 1:3, а з відпрацьованої пальмової олії – 1:2.

З метою встановлення можливості багаторазового застосування синтезованого каталізатора СКМ-Ф-30(Л) в процесі гліцеролізу жирової сировини досліджено доцільність його повторного використання. Встановлено, що після першого циклу використання каталізатора СКМ-Ф-30(Л) вихід МАГ з курячого жиру становить 49%, при 2 і 3 циклі повторного використання, відповідно 37% і 24%. Після кожного циклу каталізатор відновлювали шляхом оброблення спочатку ізопропанолом для видалення залишків реакційної маси, потім 0,1 Н розчином НСІ впродовж 24 год з наступним промиванням до нейтральної реакції та висушуванням при 90–100°C.

Отримані продукти гліцеролізу курячого жиру і відпрацьованої олії пальмової рафінованої досліджено як емульгатори водно-жирових емульсій зворотного типу.

Характеристику продуктів гліцеролізу курячого жиру (ПГКЖ) і відпрацьованої олії пальмової рафінованої (ПГПО) наведено в табл. 4.

Оцінювання поверхнево-активних властивостей продуктів гліцеролізу відпрацьованої олії пальмової, дозволила зробити висновок, що як екстраговані МАГ, так і ПГПО сприяють утворенню стабільної водно-жирової емульсії зворотного типу. Експериментальними досліджен-

Таблиця 3

Виходи МАГ і ДАГ при гліцеролізі жирової сировини

Сировина	Попередня підготовка каталізатору	Характеристика продуктів гліцеролізу		
		Вихід МАГ, %	Кількість суміші ДАГ і ТАГ, %	Кількість гліцеролу, %
Курячий жир	без підготовки	9,70	87,3	3,0
	витриманий в гліцеролі	49,0	48,0	3,0
Відпрацьована олія пальмова рафінована	без підготовки	15,6	82,1	2,3
	витриманий в гліцеролі	24,9	71,9	3,2

Примітка: \* – отримання продуктів гліцеролізу проведено при мольному співвідношенні жир:гліцерол 1:3, температури 100°C впродовж 4 год у присутності 10 мас.% каталізатору СКМ-Ф-30(Л); витримання каталізатору в гліцеролі проведено при періодичному перемішуванні впродовж 24 год.

**Характеристика продуктів гліцеролізу**

Продукти гліцеролізу	Фізико-хімічні показники				Зовнішній вигляд при 20 <sup>0</sup> С: консистенція/колір
	Вміст вологи, %	Кислотне число, мг КОН/г	Пероксидне число, ½О ммоль/кг	Йодне число, г I <sub>2</sub> /100 г	
Курячого жиру: МАГ (екстраговані)	0,2	1,0	1,2	27,0	мазеподібні/білі
ПГКЖ (суміш з 49% МАГ, 48% ДАГ і ТАГ та 3% гліцеролу)	0,2	2,1	3,0	83,1	рідкі/світло-жовті
Відпрацьованої олії пальмової: МАГ (екстраговані)	0,2	0,7	1,3	21,4	тверді/світло-коричневі
ПГПО (суміш з 48% МАГ, 50% ДАГ і ТАГ та 2% гліцеролу)	0,2	1,3	4,6	61,1	тверді/коричневі

Таблиця 5

**Дослідження емульгуючої здатності композиційного емульгатора**

Час, за який починається розшарування емульсії	Відсоток відділення водної фази, об.%		
	0,25% ПГПО+0,75% ПГКЖ	0,5% ПГПО+0,5% ПГКЖ	0,75% ПГПО+0,25% ПГКЖ
10 хв	0	0	0
20 хв	0	0	0
40 хв	10	0	0
60 хв	25	0	0
120 хв	40	0	0
72 год	80	0	0

Таблиця 6

**Фізико-хімічні показники маргарину**

Найменування показань	Значення показника згідно з нормативною документацією	Фактичне значення показника	Нормативна документація на метод контролю
Масова частка вологи та летких речовин, %	не більше 17	16,9	ДСТУ 4463: 2005
Масова частка жиру, %	не менше 82	82,8	
Температура плавлення жиру, виділеного з маргарину, <sup>0</sup> С	32–34	32	
Кислотність маргарину, <sup>0</sup> Кеттсторфера	2,5	1,8	МВВВ 081/12-0127-04
Масова частка твердих тригліцеридів при 20 <sup>0</sup> С, %	17–28	25,3	
Пероксидне число у жирі виділеному з маргарину, ½О ммоль/кг	не більше 5	3,9	ДСТУ 4463: 2005
Масова частка транс-ізомерів олеїнової кислоти, у перерахунку на метилаідат, %	не більше 8	0,48	ГОСТ 30418: 1996

нями встановлено, що водно-жирова емульсія стійка при співвідношенні жир:вода 8:2 і 1 мас.% емульгатора – екстрагованих МАГ з відпрацьованої олії пальмової. При використанні ПГПО як емульгатора у кількості 2 мас.% стійка емульсія також утворюється при співвідношенні жир:вода 8:2.

Дослідженнями встановлено, що як МАГ з курячого жиру, так і ПГКЖ, утворюють нестабільну емульсію неналежної консистенції, тому в процесі роботи встановлено можливість введення їх до складу промислових емульгаторів CREMODAN 60 VEG і DIMODAN HP. Дослідження здійснено при загальному вмісті композиційного емульгатора 1 мас.% і співвідношенні

жир:вода 8:2. Встановлено, що при заміні промислових емульгаторів DIMODAN HP і CREMODAN 60 VEG до 50% ПГКЖ зберігається стійкість емульсії.

Оскільки МАГ з відпрацьованої пальмової олії і ПГПО проявили достатню емульгуючу здатність, то на підставі отриманих даних доцільно дослідити емульгуючі властивості композиційного емульгатора до складу якого входять ПГПО і ПГКЖ. Дослідження емульгуючої здатності здійснено при загальному вмісті композиційного емульгатора 2 мас.% і співвідношенні жир:вода 8:2 (табл. 5).

Встановлено, що ПГПО можна використовувати як емульгатор або індивідуально, або у

композиції з ПГКЖ. При цьому під час здійснення гліцеролізу використано низьковартісну вторинну жирову сировину, з технологічного процесу виключено стадію розділення продуктів гліцеролізу (екстракція МАГ), що робить його економічно доцільним.

У промислових умовах одержано експериментальну партію маргарину з застосуванням продуктів гліцеролізу відпрацьованої олії пальмової (суміш з 48% моноацилгліцеролів, 50% ді-і триацилгліцеролів та 2% гліцеролу) як емульгатора.

Фізико-хімічні показники виготовленого маргарину наведено у табл. 6.

Одержаний маргарин має пластичну, щільну, однорідну консистенцію; світло-жовтого кольору. Як видно з табл. 6 по фізико-хімічним показникам маргарин відповідає вимогам ДСТУ 4465:2005.

Отримані результати дають підставу вважати, що використання гетерогенного сульфокислотного полімерного каталізатора СКМ-Ф-30(Л) для синтезу моно- і діацилгліцеролів доцільне і перспективне.

#### **Висновки**

В результаті здійснених досліджень:

– визначено ефективність застосування нових гетерогенних сульфокислотних полімерних каталізаторів в процесі гліцеролізу курячого жиру та відпрацьованої пальмової олії;

– досліджено вплив параметрів процесу на вихід МАГ. Встановлено, що гліцероліз курячого жиру ефективно здійснювати при мольному співвідношенні жир:гліцерол 1:3, температурі 100°C впродовж 4 год у присутності 10 мас.% каталізатору СКМ-Ф-30(Л). Гліцероліз відпрацьованої пальмової олії доцільно проводити при мольному співвідношенні жир:гліцерол 1:2, впродовж 8 год при 100°C у присутності 10 мас.% каталізатору СКМ-Ф-30(Л);

– встановлено можливість повної заміни промислових емульгаторів DIMODAN HP і CREMODAN 60 VEG продуктами гліцеролізу відпрацьованої пальмової олії або їх сумішшю з продуктами гліцеролізу курячого жиру, що сприяє зниженню собівартості готової продукції.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н. Пищевые добавки. – М.: Колос, 2001. – 256 с.
2. Применение новых гетерогенных сульфокислотных полимерных катализаторов при переработке отходов жироперерабатывающих производств / Т.Г. Филинская, О.В. Черваков, К.О. Герасименко, Ж.Ю. Танько // Катализ в промышленности. – 2013. – № 3. – С.75-81.
3. Торопцева А.М., Белгородская К.В., Бондаренко К.В. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. – Л.: Химия, 1972. – 416 с.
4. Полянский Н.Г., Горбунов Г.В., Полянская Н.Л. Методы исследования ионитов. – М.: Химия, 1976. – 208 с.
5. Optimization of the production of ethyl esters by ultrasound assisted reaction of soybean oil and ethanol / Rodrigues S., Mazzone L.C.A., Santos F.F.P., Cruz M.G.A., Fernandes F.A.N. // Braz. J. Chem. Eng. – 2009. – № 2. – P.361-366.
6. Шталь Э. Хроматография в тонких слоях. – М.: МИР, 1965. – 508 с.
7. ДСТУ ISO 662:2004. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту вологих та летких речовин. – Введ. 01.01.06. – К.: Держспоживстандарт України, 2005.
8. ДСТУ 4350:2004. Олії. Методи визначання кислотного числа. – Введ. 01.10.05. – К.: Держспоживстандарт України, 2005.
9. ГОСТ Р 52110-2003. Масла растительные. Методы определения йодного числа. – Введ. 01.06.2004. – М.: Стандартиформ, 2004.
10. ГОСТ Р 51487-99. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа. – Введ. 01.01.2001. – М.: Стандартиформ, 2001.
11. Переробка жиромісної сировини з використанням гетерогенних каталізаторів / Філінська Т.Г., Черваков О.В., Герасименко К.О., Цапко О.В., Філінська А.О. // Вісник Нац. техн. ун-ту “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2012. – № 63. – С.136-144.
12. Поверхностно-активные вещества на основе отходов жироперерабатывающих производств / Т.Г. Филинская, О.В. Черваков, Н.В. Тарнавская, К.О. Герасименко // Технические науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: тези допов. другій міжнарод. наук.-техн. конф. – К. – 2013. – С.142.
13. Горяев М.И. Синтез и применение моноглицеридов. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 135 с.

Надійшла до редакції 23.01.2015

GLYCEROLYSIS OF SECONDARY FATTY RAW MATERIALS WITH USING HETEROGENEOUS SULFONATED POLYMERIC CATALYST

T.G. Filinska <sup>a</sup>, O.V. Chervakov <sup>a</sup>, K.O. Gerasymenko <sup>a</sup>, M.O. Tkachova <sup>b</sup>, A.O. Filinska <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine

<sup>b</sup> Creative Co., Kirovograd, Ukraine

We investigated the glycerolysis process of chicken fat and waste palm oil using heterogeneous sulfonated polymeric catalyst SAC-Ph-30(L). The catalyst is synthesized by reacting of phenolsulfonic acid-formaldehyde condensation products with polyvinyl alcohol in aqueous solution, the catalyst containing lignin additionally. The glycerolysis of raw fat should rationally be carried out at the temperature of 100°C; this indicates that the process is energy-saving as compared to traditional technology. The duration of glycerolysis process depends on the type of fatty raw material (fatty acid residues of the triacylglycerol); it takes 4 h for chicken fat and 8 h for waste oil palm, correspondingly. The surface-active properties of chicken fat and waste palm oil glycerolysis products (i.e. mono- and diacylglycerols) have been estimated. It is shown that the industrial emulsifiers DIMODAN HP and CREMODAN 60 VEG may be fully replaced with the waste oil palm glycerolysis products. The glycerolysis products can be used in food products as emulsifiers in a reverse type of water-fat emulsions (i.e. margarine).

**Keywords:** heterogeneous sulfonated polymeric catalyst; chicken fat; palm oil; glycerolysis; monoacylglycerols; emulsifier.

References

1. Nechaev A.P., Kochetkova A.A., Zaytsev A.N., *Pishchevye dobavki* [Food additives]. Kolos, Moscow, 2001. 256 p. (in Russian).
2. Filinskaya T.G., Chervakov O.V., Gerasimenko K.O., Tanko Zh.Yu. *Primenenie novykh geterogennykh sulfokislotnykh polimernykh katalizatorov pri pererabotke otkhodov zhiropererabatyvayushchikh proizvodstv* [The use of new heterogeneous sulfonic acid polymer catalysts for waste treatment of fat processing plants]. *Kataliz v Promyshlennosti*, 2013, vol. 3, pp. 75-81. (in Russian).
3. Toroptseva A.M., Belgorodskaya K.V., Bondarenko K.V., *Laboratnyi praktikum po khimii i tekhnologii vysokomolekulyarnykh soedinenii* [Laboratory workshop on the chemistry and technology of macromolecular compounds]. Khimiya, Leningrad, 1972. 416 p. (in Russian).
4. Polyanskiy N.G., Gorbunov G.V., Polyanskaya N.L., *Metody issledovaniya ionitov* [Methods of ion exchange investigation]. Khimiya, Moscow, 1976. 208 p. (in Russian).
5. Rodrigues S., Mazzone L.C.A., Santos F.F.P., Cruz M.G.A., Fernandes F.A.N. Optimization of the production of ethyl esters by ultrasound assisted reaction of soybean oil and ethanol. *Braz. J. Chem. Eng.*, 2009, vol. 26, no. 2, pp. 361-366.
6. Shtal E., *Khromatografiya v tonkikh sloyakh* [Thin layer chromatography]. MIR, Moscow, 1965. 508 p. (in Russian).
7. DSTU ISO 662:2004, *Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Vyznachennia vmistu vvolykh ta letkykh rechovyv* [Animal and vegetable fats and oils. Determination of moisture and volatile matter content]. Derzhspozhyvstandart, Kyiv, 2005. 5 p. (in Ukrainian).
8. DSTU 4350:2004, *Olii. Metody vyznachennia kyslotnoho chysla* [Vegetable oils. Determination of acid value]. Derzhspozhyvstandart, Kyiv, 2005. 7 p. (in Ukrainian).
9. GOST R 52110-2003, *Masla rastitelnye. Metody opredeleniya yodnogo chisla* [Vegetable oils. Methods for determination of acid value]. Standartinform, Moscow, 2003. 10 p. (in Russian).
10. GOST R 51487-99, *Masla rastitelnye i zhyry zhyvotnye. Metod opredeleniya perekisnogo chisla* [Vegetable oils and animal fats. Method for determination of peroxide value]. Standartinform, Moscow, 2001. 6 p. (in Russian).
11. Filinska T.H., Chervakov O.V., Herasimenko K.O., Tsapko O.V. *Pererobka zhyrovnisnoi syrovyny z vvykorystanniam heterohennykh katalizatoriv* [Processing of fat-containing materials using heterogeneous catalysts]. *Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnogo Universyietu «KhPI»*, 2012, vol. 63, pp. 136-144. (in Ukrainian).
12. Filinskaya T.G., Chervakov O.V., Tarnavskaya N.V., Gerasimenko K.O., *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva na osnovе otkhodov zhiropererabatyvayushchikh proizvodstv* [Surfactants based on waste oil and fat production]. *Materialy drugoi mizhnarodnoi naukovy-tekhnichnoi konferentsii «Tekhnichni nauky: stan, dosiagnennia i perspektyvy rozvytku miasnoi, oliiezhyrovoy ta molochnoi galuzei»* [Proc. of the second international scientific and technical conference «Technical sciences: state, achievements and prospects of dairy, meat and butter industries»]. Ukraine, Kyiv, 2013. p. 142. (in Russian).
13. Goryaev M.I., *Sintez i primeneniye monogliceridov* [Synthesis and application of monoglycerides]. Nauka, Alma-Ata, 1975. 135 p. (in Russian).