

**УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ОЛІЙ ТА ЖИРІВ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ:
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКИ ТА ПРАКТИКИ**

Випуск 6

Харків
2022

Наукове видання

Свідоцтво про державну реєстрацію

Серія КВ №22159-12059ПР від 27.05.2016 р.

Мова статей – українська, російська, англійська

Авторський текст не редагувався

Редакційна колегія:

Головний редактор: П.Ф. Петік, канд. техн. наук, УкрНДІОЖ НААН.

Заступник головного редактора: В.Ю. Папченко, канд. техн. наук, с.н.с.,
УкрНДІОЖ НААН;

Відповідальний секретар: Т.В. Матвєєва, канд. техн. наук, с.н.с.,
УкрНДІОЖ НААН.

Редакційна колегія:

Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», УкрНДІОЖ НААН;

І.М. Демидов, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»; УкрНДІОЖ НААН;

П.О. Некрасов, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

А.П. Мельник, д-р техн. наук, проф., УкрНДІГаз;

Т.Т. Носенко, д-р техн. наук, проф., НУХТ;

Л.В. Кричковська, д-р біол. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

І.В. Кузнецова, д-р с.-г. наук, с.н.с., НААН;

І.В. Левчук, докт. техн. наук, доц., ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»;

І.П. Петік, канд. техн. наук, УкрНДІОЖ НААН;

Н.С. Ситнік, канд. техн. наук, УкрНДІОЖ НААН;

А.П. Белінська, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»; УкрНДІОЖ НААН;

З.П. Федякіна, УкрНДІОЖ НААН.

Рекомендовано до друку Вченою радою УкрНДІОЖ НААН.

Протокол № 8 від 15 грудня 2022 р.

УДК 338.121

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЙ ТА ПРОДУКТІВ ЇХ ПЕРЕРОБКИ В УКРАЇНІ

В.Ю. ПАПЧЕНКО, кандидат технічних наук, с.н.с., Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

П.Ф. ПЕТИК, канд. техн. наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

У роботі надано аналіз сучасного стану виробництва олій та продуктів їх переробки в Україні у 2021/22 маркетинговому році. З'ясовано, що за звітній період перероблено близько 11,6 млн тонн насіння соняшнику, а обсяг переробки сої склав близько 1,45 млн. тонн. Експорт соняшнику за сезон сягнув історичного максимуму, склавши 1,6 млн тонн, при цьому 97 % від загального обсягу відвантажено в березні-серпні, а соняшникового шроту експортовано 3,3 млн тонн, що на 25 % поступається показнику попереднього сезону. Експорт насіння ріпаку у липні-червні 2021/22 МР склав 2710,2 тис. т., а в серпні - 666 тис. тонн, що майже в 6 разів перевищує показник липня, але став мінімальним показником для вказаного місяця за останні 4 сезони.

Ключові слова: насіння соняшнику, соя, ріпак, нерафінована олія, олієжирова галузь, експорт

Вступ. 2021/22 маркетинговий рік (МР) передбачався як один найуспішніших для олієжирового комплексу України, виходячи з рекордного урожаю насіння соняшнику 2021 року - 16,4 млн. тонн та урожаю насіння основних видів насіння олійних культур в цілому до понад 23 млн. тонн. Обсяги виробництва олії соняшnikової також прогнозувались на рекордному рівні у 7,2-7,3 млн. тонн, експорт – до 7,0 млн. тонн. Проте, широкомасштабна агресія проти України, яка розпочалась 24 лютого 2022 року, призвела до непередбачуваних негативних наслідків для всієї промисловості, зокрема олієжирової галузі, зруйнувавши всі прогнози.

Мета дослідження – аналіз сучасного стану виробництва олій в Україні у 2021/22 маркетинговому році на основі економічного аналізу техніко-економічних показників ефективності роботи підприємств олієжирової галузі України.

Результати досліджень. 2021/22 МР треба поділити на два періоди, а саме вересень 2021 року - лютий 2022 року та березень – вересень 2022 року.

Вересень 2021 року - лютий 2022 року: Підприємства галузі продовжували працювати у складних умовах і це стосується не тільки роботи в умовах жорстких карантинних обмежень, але й впливу ситуації, що складалась як на світовому олійному ринку, так і на внутрішньому. Зростання цін на олію соняшnikову на внутрішньому споживчому ринку

продовжувало бути основним викликом. Цей період, особливо вересень-грудень характеризувались стримуванням продаж насіння соняшнику сільськогосподарськими виробниками в очікуванні більш високих цін на нього, що не дало можливості значно наростити виробництво та експорт олії соняшникової у порівнянні з відповідним періодом минулого МР, а також досягти зростання виробництва за 2021 рік проти 2020 року. Нарощування виробництва та експорту олії соняшникової розпочалось з січня 2022 року та продовжилось до 24.02.2022 року [1].

До особливостей 2021/22 МР можна віднести - нарощування переробки насіння ріпаку (у період липень-грудень 2021 року), розширення кола олійнодобувних підприємств, які підключились до переробки даної сільськогосподарської сировини. У цей період були 26 тис. тонн олії ріпакової на давальницьких умовах з імпортованого в Україну насіння ріпаку, а це близько 70,0 тис. тонн [1].

Забезпечення газом власного видобутку підприємств, що виробляють соціально значущу продукцію, до переліку якої була включена олія соняшникова.

Березень – вересень 2022 року: Повна зупинка промислових підприємств, зокрема олійнодобувних та олієжирових в зонах бойових дій та на тимчасово окупованих територіях. Заблокування портів Чорного та Азовського морів призвело до зупинки експорту олії соняшникової і шроту та, як наслідок для галузі, що є експортно орієнтованою, до зупинки підприємств в інших регіонах України.

За оцінками Асоціації Укроліяпром, у березні-квітні до 70 % основних потужностей з переробки насіння соняшнику були зупинені, зокрема через неможливість поставляти олію соняшкову на експорт. Український олійний сектор, через блокування портів, вимушений у найкоротші терміни формувати нові логістичні ланцюги, вести пошуки альтернативних ринків збуту, головним чином для соняшникової олії та шроту, та адаптуватись до нових умов. Переорієнтація експорту на перевезення іншими видами транспорту, зокрема залізничним транспортом значно змінила географію експорту олії соняшникової та шроту. У березні-серпні 2022 року основними країнами-імпортерами стали країни ЄС – понад 60 % в цілому. У розрізі країн ситуація дещо змінилась і на перші місця вийшли: Польща - до 20 %, Болгарія та Румунія – до 10 % [1].

Відновлення та нарощування поставок експорту олії соняшникової та шроту відбулось за рахунок зростання перевезень залізничним транспортом через країни ЄС, зокрема Польщі та Балтії з подальшою поставкою через морські порти даних країн до інших країн світу. Це надало можливість Україні дещо збільшити переробку насіння соняшнику та відповідно виробництво та експорт олії та шроту [1].

Значно нарощує імпорт української соняшникової олії Туреччина, особливо після відкриття зернового коридору (38 % за підсумками серпня поточного року), дещо наростив імпорт у серпні Китай - до 12,0 тис. тонн

(3,8 %). На жаль, жодної тони олії соняшникової не поставлено до Індії та багатьох інших країн у цей період [1].

Однією з головних особливостей березня-серпня 2021/22 МР став масовий експорт насіння соняшнику з України, який досяг 1,7 млн. тонн. основними імпортерами стали країни ЄС - понад 70 %, Туреччина – понад 20 %, Молдова. Таке нарощування експорту насіння соняшнику знизило зацікавленість, зокрема країн ЄС в українському соняшниковому шроті [1].

Щодо тенденції олійного ринку, то ціни на олійні культури в серпні формувалися під впливом наступних факторів [2]:

- відкриття зернового коридору з глибоководних портів Одеси. Так, за підсумками звітного місяця експорт соняшникової олії та шроту значно збільшився, що вплинуло на зростання попиту на соняшник всередині країни;

- завершальна стадія збиральної кампанії ріпаку та старт збирання соняшнику і сої. Так, за даними Мінагропроду, за підсумками першого тижня вересня українські аграрії вже майже завершили збирання ріпаку, соняшник обмолочено на 5 % від прогнозованої площі (5 % на цю ж дату в 2021 році) та сою - на площі 1,8 % від прогнозу (1,9 % в 2021 році). Тобто, попри воєнні дії в багатьох областях темпи збирання майже не відстають від минулорічних;

- коригування врожаю українських олійних внаслідок збільшення збиральної площі. За оцінками ІА «АПК-Інформ», виробництво соняшнику в Україні в 2022 році може скласти близько 10,9 млн. тонн (+2 % до попередньої оцінки та -34 % до 2021 року). Урожай сої може скласти 3,5 млн. тонн (+20 %; -1 %), а виробництво ріпаку очікується на рівні 2,9 млн. тонн (+7 %; -7 %);

- зменшення видів на урожай олійних, зокрема, соняшнику, у Європі через значну посуху. Так, за даними *Oil World*, виробництво соняшнику в ЄС в 2022 році може скласти близько 9,7 млн. тонн (-8 %), внаслідок чого попит на український соняшник з боку Євросоюзу залишається поки доволі високим.

Варто зазначити, що, за даними *USDA*, Україна вийшла в лідери серед експортерів даної культури в світі в 2021/22 МР і, найімовірніше, затримається на даній позиції ще один сезон, як мінімум.

У сезоні 2021/22 МР в Україні перероблено близько 11,6 млн тонн насіння соняшнику (табл. 1), що на 13 % поступається показнику попереднього сезону і стало мінімальним показником для українського сектора з 2015/16 МР [2].

Таблиця 1 - Показники роботи олієжирових підприємств за вересень-серпень 2020/21 та 2021/22 маркетингових років

Найменування	Тис. тонн					Зміни, %	
	2022		2021	вересень-серпень		до попереднього місяця	з початку поточного сезону
	серпень	липень	серпень	21/22	20/21		
Переробка:							
насіння	774,0	626,8	368,0	11 561	13 358	+23	-13
Виробництво:							
олії нерафінованої	328,7	272,8	159,0	5 019	5 793	+21	-13
шроту / макухи	295,3	248,5	148,0	4 529	5 334	+19	-15
Експорт:							
насіння	168,0	365,1	0,8	1 628	191	-54	x8,5
олія	366,5	-	202,7	4 486,0	5 278,4	по серпню +81	-15
шроту / макухи	286,4	-	162,8	3 294,0	4 405,7	по серпню +76	-25

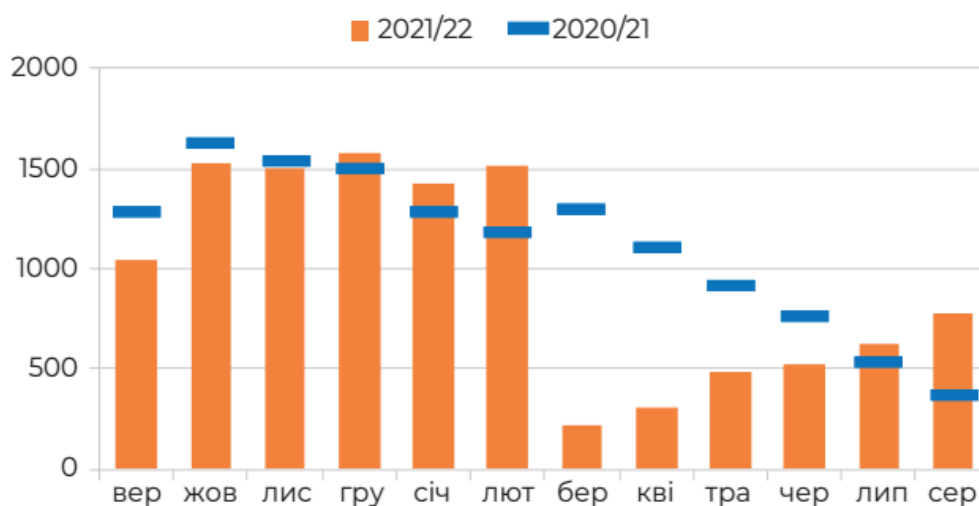


Рисунок 1 – Динаміка переробки насіння соняшника в Україні, тис. тонн

Експорт української соняшникової олії за сезон 2021/22 (вересень-серпень) скоротився до мінімального з 2016/17 МР показника, склавши близько 4,49 млн тонн (-15% до 2020/21 МР) [2]. Всього за підсумками сезону 2021/22 з України експортовано 3,3 млн тонн соняшникового шроту, що на 25 % поступається показнику попереднього сезону.

В сезоні 2021/22 обсяг переробки сої склав близько 1,45 млн. тонн, що майже на рівні показника 2020/21 МР (+1 %) та, попри значний спад темпів після початку війни, зумовлено високими обсягами переробки в першій половині 2021/22 МР (табл. 2) [2].

Експорт соєвих бобів у сезоні 2021/22 склав 1,39 млн. тонн, що лише на 5 % поступається показнику попереднього сезону. При цьому соя майже єдина серед культур та продуктів переробки олійного сектора, яка демонструвала більш високі місячні темпи відвантажень у воєнний період.

Основним імпортером української сої за сезон стали країни ЄС з часткою 41 %, потіснивши Туреччину на другу сходинку (39 %) [2].

Таблиця 2 – Експорт соєвих бобів та продуктів їх переробки за вересень-серпень 2020/21 та 2021/22 маркетингових років

Найменування	Тис. тонн				Зміни, %	
	серпень		вересень-серпень		по серпню	з початку поточного сезону
	2022	2021	21/22	20/21		
боби	148,2	4,9	1 389,9	1 467,6	x30р.	-5
олія	25,2	19,5	239,2	233,0	29	2,7
шрот / макуха	31,3	21,6	442,6	482,2	45	-8

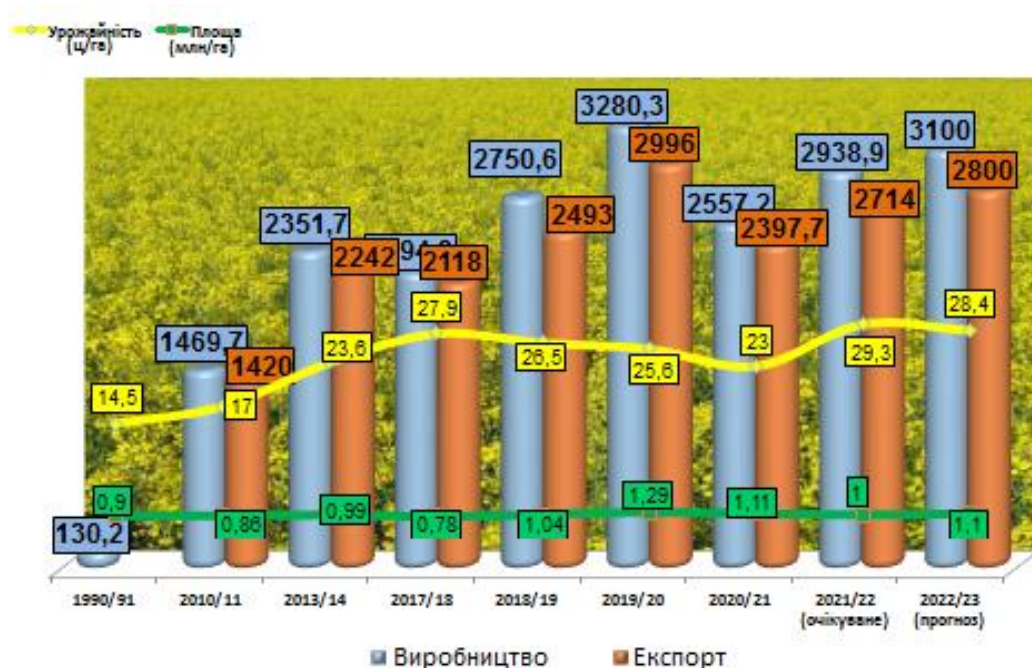


Рисунок 2 – Виробництво та експорт ріпаку, тис. тонн

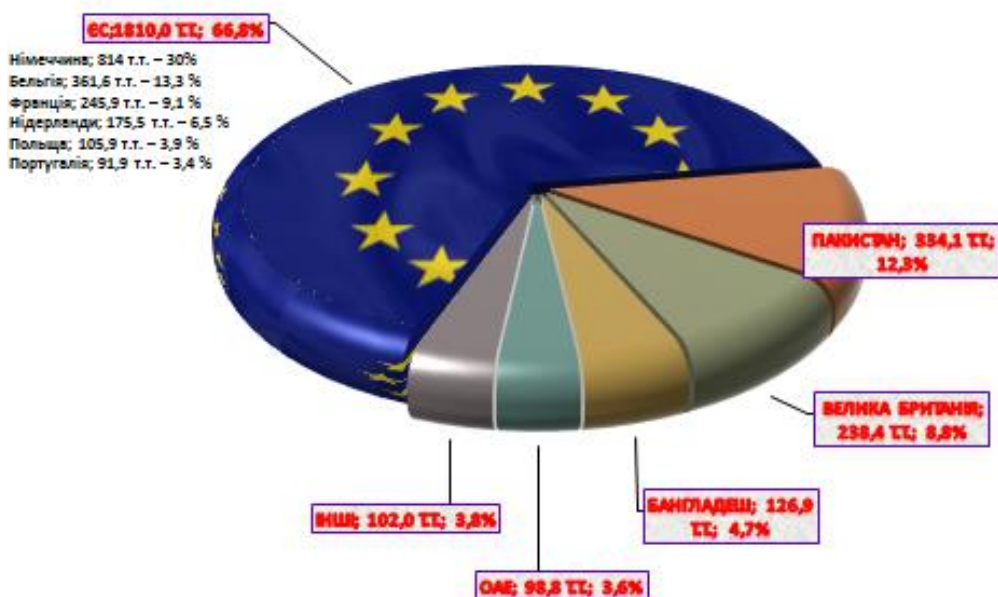


Рисунок 3 – Основні країни-імпортери насіння ріпаку у 2021/22 МР

За даними асоціації Укроліяпром експортовано насіння ріпаку у липні-червні 2021/22 МР 2710,2 тис. т. на 1727,7 млн. дол. США (637,5 дол./т). Основні країни-імпортери, це країни ЄС 1810,0 тис. тонн, що складає 66,8 %, а саме Німеччина 814 тис. тонн – 30 %; Бельгія 361,6 тис. тонн – 13,3 %; Франція 245,9 тис. тонн – 9,1 %; Нідерланди 175,5 тис. тонн – 6,5 %; Польща 105,9 тис. тонн – 3,9 %; Португалія 91,9 тис. тонн – 3,4 %, а також Пакистан - 334,1 тис. тонн (12,3 %), Велика Британія – 238,4 тис. тонн (8,8 %), Бангладеш – 126,9 тис. тонн (4,7 %). ОАЕ – 98,8, тис. тонн (3,6 %) та інші 102,0 тис. тонн (3,8 %) [1].

Таблиця 3 – Експорт насіння ріпаку

Найменування	Тис. тонн				Зміни, %	
	серпень		липень-серпень		по серпню	з початку поточного сезону
	2022	2021	2022/23	2021/22		
Насіння ріпаку	665,6	782,4	781,6	834,4	-15	-6

Експорт ріпаку в серпні склав 666 тис. тонн, що майже в 6 разів перевищує показник липня, але став мінімальним показником для вказаного місяця за останні 4 сезони. Всього у липні-серпні нового сезону 2022/23 з України відвантажено майже 782 тис. тонн, що на 6 % поступається показнику в аналогічний період попереднього сезону та стало мінімумом за останні 5 сезонів. Основний обсяг експорту (95 %) припав на країни ЄС. В даному напрямку відвантажено 744 тис. тонн, що на 32 % більше, ніж в аналогічний період попереднього сезону [2].

Очікуване виробництво ріпакової олії у 2021/22 МР, за даними асоціації Укроліяпром, складатиме 0,21 млн. тонн, при експорті

0,200 млн. тонн, стосовно прогнозу на 2022/23 МР, то виробництво ріпакової олії складатиме 0,127 млн. тонн, а експорт 0,11 млн. тонн [1].

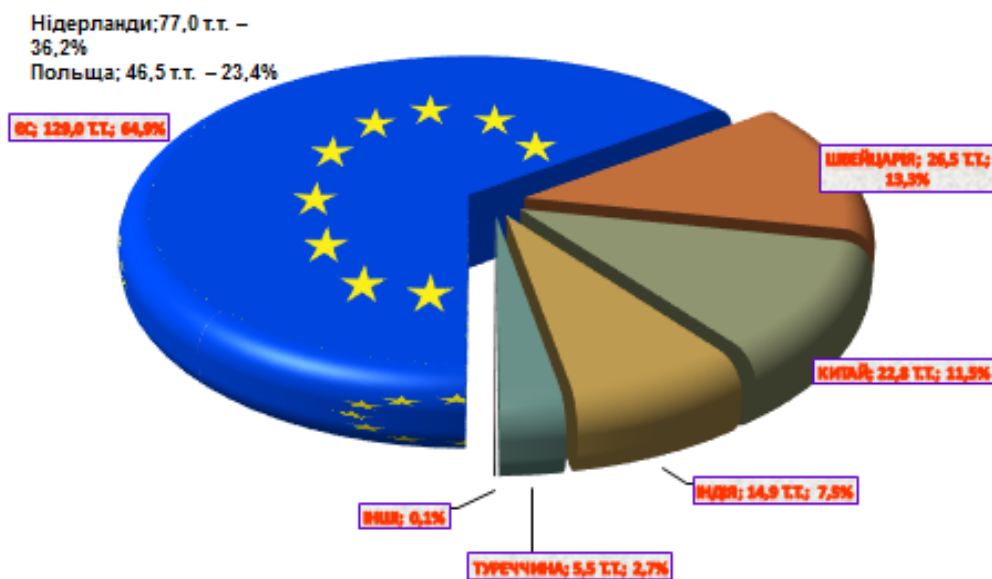


Рисунок 4 – Основні країни-імпортери ріпакової олії у 2021/22 МР

За даними асоціації Укроліяпром експортовано ріпакової олії у липні-червні 2021/22 МР - 198,5 тис. тонн на 264,9 млн. дол. США (1335,0 дол./тону). Основні країни-імпортери, це країни ЄС 129,0 тис. тонн, що складає 64,9 %, а саме Нідерланди 77,0 тис. тонн – 36,2 %; Польща 46,5 тис. тонн – 23,4 %; а також Швейцарія – 26,5 тис. тонн (13,3 %), Китай - 22,8 тис. тонн (11,5%), Індія – 14,9 тис. тонн (7,5 %), Туреччина – 5,5 тис. тонн (2,7 %) та інші 0,1 % [1].

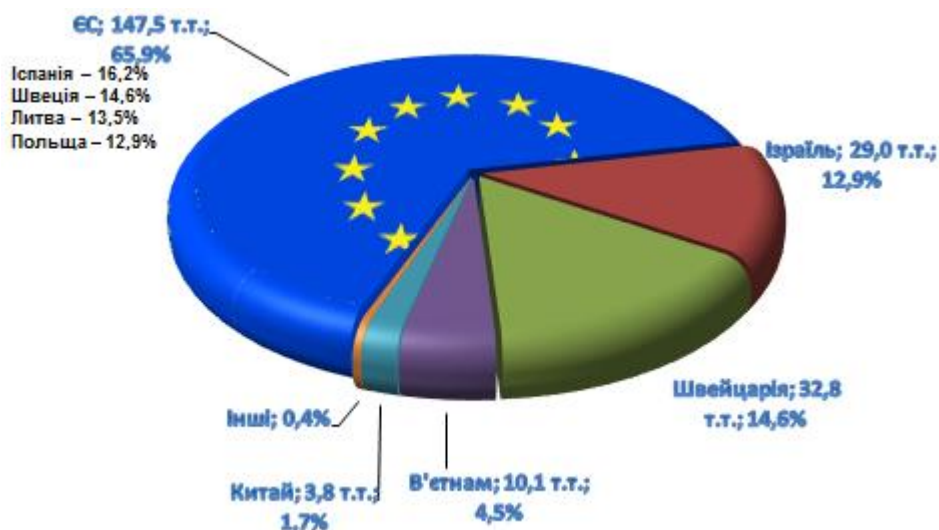


Рисунок 5 - Основні країни-імпортери ріпакового шроту у 2021/22 МР

За даними асоціації Укроліяпром експортовано ріпакового шроту у липні-червні 2021/22 МР - 224,1 тис. тонн на 59,48 млн. дол. США

(265 дол./тонну). Основні країни-імпортери, це країни ЄС 147,5 тис. тонн, що складає 65,9 %, а саме Іспанія – 16,2 %, Швеція – 14,6 %, Литва – 13,5 % та Польща – 12,9 %, а також Ізраїль – 29,0 тис. тонн (12,9 %), Швейцарія – 32,8 тис. тонн (14,6 %), В'єтнам – 10,1 тис. тонн (4,5 %), Китай – 3,8 тис. тонн (1,7 %) та інші 0,4 % [1].

Висновки. 2021/22 МР передбачався як один найуспішніших для олієжирового комплексу України, виходячи з рекордного урожаю насіння соняшнику 2021 року - 16,4 млн. тонн та урожаю насіння основних видів насіння олійних культур в цілому до понад 23 млн. тонн. Обсяги виробництва олії соняшникової також прогнозувались на рекордному рівні у 7,2-7,3 млн. тонн, експорт – до 7,0 млн. тонн. Проте, широкомасштабна агресія проти України, яка розпочалась 24 лютого 2022 року, призвела до непередбачуваних негативних наслідків для всієї промисловості, зокрема олієжирової галузі, зруйнувавши всі прогнози. Виробництво *насіння соняшнику* у 2021/22 МР складатиме 16,392 млн. тонн. У сезоні 2021/22 в Україні перероблено близько 11,6 млн тонн насіння соняшнику, що на 13 % поступається показнику попереднього сезону і стало мінімальним показником для українського сектора з 2015/16 МР. У вересні-серпні 2021/22 вироблено 5019 тис. тонн олії соняшникової нерафінованої та 4529 тис. тонн шроту (макухи). Експорт української соняшникової олії за сезон 2021/22 (вересень-серпень) скоротився до мінімального з 2016/17 МР показника, склавши близько 4,49 млн тонн (-15% до 2020/21 МР) на 6020,8 млн. дол. США (1342,2 дол/тонну), експорт шроту складає 3,294 млн. тонн, що на 25 % менше показника за аналогічний період минулого МР. Переорієнтація експорту на перевезення іншими видами транспорту, зокрема залізничним транспортом значно змінила географію експорту олії соняшникової та шроту. У березні-серпні 2022 року основними країнами-імпортерами стали країни ЄС – понад 60 % в цілому. У розрізі країн ситуація дещо змінилась і на перші місця вийшли: Польща - до 20 %, Болгарія та Румунія – до 10 %. Сумарний обсяг відвантажень соняшникової олії у 2021/22 МР в напрямку Євросоюзу сягнув 1,85 млн тонн, що не тільки майже на третину перевершило показник попереднього сезону, а й стало другим за величиною обсягом експорту в ЄС за багаторічний період (після 2019/20 МР). Як наслідок, Євросоюз зайняв перше місце серед імпортерів української соняшникової олії за підсумками 2021/22 МР з часткою 41 % (27 % у 2020/21 МР). В свою чергу, за даними Єврокомісії, Україна забезпечила близько 83 % від загального імпорту даної продукції в ЄС в сезоні 2021/22 (вересень-серпень). На другій та третій сходинці рейтингу імпортерів Індія з часткою 23 % та Китай з часткою 8 %. Лідером серед закупівель соняшникового шроту залишився Китай з часткою 45 %, незважаючи на майже повне припинення відвантажень в даному напрямку. На другому місці залишились країни ЄС з часткою 31 %. Однією з головних особливостей березня-серпня 2021/22 МР став масовий експорт насіння соняшнику з України, який досяг 1,7 млн. тонн. основними імпортерами

стали країни ЄС - понад 70 %, Туреччина – понад 20 %, Молдова 5 %. Виробництво *бобів сої* (очікуване) у 2021/22 МР складатиме 3493,0 тис. тонн, а соєвої олії - 0,250 млн. тонн. У сезоні 2021/22 обсяг переробки сої склав близько 1,45 млн. тонн, що майже на рівні показника 2020/21 МР (+1 %) та, попри значний спад темпів після початку війни, зумовлено високими обсягами переробки в першій половині 2021/22 МР. Експорт соєвих бобів у вересні-серпні 2021/22 МР склав 1,39 млн. тонн на 737,8 млн. дол. США (530,2 дол./тонну), що лише на 5 % поступається показнику попереднього сезону. При цьому соя майже єдина серед культур та продуктів переробки олійного сектора, яка демонструвала більш високі місячні темпи відвантажень у воєнний період. Основним імпортером української сої за сезон стали країни ЄС з часткою 41 %, потіснивши Туреччину на другу сходинку (39 %). Соєвої олії та шроту у вересні-серпні 2021/22 МР експортовано 234,5 тис. тонн та 443 тис. тонн на 314,6 млн. дол. США (1341,6 дол./тонну) та 239,6 млн. дол. США (510,8 дол./тонну) відповідно. Очікуване виробництво насіння *ріпаку* у 2021/22 МР складатиме 2938,9 тис. тонн при експорті 2714 тис. тонн, ріпакової олії - 0,21 млн. тонн, при експорті 0,200 млн. тонн. У липні-червні 2021/22 МР експортовано насіння ріпаку 2710,2 тис. т. на 1727,7 млн. дол. США (637,5 дол./т), ріпакової олії 198,5 тис. тонн на 264,9 млн. дол. США (1335,0 дол./тонну) та шроту 224,1 тис. тонн на 59,48 млн. дол. США (265 дол./тонну). Основні країни-імпортери насіння ріпаку та продуктів його переробки – країни ЄС, так насіння ріпаку експортовано 1810,0 тис. тонн, ріпакової олії 129,0 тис. тонн, та шроту 147,5 тис. тонн, що складає 66,8 %, 64,9 % та 65,9 % від загального експорту цієї продукції відповідно. Крім того, у липні-серпні нового сезону 2022/23 з України відвантажено майже 782 тис. тонн, що на 6 % поступається показнику в аналогічний період попереднього сезону та стало мінімумом за останні 5 сезонів. Основний обсяг експорту (95 %) припав на країни ЄС. В даному напрямку відвантажено 744 тис. тонн, що на 32 % більше, ніж в аналогічний період попереднього сезону.

Література

1. Офіційний сайт асоціації «Укроліяпром» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukroilprom.org>.
2. Україна: тенденції олійного ринку. // Щомісячний аналітичний випуск “АПК-Інформ” Підсумки. – 2022. - № 9 (99). – С. 34-39.

Bibliography (transliterated)

1. Ofitsiyni sait asotsiatsii «Ukroliiaprom» [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.ukroilprom.org>.
2. Ukraina: tendentsii oliinoho rynku. // Shchomisiachnyi analitychnyi vypusk “APK-Inform” Pidsumky. – 2022. - № 9 (99). – P. 34-39.

УДК 664.3

ІНАКТИВАЦІЯ ІНГІБІТОРІВ ПРОТЕОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ КУНЖУТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

А.П. БЄЛІНСЬКА, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;
І.П. ПЕТИК, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;
С.В. БОЧКАРЕВ, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

В статті досліджено вплив початкової вологості і тривалості обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Досліджено особливості використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст підвищеної харчової цінності для спортивного харчування. Проведено органолептичне оцінювання дослідних зразків з різним вмістом кунжутного насіння, в ході якого продукцію оцінювали за зовнішнім виглядом, однорідністю, пластичністю, кольором, смаком і ароматом. Визначено вплив вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст. Подрібнене насіння кунжуту в складі шоколадної пасти впливає на смак, аромат і пластичність, показники яких у дослідних зразків вище, ніж у контрольному, що не містить насіння кунжуту. Зокрема, в дослідних зразках шоколадних паст проявляється характерний пікантний горіховий аромат і смак; довше зберігається відчуття «наповненості» у роті («mouth-feeling»). Обрано ефективну концентрацію насіння кунжуту в шоколадній пасті на рівні 15 %.

Ключові слова: насіння кунжуту, інгібітори протеолітичних ферментів, надвисокочастотне випромінювання, зволоження, шоколадна паста, спортивне харчування

Вступ. Кунжутне насіння є багатим на антиоксиданти та біологічно активні сполуки, зокрема лігнани, фітостероли, жирні кислоти та токофероли. Ліпіди кунжуту мають вищі антиоксидантні властивості порівняно з іншими харчовими ліпідами завдяки вмісту специфічних лігнанів з антиоксидантною активністю – сезамолу вільного, сезамолу зв'язаного, сезамоліну, саміну [1].

Більшість лігнанів кунжуту міститься в насінні, головним чином включаючи сезамол, сезамін і сезамолін. Усі вони виявляють широкий спектр біологічних властивостей. Доведено, що кунжутні лігнани сприяють інтенсифікації кровообігу в м'язах, збуджуючи активність симпатичних нервів, а також впливають на метаболічні процеси в мозку та запобігають його віковій дисфункції завдяки антиоксидантній активності. Оскільки

кунжутне насіння стає сировиною, що має оздоровчі властивості, однією з важливих цілей селекції кунжуту є підвищення вмісту вищевказаних лігнанів. Сезамол використовується як біологічно активна сполука протизапальної, антиоксидантної, гіполіпідемічної, антидепресивної, антиатеросклеротичної дії, може ефективно пригнічувати агрегацію тромбоцитів, застосовується у лікуванні таких хвороб як діабетична нефропатія, а також деякі хвороби серця [2].

Сезамін також є одним із основних лігнанів кунжуту, і вважається, що він має антипроліферативну, проапоптотичну, протизапальну, проангіогенну та антиоксидантну, а також проаутофагоцитарну дію. Він також позитивно впливає на нормалізацію артеріального тиску, рівень глюкози в крові та рівень окислення ліпідів мембран, пригнічує диференціацію та функцію остеокластів, тобто може бути потенційним терапевтичним засобом для профілактики остеоартриту. Є відомості [3, 4], що сезамін може клінічно зменшити розвиток стеатозу шляхом інгібування ліганд-індукованого адипогенезу.

Сезамолін давно відомий як представник лігнанів в кунжутній олії, який продемонстрував значні антиоксидантні та антимутагенні властивості. Сезамолін може ефективно запобігти спричиненій гіпоксією загибелі первинних кортикальних клітин. Крім того, визначено, що сезамолін може ефективно активувати природні клітини-кілери, регулюючи диференціацію та активацію дендритних клітин, що має потенціал як терапевтичний засіб для лікування пухлин [2].

Основними фітостеролами в кунжутному насінні є β -ситостерин. Фітостероли можуть бути використані як оздоровчі компоненти для зниження рівня ліпопротеїнів низької щільності та холестерину в крові та запобігання серцево-судинним захворюванням. Існує припущення, що насіння кунжуту доцільно додавати в оздоровчі харчові продукти, для лікування гіперхолестеринемії та з метою гепатопротекції [2, 5].

Таким чином з огляду на потужний біологічно активний комплекс насіння кунжуту, доцільно застосовувати його як компонент у складі продуктів для раціонального харчування спортсменів. Але однією з важливих особливостей кунжутного насіння, як і насіння більшості олійних культур, є наявність антиліментарних факторів, зокрема інгібіторів протеолітичних ферментів [2, 6]. Ці білки утворюють з ферментами стійкі комплекси, у складі яких ферменти повністю втрачають свої каталітичні властивості. Для олійного насіння та бобових культур є найбільш вивченими білки – інгібітори протеолітичних ферментів, насамперед трипсину і хімотрипсину. Біологічна роль білків-інгібіторів полягає в їх здатності оборотно зв'язувати власні протеолітичні ферменти і переводити їх в неактивний стан. Це запобігає передчасному (до проростання) гідролізу запасних білків насіння. Крім того, білки-інгібітори нейтралізують чужорідні ферменти, що вводяться в насіння комахами-шкідниками і ферменти мікрофлори, яка ушкоджує насіння. Білки-інгібітори мають деякі загальні властивості: вони низькомолекулярні, розчинні у воді або в розведених розчинах кислот; вони

виключно термостійкі, деякі навіть витримують короткочасне кип'ятіння у воді, не втрачаючи активності; в їх складі дуже мало або практично немає амінокислот триптофану, метіоніну і дуже високий вміст цистеїну і проліну; кожен інгібітор має власний активний центр або центри, які взаємодіють з активним центром ферменту, що інгібується [7, 8].

Присутність в насінні олійних культур великої кількості білків-інгібіторів набагато зменшує ступінь засвоєваності білків. Тому при технологічній переробці олійного насіння мають бути передбачені операції, що забезпечують надійну інактивацію інгібіторів ферментів. З цією метою застосовують інтенсивну вологотеплову обробку подрібненого і знежиреного насіння, термоекструзію, і деякі інші методи, які, в свою чергу, викликають денатурацію запасних білків насіння, тим самим знижуючи їх біологічну цінність [6, 9, 10]. Тому тільки збереження унікального хімічного складу олійного насіння, зокрема насіння кунжуту, з одночасною інактивацією антиаліментарних речовин створює широкі можливості для комплексного використання даної олійної сировини при промисловій переробці, особливо у напрямку створення спеціалізованих продуктів, зокрема спортивного харчування, що призначене для вживання у їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період [11 – 14].

Отже розробки, які направлені на створення нових видів спортивного харчування на базі насіння олійних культур з інактивованим антиаліментарним комплексом, зокрема кунжуту, є актуальними та перспективними для застосування в умовах багатоденних змагань, важкої ненормованої праці, а також в умовах проведення бойових дій.

Мета дослідження – визначення раціональних параметрів інактивації антиаліментарного комплексу насіння кунжуту для його подальшого застосування в технології спортивного харчування.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

– дослідити вплив початкової вологості і часу обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту;

– встановити раціональні умови попередньої обробки насіння кунжуту для інактивації антиаліментарних факторів;

– дослідити особливості використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст для спортивного харчування;

– визначити вплив вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст.

Результати досліджень.

На першому етапі роботи проведено дослідження впливу початкової вологості і часу обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Дані щодо впливу величини зволоження подрібненого насіння кунжуту та часу обробки надвисокочастотним випромінюванням з частотою 2450 МГц на

ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів, який прямо пропорційно залежить від вмісту амінного азоту після ферментативного гідролізу білка, відображені на рис. 1.

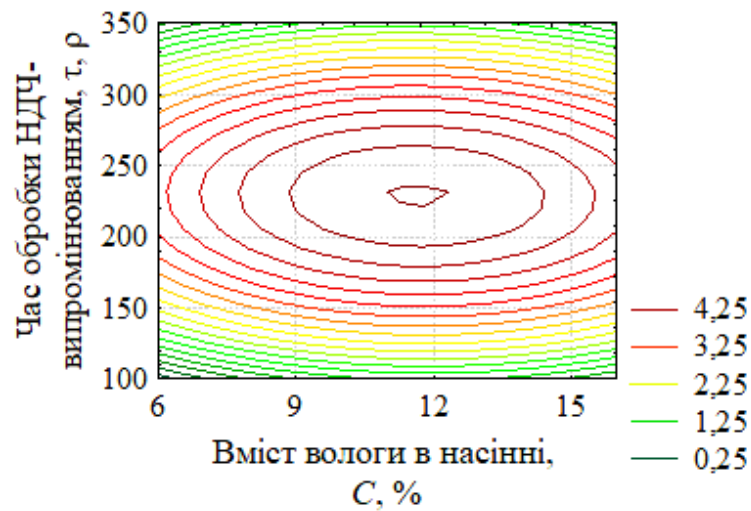


Рисунок 1 – Залежність вмісту амінного азоту після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту від величини зволоження та тривалості обробки надвисокочастотним випромінюванням НВЧ-випромінюванням 220-240 с

Відповідно до експериментальних даних відбувається збільшення вмісту амінного азоту з 0,25% до 4,25% і вище після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту при збільшенні його початкової вологості з 9% до 12%. Це свідчить про термічну денатурацію інгібіторів протеїназ зволоженого олійного насіння при обробці надвисокочастотним випромінюванням. Варто відзначити, що вміст амінного азоту після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту зі збільшенням часу попередньої обробки надвисокочастотним випромінюванням з 240-250 с. до 350 с. і зі збільшенням початкової вологості основи з 13% до 16% зменшується. Очевидно, це пов'язано з тим, що за більш жорстких умов обробки відбувається необоротна денатурація білків насіння, що знижує їхню доступність для протеолітичних ферментів (в умовах дослідження використано ферментний препарат *Distizym Protacid Extra* – кислу грибну пептидазу, яка руйнує білки до амінокислот, з подальшим визначенням розчинного амінного азоту як показника ефективності дії пептидази). Варто відзначити, що для насіння кунжуту раціональний діапазон зволоження є доволі широким – 8...15%.

Розраховано апроксимаційні моделі впливу зволоження і часу обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації антиаліментарних факторів – інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Рівняння, що описують залежність вмісту амінного азоту після ферментативного гідролізу білка від величини зволоження та тривалості обробки надвисокочастотним випромінюванням для насіння кунжуту наступне:

$$C_{ANses} = 11,2409 + 0,8292 \cdot w + 0,0978 \cdot \tau - 0,0342 \cdot w^2 + 0,0001 \cdot w \cdot \tau - 0,0002 \cdot \tau^2, \quad (1)$$

(в межах $w = 10 \dots 15\%$, $\tau = 100 \dots 350$ с),

де C_{ANses} – вміст амінного азоту, % від вмісту білка в насінні кунжуту;
 τ – час обробки сировини надвисокочастотним випромінюванням, с;
 w – вихідна вологість сировини, %.

Варто відзначити, що вміст амінного азоту після ферментативного гідролізу білка в контрольному досліді (без зволоження насіння і обробки надвисокочастотним випромінюванням) складає $0,25 \pm 0,10\%$ для насіння кунжуту, що свідчить про перевагу запропонованого технологічного рішення щодо інактивації інгібіторів протеїназ в олійному насінні.

На основі аналізу рівняння (1) і графічної залежності (рис. 1) встановлено раціональні умови попередньої обробки насіння кунжуту: зволоження 10-13%, час обробки НВЧ-випромінюванням 220-240 с.

Вказані діапазони параметрів обробки дозволяють підвищувати біологічну цінність вказаної олійної сировини через інактивацію інгібіторів протеолітичних ферментів.

На другому етапі роботи проведено дослідження особливостей використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст підвищеної харчової цінності для спортивного харчування, що призначене для вживання у їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період.

Вибір шоколадної пасти як об'єкту збагачення насінням кунжуту ґрунтується на тому, що даний продукт, незважаючи на калорійність і високий вміст жирів, використовується в спортивному і дієтичному харчуванні. В його складі мають міститись повноцінні білки, ненасичені жири, антиоксиданти, клітковина, а також вітаміни і мікроелементи. Шоколадна паста відповідно до ДСТУ 7374:2013 «Пасти шоколадні. Технічні умови» представляє собою однорідну тонкоподрібнену пластичну масу, що складається з цукру, какао-порошку з додаванням або без додавання горіхів або інших культур, харчових добавок та інших видів сировини, з масовою часткою жиру 28–36%. В лабораторних умовах отримано шоколадну пасту за модельною рецептурою, що представлена в табл. 1.

Таблиця 1 – Модельна рецептура шоколадної пасти

Найменування сировини	Суша речовина (СР), %	Витрата сировини, кг	
		в натурі	в СР
Какао-порошок	99,90	160,00	159,84
Цукрова пудра	99,85	220,00	219,67
Сухе знежирене молоко	96,00	140,00	134,40
Спред	75,00	485,00	360,00
Вихід	87,40	1000,00	873,91

Компоненти шоколадної пасти за своїми фізико-хімічними показниками відповідають чинній нормативній документації.

Для визначення впливу вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст проведено органолептичне оцінювання дослідних зразків, в ході якої продукцію оцінювали за зовнішнім виглядом, однорідністю, пластичністю, кольором, смаком і ароматом. Рецептурний склад модельних зразків представлено у табл. 2.

Таблиця 2 – Рецептурний склад модельних зразків шоколадних паст з насінням кунжуту

Найменування компоненту	Модельні зразки				
	1	2	3	4	5
Какао-порошок,%	16,00	15,20	14,40	13,60	12,80
Цукрова пудра,%	22,00	20,90	19,80	18,70	17,60
Сухе знежирене молоко,%	14,00	13,30	12,60	11,90	11,20
Спред,%	48,00	45,60	43,20	40,80	38,40
Подрібнене насіння кунжуту,%	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Всього,%	100,00				

Результати органолептичного оцінювання отриманих зразків з різним вмістом насіння кунжуту відображені в профілограмі яка представлена на рис. 2.

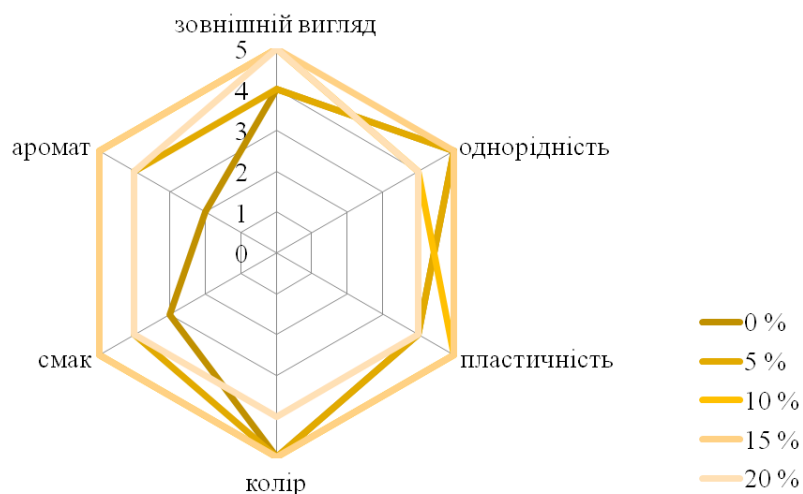


Рисунок 2 – Профілограма шоколадних паст з різним вмістом насіння кунжуту

З профілограми шоколадних паст з різним вмістом насіння кунжуту (рис. 2) видно, що дане олійне насіння в складі шоколадної пасти впливає на

смак, аромат і пластичність, які у дослідних зразків вище, ніж у контрольного, що не містить насіння кунжуту. Зокрема, в дослідних зразках шоколадних паст проявляється характерний пікантний горіховий аромат і смак; довше зберігається відчуття «наповненості» у роті («*mouth-feeling*»). Подальше збільшення дозування добавки – понад 15%, в свою чергу, спричиняє появу борошнистого присмаку і гіркуватого присмаку. Таким чином, виходячи з результатів органолептичного оцінювання, обрано ефективну концентрацію насіння кунжуту в шоколадній пасті на рівні 15%. За органолептичними показниками розроблений продукт відповідає вимогам вітчизняної нормативної документації ДСТУ 7374:2013 «Пасти шоколадні. Технічні умови». У подальшому, отриманий продукт підвищеної харчової цінності може використовуватися для вживання в їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період.

Висновки. Досліджено вплив початкової вологості і часу обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Відбувається збільшення вмісту амінного азоту з 0,25% до 4,25% і вище після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту при збільшенні часу попередньої обробки надвисокочастотним випромінюванням з 9% до 12%. Вміст амінного азоту після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту зі збільшенням часу попередньої обробки надвисокочастотним випромінюванням з 240- 250 с. до 350 с. і зі збільшенням початкової вологості основи з 13% до 16% зменшується.

Встановлено раціональні умови попередньої обробки насіння кунжуту для інактивації антиаліментарних факторів: зволоження до 10-13%, час обробки НДЧ-випромінюванням 220-240 с.

Досліджено особливості використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст підвищеної харчової цінності для харчування спортсменів. Проведено органолептичне оцінювання дослідних зразків з різним вмістом кунжутного насіння, в ході якого продукцію оцінювали за зовнішнім виглядом, однорідністю, пластичністю, кольором, смаком і ароматом.

Визначено вплив вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст. Подрібнене насіння кунжуту в складі шоколадної пасти впливає на смак, аромат і пластичність, показники яких у дослідних зразків вище, ніж у контрольному, що не містить насіння кунжуту. Зокрема, в дослідних зразках шоколадних паст проявляється характерний пікантний горіховий аромат і смак; довше зберігається відчуття «наповненості» у роті («*mouth-feeling*»). Обрано ефективну концентрації насіння кунжуту в шоколадній пасті на рівні 15%. Отриманий продукт підвищеної харчової цінності може використовуватися для вживання в їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період.

Лірэпарыта

1. Belinska A., Bochkarev S., Varankina O., Rudniev V., Zviahintseva O., Bielykh I., Khosha V., Rudnieva K. Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 5/11 (101). P. 6-14. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908.
2. Mai X., Wang Zh. A comprehensive review of bioactive compounds and processing technology of sesame seed. *Oil Crop Science*. 2022. Is. 7, № 2, P. 88-94. https://doi.org/10.3390/ijms23179573.
3. Embaby H. E. Effect of Heat Treatments on Certain Antinutrients and in vitro Protein Digestibility of Peanut and Sesame Seeds. *Food Science and Technology Research*. 2011. №17 (1), P. 31-38. https://doi.org/10.3136/fstr.17.31.
4. Zhou Sh., Zou H. Preparations and antioxidant activities of sesamol and its derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2021. № 31. P. 127716. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127716.
5. Kahyaoglu T., Kaya S. Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*. 2006. №75. P. 167-177. HTTPS://DOI.ORG/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.011.
6. Johnson L. A., Suleiman T. M., Lucas E. M. Sesame protein: A review and prospectus. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 1979. № 56, P. 463-468. https://doi.org/10.1007/BF02671542.
7. Mossor G., Skupin J., Romanowska B. Plant inhibitors of proteolytic enzymes. *Molecular Nutrition & Food Research*. 1984. Is. 28, № 1. P. 93-112. https://doi.org/10.1002/food.19840280122.
8. Birk, Y. Protease Inhibitors of Plant Origin and Role of Protease Inhibitors in Human Nutrition Overview. In: Troll, W., Kennedy, A.R. *Protease Inhibitors as Cancer Chemopreventive Agents*. 1993. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2882-1_5.
9. Rackis J. J., Wolf W. J., Baker E. C. Protease Inhibitors in Plant Foods: Content and Inactivation. *Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods*. 1986. №199, P. 299-347. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0022-0_19.
10. Wynn J. P., Kendrick A., Ratledge C. Sesamol as an inhibitor of growth and lipid metabolism in *Mucor circinelloides* via its action on malic enzyme. *Lipids*. 1997. № 32 (6), P. 605–610. https://doi.org/10.1007/s11745-997-0077-1.
11. Close G. L., Hamilton D. L., Philp A. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free radical biology and medicine*. 2017. № 98, P. 144-158. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016.
12. Cannataro R., Straface N., Cione E. Nutritional supplements in combat sports: What we know and what we do. *Human Nutrition & Metabolism*. 2022. № 29, P. 200155. https://doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200155.
13. Ashbaugh A., McGrew C. The Role of Nutritional Supplements in Sports Concussion Treatment. *Current sports medicine reports*. 2016. Is. 15, № 1, P. 16-19. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000219.

14. Бочкарев С. В., Папченко В. Ю., Матвеева Т. В., Белінська А. П., Руднєв В. А. Розробка білково-жирової основи цукристих кондитерських виробів для харчування спортсменів. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2016. № 5/3 (31), С. 58-64. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.81142>.

Bibliography (transliterated)

1. Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Bielykh, I., Khosha, V., Rudnieva, K. (2019). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 5/11 (101). P. 6-14. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908.

2. Mai, X., Wang, Zh. (2022). A comprehensive review of bioactive compounds and processing technology of sesame seed. *Oil Crop Science*. Is. 7. № 2, P. 88-94. <https://doi.org/10.3390/ijms23179573>.

3. Embaby, H. E. (2011). Effect of Heat Treatments on Certain Antinutrients and in vitro Protein Digestibility of Peanut and Sesame Seeds. *Food Science and Technology Research*. №17 (1), P. 31–38. <https://doi.org/10.3136/fstr.17.31>.

4. Zhou, Sh., Zou, H. (2021). Preparations and antioxidant activities of sesamol and its derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. № 31. P. 127716. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127716>.

5. Kahyaoglu, T., Kaya, S. (2006). Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*. №75, P. 167-177. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.011](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.011).

6. Johnson, L. A., Suleiman, T. M., Lucas, E. M. (1979). Sesame protein: A review and prospectus. *Journal of the American Oil Chemists Society*. № 56, P. 463-468. <https://doi.org/10.1007/BF02671542>.

7. Mossor, G., Skupin, J., Romanowska, B. (1984). Plant inhibitors of proteolytic enzymes. *Molecular Nutrition & Food Research*. Is. 28, № 1, P. 93-112. <https://doi.org/10.1002/food.19840280122>.

8. Birk, Y. Protease Inhibitors of Plant Origin and Role of Protease Inhibitors in Human Nutrition Overview. In: Troll, W., Kennedy, A.R. *Protease Inhibitors as Cancer Chemopreventive Agents*. 1993. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2882-1_5.

9. Rackis, J. J., Wolf, W. J., Baker, E. C. (1986). Protease Inhibitors in Plant Foods: Content and Inactivation. *Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods*. №199, P. 299-347. https://doi.ORG/10.1007/978-1-4757-0022-0_19.

10. Wynn, J. P., Kendrick, A., Ratledge, C. (1997). Sesamol as an inhibitor of growth and lipid metabolism in *Mucor circinelloides* via its action on malic enzyme. *Lipids*. № 32 (6), P. 605-610. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/s11745-997-0077-1](https://doi.ORG/10.1007/s11745-997-0077-1).

11. Close, G. L., Hamilton, D. L., Philp, A. (2017). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free radical biology and medicine*. № 98, P. 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016>.

12. Cannataro, R., Straface, N., Cione, E. (2022). Nutritional supplements in combat sports: What we know and what we do. *Human Nutrition & Metabolism*. № 29, P. 200155. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200155>.

13. Ashbaugh, A., McGrew, C. (2016). The Role of Nutritional Supplements in Sports Concussion Treatment. *Current sports medicine reports*. Is. 15, № 1, P. 16–19. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000219>.

14. Bochkarev, S. V., Papchenko, V. Yu., Matvieieva, T. V., Bielinska, A. P., Rudniev V. A. (2016). Rozrobka bilkovozhyrovoi osnovy tsukrystykh kondyterskykh vyrobiv dlia kharchuvannia sportsmeniv [Development of a protein-fat base of sugary confectionery products for sportsmens nutrition]. *Tekhnolohichniy audyt ta rezervy vyrobnytstva*. № 5/3(31), C. 58-64. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.81142>. [in Ukrainian].

УДК 664.3

СТАБІЛІЗАЦІЯ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ У НАПОЇ НА ОСНОВІ ШРОТІВ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

І.П. ПЕТИК, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;
А.П. БЄЛІНСЬКА, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

В статті подано інформацію щодо дослідження впливу антиоксидантів на стабілізацію ліпідної складової сухої суміші гіпертонічного напою для спортсменів на основі жмихів олійних культур. Здатність до окиснення базової суміші білоквмісної сировини обумовлює необхідність використання в технології гіпертонічного напою антиоксидантів. Обґрунтовано необхідність внесення і досліджено технологічні властивості антиоксидантів у базовій суміші білоквмісної сировини для гіпертонічного напою – суміші токоферолів 30% ІР сухої (Е 306) і аскорбінової кислоти (Е 306). Отримано нові наукові дані щодо раціонального вмісту комплексного антиоксиданту (комбінації Е 300 і Е 306) в сухій суміші на базі жмихів кунжуту і льону, а також концентрату сироваткового білку – 350 мг/кг продукту (вміст Е 306 у комплексному антиоксиданті – 30 %, Е 300 – 70 %).

Ключові слова: шрот, олійні культури, суха суміш, напій для харчування спортсменів, окиснення ліпідів, антиоксиданти.

Вступ. Результати досліджень потреб спортсменів в есенціальних нутрієнтах [1, 2] показують, що спеціалізовані продукти для них мають містити в своєму складі ряд біологічно активних речовин в підвищеній кількості та збалансованому співвідношенні. Це незамінні амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти ω -3 групи, антиоксиданти, гепатопротектори, вітаміни та мінеральні речовини. На сьогоднішній день вітчизняний ринок харчових продуктів для спортсменів динамічно розвивається. Згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 739, продуктами харчування для спортсменів називаються продукти харчування та біологічно активні добавки до їжі, що використовуються спортсменами в період підготовки, змагань чи відновлення сил і не є фармакологічними засобами корекції працездатності.

В останнє десятиліття в ряді країн все більша увага приділяється розробкам технологій порошкоподібних сумішей для напоїв оздоровчого призначення, зокрема для харчування спортсменів [3]. Паралельно набувають розвитку технології з переробки нативної сировини із застосуванням процесів мінімальної термічної обробки при отриманні сухих напівфабрикатів з ягід, плодів, спецій, лікарських трав, овочів (надземної і кореневої структури) та інших видів харчової натуральної сировини [4]. Технології включають сублімаційний і повітряний способи сушіння з

наступним подрібненням сухих напівфабрикатів. Технології порошкоподібних сумішей напоїв для харчування спортсменів дозволяють виробляти готові продукти з використанням натуральної сировини, біологічно активних і харчових добавок. Один із критеріїв, що визначають перспективу впровадження таких технологій, – попит готового продукту на вітчизняному споживчому ринку [3, 5]. Однією з переваг порошкоподібних сумішей є тривалий термін придатності (від 12 до 36 місяців) при збереженні реологічних, органолептичних властивостей і біологічної цінності продукції [6]. Розвиток технологій порошкоподібних сумішей в різних країнах має свої напрямки з урахуванням специфіки сировинної бази, а також смакових традицій, що відображають національний колорит. Одна з провідних країн по виробництву порошкоподібних сумішей для напоїв – США. Основними виробниками порошкоподібних сумішей для напоїв є *General Foods Corporation*, *Gatorade*, *Powerade* та ін. [3–5]. Зокрема, виробник *General Foods Corporation* пропонує технології порошкоподібних напоїв способом розпилювального сушіння з використанням носіїв (декстринів, мальтозної патоки, камеді та ін.). Сухі суміші, що отримуються при цьому, зберігають високу якість протягом тривалих термінів придатності (до двох років) [3, 6].

Харчова галузь України має можливість увійти на споживчий ринок як виробник білково-жирових продуктів для раціонального харчування спортсменів. Сировинною базою для такої продукції можуть стати, окрім загальноживаного концентрату сироваткового білку, жмихи насіння олійних культур [7, 8]. Багатокомпонентні суміші жмихів олійної сировини відкривають широкі можливості для розробки продукції зі збалансованим амінокислотним складом, підвищеним вмістом ω -3 поліненасичених жирних кислот, вітамінів і мінеральних речовин [9, 10]. Необхідно також зазначити важливу роль біологічно активних сполук, що входять до складу олійної сировини, – фітостеринів. Означені сполуки мають антиоксидантну, антиатеросклеротичну, гепатопротекторну, протизапальну та імуномодулюючу дії, що вкрай актуально з огляду на особливості метаболізму спортсменів [11, 12]. Але варто відзначити, що олійна сировина, зокрема жмих лляного насіння, що є джерелом лабільних ω -3 поліненасичених жирних кислот, має потребу в стабілізації від окисного псування [13].

Існує ряд антиокислювачів, шляхом додавання яких стабілізується ліпідна складова білково-жирових сумішей. Поширено використання синтетичних антиоксидантів, зокрема бутилгідроксианізола (E 320) і бутилгідрокситолуола (E 321) [14], що є недоцільним через їх потенційну небезпеку. Дослідженнями [15] доведено можливість лише часткової заміни синтетичних антиоксидантів E 310, E 320, E 321 натуральними – токоферолами і аскорбілпальмітатом. В роботах [16, 17] розглянуто синергічні ефекти стабілізації ліпідної складової харчових продуктів комплексними антиоксидантами рослинного походження. Подібні антиоксиданти є досить ефективними, але мають високу вартість, що негативно позначається на можливості їх вибору виробником продукції. В

дослідженні [18] стабілізація лабільних ліпідів у білково-жирових сумішах вирішується шляхом застосування сировини, яка багата на природні антиоксиданти.

Мета дослідження – виявлення впливу антиоксидантів на стабілізацію ліпідної складової сухої суміші гіпертонічного напою для спортсменів на основі жмихів олійних культур. Розробка сухих сумішей гіпертонічних напоїв, стабілізованих від окисного псування, збагатить раціон харчування спортсменів, що має позитивно вплинути на їх повноцінне тренування та досягнення високих спортивних результатів.

Результати досліджень. Аналіз залежності кислотності бовтанки досліджуваних зразків порошкоподібної сировини для гіпертонічного напою, а також базової суміші для гіпертонічного напою від умов зберігання наведено на рис. 1. Зразки зберігалися за звичайних умов (температура 22–24 °С, відносна вологість 65–75 %) і за умов прискореного старіння (температура 40–42 °С, відносна вологість 65–75 %).

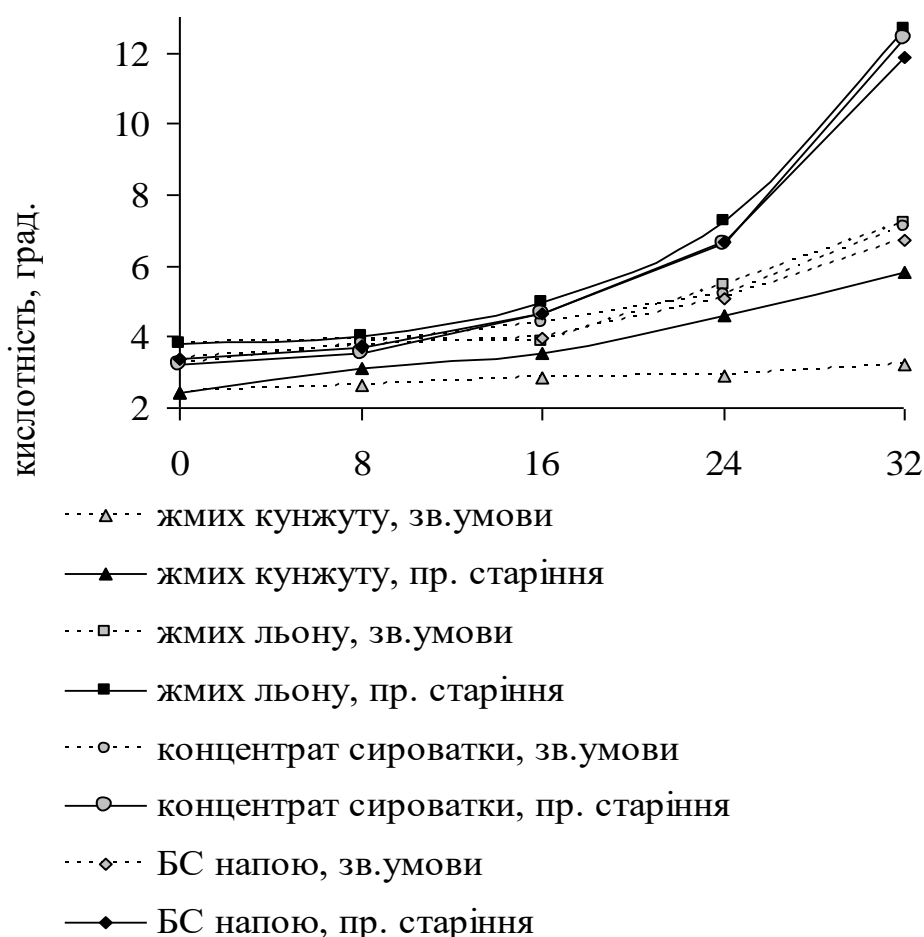


Рисунок 1 – Динаміка зміни кислотності бовтанки зразків, що досліджуються, від умов зберігання

Як видно з графіку на рисунку 1, найнижча окисна стабільність властива жмиху льону та концентратові сироваткового білку. Що стосується стабільності до окиснення ліпідної складової жмиху насіння кунжуту, вона є найвищою порівняно з рештою сировинних джерел. Очікувано, що це має пояснення в присутності у насінні кунжуті фуранових лігнанів, деякі з яких (сезамол, самін) мають антиоксидантні властивості [13].

Після аналізу отриманих даних стає очевидним неприйнятний рівень окисної стабільності базової суміші для гіпертонічного напою. Прийняте рішення щодо стабілізації ліпідної складової суміші від швидкого окисного псування за допомогою додавання харчових добавок – антиоксидантів, а також фізичних заходів – пакуванні готового продукту в середовищі інертних газів.

Ґрунтуючись на результатах огляду науково-патентних інформаційних джерел, пошук антиоксидантів для сухої суміші гіпертонічного напою проведено серед тих, що є натуральними або ідентичними натуральним і використовуються у складі порошкоподібних продуктів. Зокрема, це різні види токоферолів та їх похідні, аскорбінова кислота та її похідні, лецитин, рослинні екстракти тощо.

Антиоксидантами для стабілізації ліпідів сухої суміші гіпертонічного напою обрано харчові добавки, що мають виконувати в продукті комплексні функції: з одного боку, технологічні (гальмувати окисне псування ліпідної складової), а з іншого боку, біологічно активні (вітамінізувати готовий продукт, підвищити вміст у ньому антиоксидантів). Проведено дослідження ефективності таких антиоксидантів для підвищення строків придатності сухої суміші гіпертонічного напою:

- 1) E 306 – суміш токоферолів 30% *IP* суха (вміст 200 мг/кг);
- 2) E 300 – аскорбінова кислота (вміст 500 мг/кг);
- 3) суміш E 306 і E 300 (вміст E 306 – 100 мг/кг і E 300 – 250 мг/кг).

Залежність кислотності бовтанки досліджуваних зразків базової суміші гіпертонічного напою з антиоксидантами, що зберігалися за звичайних умов (температура 22–24 °С, відносна вологість 65–75 %) і за умов «прискороного старіння» (температура 40–42 °С, відносна вологість 65–75 %) від умов зберігання наведено на рис. 2.

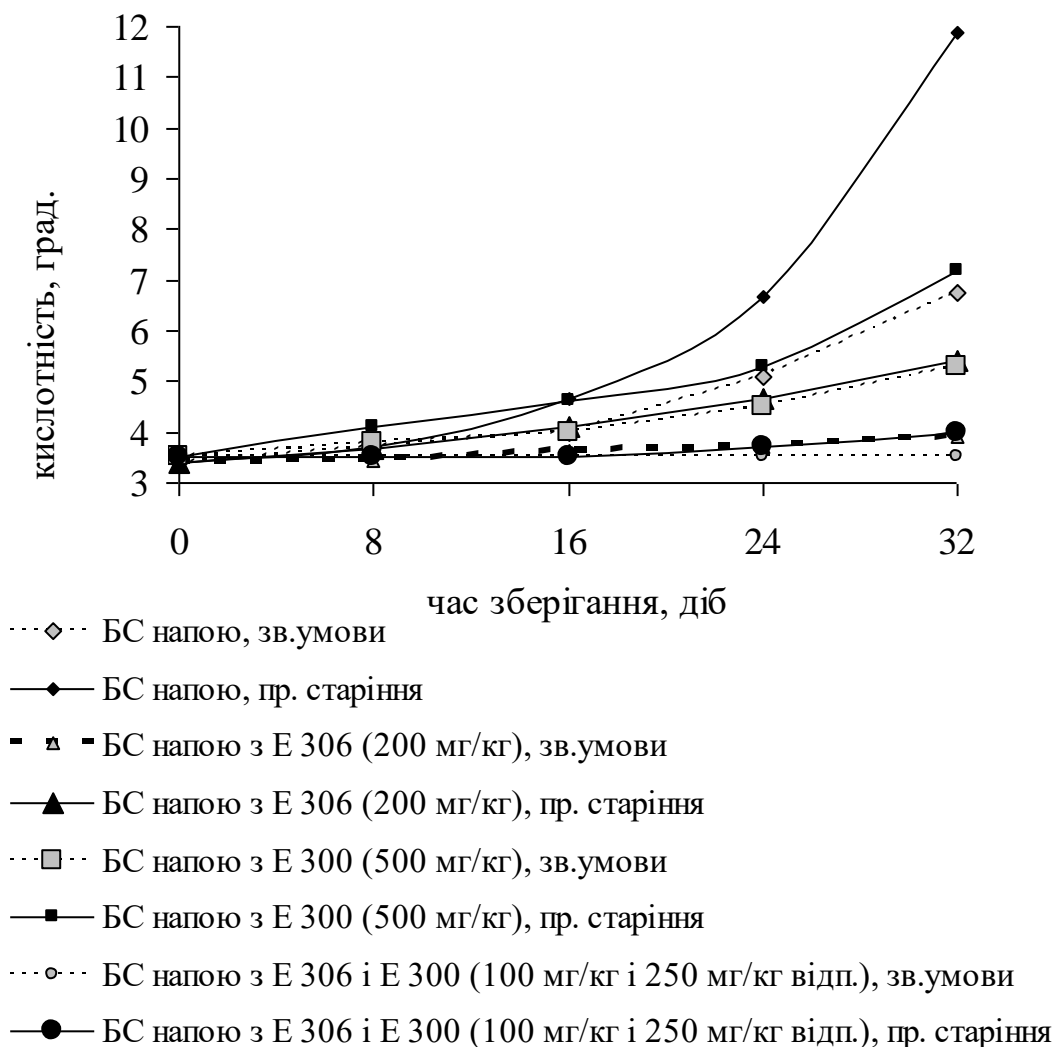


Рисунок 2 – Динаміка зміни кислотності бовтанки зразків, що досліджуються, від умов зберігання

Як видно з графіку на рисунку 2, найвища окисна стабільність властива базовій суміші гіпертонічного напою з додаванням обох антиоксидантів (Е 300 і Е 306) – за умови зберігання у звичайних умовах кислотність бовтанки не зросла, за умови зберігання за умов прискореного окиснення – зросла на 0,5°. Декілька меншу стабільність ліпідної складової до окиснення має базова суміш гіпертонічного напою з додаванням Е 306 (за умови зберігання у звичайних умовах кислотність бовтанки зросла на 0,5 °, за умови зберігання за умов прискореного окиснення – на 2,0°). Що стосується стабільності до окиснення ліпідної складової базової суміші гіпертонічного напою з додаванням Е 300, вона є найнижчою порівняно з рештою зразків (за умови зберігання у звичайних умовах кислотність бовтанки зросла на 1,8 °, за умови зберігання за умов прискореного окиснення – на 3,7°). Це має

пояснення в гідрофільній природі E 300, яка, як передбачається, здебільшого виконує функції хелатуючого агенту в подібних харчових системах.

Таким чином, спираючись на проведені дослідження, отримано нові наукові дані щодо раціонального вмісту комплексного антиоксиданту (комбінації E 300 і E 306) в сухій білоквмісній суміші на базі жмихів кунжуту і льону та концентрату сироваткового білку. Раціональний вміст комплексного антиоксиданту у базовій суміші для напою склав 350 мг/кг продукту (вміст E 306 у комплексному антиоксиданті – 30 %, E 300 – 70 %).

Висновки. Експериментально визначено динаміку зміни кислотності бовтанки зразків білоквмісної сировини, а також базової суміші гіпертонічного напою від умов зберігання – як за звичайних умов, так і за умов прискореного старіння. Визначено, що окисна стабільність базової суміші для гіпертонічного напою є неприйнятною згідно з вимогами для порошкоподібних сумішей. Експериментально визначено динаміку зміни кислотності бовтанки зразків базової суміші гіпертонічного напою з антиоксидантами від умов зберігання – як за звичайних умов, так і за умов прискореного старіння. Обґрунтовано необхідність внесення і досліджено технологічні властивості антиоксидантів у базовій суміші білоквмісної сировини для гіпертонічного напою – суміші токоферолів 30% *IP* сухої (E 306) і аскорбінової кислоти (E 306). Отримано нові наукові дані щодо раціонального вмісту комплексного антиоксиданту (комбінації E 300 і E 306) в сухій суміші на базі жмихів кунжуту і льону, а також концентрату сироваткового білку – 350 мг/кг продукту (вміст E 306 у комплексному антиоксиданті – 30 %, E 300 – 70 %).

Література

1. *Kerksick Ch. M., Arent Sh., Schoenfeld B. J.* International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the international society of sports nutrition*. 2017. V. 14. P. 33. doi: 10.1186/s12970-017-0189-4
2. *Chevront S. N., Kenefick R. W., Charkoudian N.* Efficacy of Glucose or Amino Acid-Based Commercial Beverages in Meeting Oral Rehydration Therapy Goals After Acute Hypertonic and Isotonic Dehydration. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2018. V. 42 (7). P 1185-1193.
3. *Притульська Н. В.* Сучасні тенденції ринку спортивного харчування. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1 (18). С. 49–52.
4. *Close G. L., Hamilton D. L., Philp A.* New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free radical biology and medicine*. 2017. V. 98. P. 144–158. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016
5. *Gibala M. J.* Nutritional Strategies to Support Adaptation to High-Intensity Interval Training in Team Sports. *Nutritional coaching strategy to modulate training efficiency*, 2013. – V. 75, P 41–49. doi.org/10.1159/000345817
6. *Спиричев В. Б., Шатнюк Л. Н.* Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: современные медико-биологические аспекты. *Пищевая промышленность*. 2000. № 7. С. 98–101.

7. Бочкарев С. В., Папченко В. Ю., Матвеева Т. В. et al. Розробка білково-жирової основи цукристих кондитерських виробів для харчування спортсменів. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. № 5/3 (31). С. 58-64. Doi: 10.15587/2312-8372.2016.81142

8. Литвиненко О.А., Котелевська А.А., Конєв М.Д. et al. Дослідження впливу підготовки ядра соняшнику до екстракції на якість харчового шроту. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 2009. № 37. С. 108–113.

9. Papchenko V., Matveeva T., Bochkarev S. et al. Development of amino acid balanced food systems based on wheat flour and oilseed meal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. V. 3/11 (105). P. 66–76. Doi: doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203664

10. Al Mijan M., Lim B. O. Diets, functional foods, and nutraceuticals as alternative therapies for inflammatory bowel disease: Present status and future trends. *World journal of gastroenterology*. 2018. V. 24. Is. 25. P. 2673–2685. doi: 10.3748/wjg.v24.i25.2673

11. Santas J., Codony R., Rafecas M. Phytosterols: Beneficial Effects. *Natural Products*. 2013. V. 113. P. 3437–3464. doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_149

12. Ostlund R. E., Racette S. B., Stenson W. F. Inhibition of cholesterol absorption by phytosterol-replete wheat germ compared with phytosterol-depleted wheat germ. *American Journal Clinical Nutrition*. 2003. V. 77. Is. 6. P. 1385. doi.org/10.1093/ajcn/77.6.1385

13. Belinska A., Bochkarev S., Varankina O. et al. Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. V. 5/11 (101). P. 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908>

14. Chen W., Liang G., Li Zh. X. Effects of soy proteins and hydrolysates on fat globule coalescence and meltdown properties of ice cream. *Food Hydrocolloids*. 2019. V. 94. P. 279–286. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.045

15. Некрасова Т. Э. Натуральные антиоксиданты для масложировой продукции. *Масла и жиры*. 2005. № 4. С. 2–3.

16. Ananieva V., Krichkovska L., Belinska A. et al. Research of dry plant concentrates – ingredient of a food health improvement. *Eureka: Physics and Engineering*. 2016. V. 4. P. 17–24. doi:10.21303/2461–4262.2016.000124

17. Bilous O., Sytnik N., Bukhhalo S et al. Development of a food antioxidant complex of plant origin. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 2019. V. 6/11 (102). P. 66–73. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442>

18. Bochkarev S., Matveeva T., Krichkovska L. et al. Research of the oilseeds ratio on the oxidative stability of the protein-fat base for sportsmen. *Technology audit and production reserves*. 2017. № 2/3 (34). P. 8–12. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.96665>.

Bibliography (transliterated)

1. Kerksick, Ch. M., Arent, Sh., Schoenfeld, B. J. (2017). International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the international society of sports nutrition*, 14, 33. doi: 10.1186/s12970-017-0189-4
2. Chevront, S.N., Kenefick, R.W., Charkoudian, N. (2018). Efficacy of Glucose or Amino Acid-Based Commercial Beverages in Meeting Oral Rehydration Therapy Goals After Acute Hypertonic and Isotonic Dehydration. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 42 (7), 1185-1193. doi: 10.1002/jpen.1142
3. Prytul'ska, N. V. (2012). Suchasni tendentsii rynku sportyvnoho kharchuvannia [Current trends in the sports nutrition market]. *Food science and technology*, 1 (18), 49–52 [In Ukrainian].
4. Close, G. L., Hamilton, D. L., Philp, A. (2017). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free radical biology and medicine*, 98, 144–158. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016
5. Gibala, M. J. (2013). Nutritional Strategies to Support Adaptation to High-Intensity Interval Training in Team Sports. *Nutritional coaching strategy to modulate training efficiency*, 75, 41–49. doi.org/10.1159/000345817
6. Spyr'ychev, V. B., Shatniuk, L. N. (2000). Obohashchenye pyshchevikh produktov mykronutryentamy: sovremennye medyko-byolohycheskye aspekty [Micronutrient fortification of food: modern medical and biological aspects]. *Food industry*, 7, 98–101 [In Russian].
7. Bochkarev, S. V., Papchenko, V. Yu., Matvieieva, T. V., Bielinska, A. P., Rudniev, V. A. (2016). Rozrobka bilkovo-zhyrovoi osnovy tsukrystykh kondyterskykh vyrobiv dlia kharchuvannia sportsmeniv [Development of protein-fat base of sugar confectionery for athletes]. *Technological audit and production reserves*, 5/3 (31), 58-64 [In Ukrainian]. DOI: 10.15587/2312-8372.2016.81142
8. Lytvynenko, O.A., Kotelevska, A.A., Koniev, M.D., Hladkyi F.F. (2009). Doslidzhennia vplyvu pidhotovky yadra soniashnyku do ekstraktsii na yakist kharchovoho shrotu [Investigation of the influence of sunflower kernel preparation for extraction on the quality of food meal]. *Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*, 37, 108–113 [In Ukrainian].
9. Papchenko, V., Matveeva, T., Bochkarev, S., Belinska, A., Kunitsa, E., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O., Polkovnychenko, D., Shcherbak, S. (2020). Development of amino acid balanced food systems based on wheat flour and oilseed meal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/11 (105), 66–76. doi: doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203664
10. Al Mijan, M., Lim, B. O. (2018). Diets, functional foods, and nutraceuticals as alternative therapies for inflammatory bowel disease: Present status and future trends. *World journal of gastroenterology*, 24, 25, 2673–2685. doi: 10.3748/wjg.v24.i25.2673
11. Santas, J., Codony, R., Rafecas M. (2013). Phytosterols: Beneficial Effects. *Natural Products*, 113, 3437–3464. doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_149

12. Ostlund, R. E., Racette, S. B., Stenson, W. F. (2003). Inhibition of cholesterol absorption by phytosterol-replete wheat germ compared with phytosterol-depleted wheat germ. *American Journal Clinical Nutrition*, 77, 6, 1385. doi.org/10.1093/ajcn/77.6.1385
13. Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Bielykh, I., Khosha, V., Rudnieva K. (2018). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/11 (101), 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908>
14. Chen, W., Liang, G., Li, X., He, Zh. (2019) Effects of soy proteins and hydrolysates on fat globule coalescence and meltdown properties of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 94, 279–286. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.045
15. Nekrasova, T. E. (2005). Naturalnyie antioksidanty dlya maslozhirvoy produktsii [Natural antioxidants for fat and oil products]. *Oils and fats*, 4, 2–3 [In Russian].
16. Ananieva, V., Krichkovska, L., Belinska, A., Dubonosov, V., Petrov, S. (2016). Research of dry plant concentrates – ingredient of a food health improvement. *Eureka: physics and engineering*, 4, 17 – 24. doi:10.21303/2461-4262.2016.000124
17. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 6/11 (102), 66–73. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442>
18. Bochkarev, S, Matveeva, T., Krichkovska, L., Petrova, I., Petrov, S., Belinska, A. (2017). Research of the oilseeds ratio on the oxidative stability of the protein-fat base for sportsmen. *Technology audit and production reserves*, 2/3 (34), 8–12. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.96665>.

УДК 665.3

РОЗРОБКА БОРОШНЯНИХ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ШРОТІВ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Т. В. МАТВЄЄВА, канд. техн. наук, с.н.с., доцент, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України

В.Ю. ПАПЧЕНКО, канд. техн. наук, с.н.с., Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України

За амінокислотним складом білок пшеничного борошна вищого гатунку є далеким від білку, який прийнято за еталон. В білку борошна пшениці лімітованими є такі важливі амінокислоти як сірковмісні – метіонін та цистин, – та, як і в інших зернових культурах, – лізин. Тому вважається, що борошно є перспективним продуктом для збагачення есенціальними інгредієнтами, адже воно є основою рецептур хліба та хлібобулочних виробів, які входять до щоденного харчового раціону кожної людини. В роботі із застосуванням математичних методів моделювання розроблено низку борошняних комбінованих систем із удосконаленим амінокислотним складом на основі борошна пшеничного та олієвмісної сировини, зокрема шротів сої, соняшнику та льону. Встановлено співвідношення компонентів у композиції шротів олійних культур, а саме – соєвий шрот:соняшниковий шрот:лляний шрот = 51:29:20 при якому амінокислотний склад білку буде максимально наближеним до еталонного. З'ясовано, що додавання до борошна від 10 до 20 % цієї композиції дає змогу одержати комбіновану систему з амінокислотним складом, максимально наближеним до формули білка, прийнятого за еталон. Визначено біологічну цінність білків змодельованих систем.

Ключові слова: олієвмісна сировина, олійні культури, шрот, амінокислоти, СКОР борошняні комбіновані системи, моделювання

Постановка проблеми. В харчуванні населення промисловорозвинених країн, в тому числі і України, в останні десятиріччя відбулися несприятливі зміни, які полягають в зростанні надлишкового споживання жирів, цукру, кухонної солі і в значному зменшенні в раціоні клітковини. Водночас відзначається дефіцит повноцінних білків, мінеральних речовин та вітамінів, поліненасичених жирних кислот, особливо ω -3, харчових волокон, антиоксидантів, окремих олігоцукорів. Білок – виконує роль будівельного матеріалу в процесі розвитку клітини та обміну речовин в організм, адже є джерелом незамінних амінокислот. Нестача білків у раціоні може призвести до зниження захисних властивостей організм. Основним джерелом харчового білку для сучасної людини є не тільки риба та м'ясо тварин, але і зернові та олійні культури [1]. Але білок багатьох зернових культур, і як наслідок продуктів харчування на його основі - хлібу та

хлібобулочних виробів, не є збалансованим. В наш час успішно вирішення подібних проблеми харчових продуктів лише за рахунок удосконалення агротехнологій культур, вже не можливе. А тому сучасні тенденції формування здорового раціону харчування диктують необхідність створення нових продуктів із підвищеною біологічною та фізіологічною цінністю. Найбільш підходящими об'єктами модифікації є продукти масового споживання, наприклад борошно, або харчові продукти на його основі – макаронні вироби, хліб або хлібобулочні вироби. Слід відзначити, що борошно пшеничне має низький уміст лізину. Низький уміст лізину може не викликати занепокоєння, якщо в харчовому раціоні в достатній кількості присутні продукти багаті на лізин, а саме молочні продукти, м'ясо, риба. Однак, коли в харчуванні підвищується питома вага хліба та інших зернових продуктів, то питання про способи підвищення умісту лізину в харчових продуктах масового споживання набуває дуже важливого значення. При розробці харчових виробів підвищеної біологічної цінності можна використовувати різні інгредієнти, але перспективним джерелом збагачення вважається сировина, яка одержана як побічний продукт під час виробництва основного продукту. До такої сировини відносяться вторинні продукти виробництва олій – макуха і харчовий шрот, зокрема конопляний [2], або гарбузового насіння [3], мигдалю [4], амаранту [5-7] або їх сумішей, наприклад, насіння льону, гарбуза, соняшнику, кунжуту [8]. Підвищений, порівняно з пшеничним борошном, уміст та біологічна цінність білка в макухах та шротах олійних культур дає можливість застосування останніх у харчових продуктах для підвищення їх харчової цінності. Отже, вирішення завдання отримання збалансованих за амінокислотним складом борошняних комбінованих систем на основі пшеничного борошна та вторинних продуктів переробки – шротів та макухи олійних культур є доцільним та актуальним.

Мета і основні задачі дослідження. Мета роботи – є наукове обґрунтування проектування борошняних комбінованих систем з підвищеним умістом білку, з поліпшеним амінокислотним складом на основі борошна та вторинних продуктів переробки олійного насіння – шротів насіння соняшнику, льону та сої

Для досягнення зазначеної мети роботи необхідно виконати наступні задачі:

- обґрунтовано обрати та встановити біологічну цінність вихідної сировини;

- змодельовати з використанням математичних методів композиції на основі вторинних продуктів переробки вітчизняного олійного насіння з заданим вмістом білку та амінокислотним складом. Встановити її біологічну цінність;

- змодельовати з використанням математичних методів борошняні комбіновані системи для подальшого використання в технологіях борошняних виробів. Встановити її біологічну цінність.

Результати роботи. Аналіз амінокислотного складу білку борошна пшеничного (табл. 1) свідчить про нестачу у ньому певних амінокислот.

Особливо він є бідним на лізин (СКОР 38,18 %) та сірковмісні амінокислоти – метіонін+цистин (СКОР 42,86 %). Компенсувати нестачу амінокислот і максимально наблизити їх вміст до показників еталонного білку можна з використанням методу моделювання композицій із шротів.

Таблиця 1 – Амінокислотний склад та біологічна цінність білків

АК	Шкала АК за ФАО/ВООЗ	Шрот соняшниковий харчовий		Шрот лялий харчовий		Шрот соевий харчовий		Борошно пшеничне	
		АК, г/100г	СКОР , %	АК, г/100г	СКОР , %	АК, г/100г	СКОР , %	АК, г/100г	СКОР , %
Валін	5,00	3,62	72,400	3,79	75,80	4,82	96,40	4,10	82,00
Ізолейцин	4,00	4,11	102,750	3,25	81,25	4,63	115,75	3,70	92,50
Лейцин	7,00	5,41	77,286	6,89	98,43	7,32	104,57	7,00	100,00
Лізин	5,50	3,21	58,364	4,49	81,64	6,09	110,73	2,10	38,18
Метіонін+ цистин	3,50	4,05	115,714	3,5	100,00	2,79	79,71	1,50	42,86
Треонін	4,00	3,59	89,750	4,09	102,25	3,64	91,00	2,72	68,00
Триптофан	1,00	1,41	141,000	2,39	239,00	1,35	135,00	1,10	110,00
Фенілаланін+ тірозин	6,00	5,24	87,333	7,7	128,33	7,61	126,83	7,30	121,67
Σ	36,0	30,640	85,111	36,63	101,75	38,58	107,17	29,52	82,00

За даними, наведеними у табл. 1, визначено, що білок шроту соєвого в порівнянні як з білком борошна пшеничного так і з білком соняшникового та лляного шротів містить найбільшу кількість лізину (СКОР 110,73 % проти 38,18 %; 58,364 % та 81,64 %, відповідно). Водночас білок шроту соєвого має нестачу за сірковмісними амінокислотами метіоніном та цистином (СКОР 79,71 %). Для білка соняшникового шроту в порівнянні із соєвим шротом характерне високий вміст сірковмісних амінокислот (СКОР 115,71 % проти 79,71 %) та зовсім невисокий вміст лізину (СКОР 57,38 %). Білки шроту льону мають кращий амінокислотний склад, ніж білки борошна. Адже, СКОР суми метіонін+цистин, що має антиоксидантні властивості, досягає 100,00 %, а СКОР лізину є вищим за білок борошна на 43,46 % та вміст становить 4,49 г/100г, вміст ароматичних амінокислот (фенілаланін+триптофан), здатних поліпшувати діяльність нервової системи, є вищим в порівнянні з білком борошна. До того ж, сумарний вміст незамінних амінокислот у білку лляного шроту є вищим, ніж у білку пшеничного борошна 36,63 проти 29,52 г/100 г. Але білок соєвого шроту в порівнянні з лляним характеризується високим вмістом лізину (6,09 проти 4,49 г/100 г), та нестачею сірковмісних амінокислот (2,79 проти 3,5 г/100 г). Завдяки присутності взаємодоповнюючих СКОРів лімітованих амінокислот можна

стверджувати, що білок композиції шротів може мати амінокислотний склад, який максимально наближений до ідеального білку. Компенсувати нестачу амінокислот і максимально наблизити їх вміст до показників еталонного білку можна з використанням методу моделювання композицій із шротів.

Задачу моделювання композиції соєвого, соняшникового та лляного шротів з удосконаленим амінокислотним складом можна вирішити, використовуючи дані умісту амінокислот еталонного білка та лімітованих амінокислот у білках шротів льону (це є лізин, адже СКОР становить 81,64%), соняшнику (це є лізин, адже СКОР становить 58,364%) та сої (це є сума сірковмісних амінокислот, адже СКОР становить 79,71%). Детальний розгляд створення композиції шротів з поліпшеним амінокислотним складом надано в [2]. Результати вмісту і СКОР незамінних амінокислот білка композиції соєвого, соняшникового та лляного шротів представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Амінокислотний склад та біологічна цінність білка композиції соєвого, соняшникового та лляного шротів

Незамінні амінокислоти	Вміст, г/100 г	СКОР, %
Валін	4,27	85,37
Ізолейцин	4,20	105,11
Лейцин	6,68	95,48
Лізин	4,94	89,83
Метіонін+цистін	3,29	94,14
Треонін	3,72	92,89
Триптофан	1,58	157,53
Фенілаланін+тірозин	6,95	115,76
Сума незамінних амінокислот	35,63	98,97

Як свідчать дані табл. 2, в композиції збільшено сумарний вміст білку. Порівнюючи амінокислотний СКОР композиції шротів та білку борошна пшеничного встановлено, що за такими амінокислотами, як лізин, сумою сірковмісних (метіонін+цистин) та треонін він піднявся в 0,7-2 рази. За такими амінокислотами, як ізолейцин, триптофан та сума фенілаланіна з тирозином, встановлений скор вище еталонного в 1,05–1,57 рази.

Виходячи з того, що 100 г соняшникового шроту містить 37 г білку, 100 г соєвого шроту – 47 г та 100 г лляного шроту – 32,6 г для одержання композиції соєвого, соняшникового та лляного шротів поліпшеного амінокислотного складу раціональне їх співвідношення становить 1,78:1,7:1 або у відсотковому відношенні 51:29:20. При такому співвідношенні амінокислотний склад білку суміші шротів найбільш наближений до еталонного.

Співвідношення компонентів борошняних комбінованих систем на основі борошна пшеничного і композиції соєвого, соняшникового та лляного шротів з удосконаленим амінокислотним складом обґрунтовано на основі

технологічних особливостей борошна пшеничного та його сумішей згідно з відповідними дослідженнями [2-9]. Результати розрахунків наведено в табл. 3.

Таблиця 3 - Амінокислотний склад білків комбінованих систем з суміші шротів (соєвого, соняшникового та лляного) та борошна пшеничного

Показник	Співвідношення компонентів (композиція шротів/борошно пшеничне), %										
	10/90	11/89	12/88	13/87	14/86	15/85	16/84	17/83	18/82	19/81	20/80
Незамінні амінокислоти:	Вміст амінокислот, г/100г										
Валін	4,15	4,15	4,16	4,16	4,16	4,17	4,17	4,17	4,18	4,18	4,18
Ізолейцин	3,84	3,86	3,87	3,88	3,91	3,90	3,91	3,91	3,92	3,93	3,94
Лейцин	6,91	6,90	6,89	6,89	6,88	6,87	6,87	6,86	6,86	6,85	6,85
Лізин	2,92	2,98	3,04	3,10	3,16	3,21	3,26	3,31	3,36	3,41	3,46
Метіонін+цистин	2,02	2,06	2,09	2,13	2,17	2,20	2,23	2,27	2,30	2,33	2,35
Треонін	3,01	3,03	3,05	3,07	3,09	3,11	3,13	3,15	3,16	3,18	3,20
Триптофан	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,31	1,32	1,33
Фенілаланін+тірозин	7,20	7,19	7,18	7,18	7,17	7,16	7,16	7,15	7,14	7,14	7,13
Сума незамінних амінокислот	31,28	31,42	31,55	31,81	31,80	31,91	32,03	32,13	32,24	32,34	32,44
Білок	Вміст білку, %										
	13,03	13,30	13,58	13,85	14,12	14,40	14,67	14,94	15,21	15,49	15,76

Задля визначення і аналізу біологічної цінності борошняних комбінованих систем розраховано амінокислотний СКОР їх білків. Результати розрахунку наведено в табл. 4.

Таблиця 4 - Амінокислотний скор білків комбінованих систем з суміші шротів (соєвого, соняшникового та лляного) та борошна пшеничного

Співвідношення компонентів композиція шротів/борошно пшеничне), %	Скор незамінних амінокислот, %							
	валін	ізолейцин	лейцин	лізин	метіонін+цистин	треонін	триптофан	фенілаланін+тірозин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10/90	82,98	96,11	98,68	53,08	57,62	75,21	123,85	119,98
11/89	83,06	96,39	98,58	54,24	58,76	75,77	124,92	119,85
12/88	83,13	96,65	98,48	55,34	59,85	76,31	125,95	119,73

Кінець табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13/87	83,20	96,91	98,39	56,41	60,91	76,82	126,94	119,61
14/86	83,27	97,81	98,30	57,43	61,92	77,32	127,89	119,49
15/85	83,33	97,40	98,21	58,41	62,90	77,80	128,81	119,38
16/84	83,39	97,63	98,13	59,36	63,83	78,25	129,69	119,27
17/83	83,45	97,85	98,04	60,27	64,74	78,70	130,54	119,17
18/82	83,51	98,06	97,97	61,15	65,61	79,12	131,35	119,07
19/81	83,57	98,27	97,89	62,00	66,45	79,53	132,14	118,98
20/80	83,62	98,46	97,82	62,82	67,26	79,93	132,90	118,88

Порівняння СКОРа окремих амінокислот у білку борошняних комбінованих систем за умови внесення 10 – 20% композиції шротів до борошна пшеничного (табл. 4) із СКОРом незамінних амінокислот білка борошна пшеничного (табл. 1), свідчить про відсутність суттєвої диспропорції між незамінними амінокислотами. Амінокислотний СКОР валіну, ізолейцину, лізину, метіоніну+цистину та треоніну харчових систем залишається меншим за 100%, але порівняно з борошном пшеничним уміст таких амінокислот підвищився і становить відповідно: 53,08 – 62,82% (лізину), 57,62 – 67,26% (метіоніну+цистину), 75,21– 79,93% (треоніну). СКОР валіну, ізолейцину та лейцину залишається високим, а саме: 82,98 – 83,62%, 96,11– 98,46% та 98,68– 97,82% відповідно.

Спостерігається перевищення за 100% СКОРу фенілаланіну (119,98 – 124,51%) і триптофану (123,85– 132,90%). Порівняння амінокислотних СКОРів харчових систем, наведених в табл. 3.6, дає змогу встановити рецептуру, яка має найбільшу біологічну цінність. Такою є рецептура з умістом 20% композиції шротів і 80% борошна пшеничного. У такій харчовій системі СКОР лімітованих амінокислот — лізину та сірковмісних (метіоніну і цистину) — максимально наближається до еталонного і становить 62,82% та 67,26%.

Тобто розроблені системи мають вищу біологічну цінність порівняно з борошном пшеничним. Слід відзначити, що технологічні особливості борошна пшеничного згідно [2–9] унеможливають збільшення вмісту композиції шротів олійних культур у борошняних комбінованих системах для додаткового підвищення їх біологічної цінності.

Висновки. Експериментально досліджено амінокислотний склад білків борошна пшеничного, лляного та соєвого шроту. Визначено, що у білку борошна пшеничного лімітованими амінокислотами є лізин (СКОР 38,18%) та сірковмісні — метіонін і цистин (СКОР 42,86%). Визначено, що білок шроту соєвого в порівнянні як з білком борошна пшеничного так і з білком соняшникового та лляного шротів містить найбільшу кількість лізину (СКОР 110,73 % проти 38,18 %; 58,364 % та 81,64 %, відповідно), але водночас має нестачу за сірковмісними амінокислотами метіоніном та цистином (СКОР 79,71 %). Для білка соняшникового шроту в порівнянні із соєвим шротом

характерне високий вміст сірковмісних амінокислот (СКОР 115,71 % проти 79,71 %) та зовсім невисокий вміст лізину (СКОР 57,38 %). Білки шроту льону мають кращий амінокислотний склад, ніж білки борошна: СКОР суми метіонін+цистин, які відповідають за антиоксидантні властивості, досягає 100,00 %; СКОР лізину є вищим за білок борошна на 43,46 % і становить 4,49 г/100г; вміст ароматичних амінокислот (фенілаланін+триптофан), здатних поліпшувати діяльність нервової системи, є вищим в порівнянні з білком борошна. Сумарний вміст незамінних амінокислот у білку лляного шроту є вищим, ніж у білку пшеничного борошна 36,63 проти 29,52 г/100 г. Але білок соєвого шроту в порівнянні з лляним характеризується високим вмістом лізину (6,09 проти 4,49 г/100 г), та нестачею сірковмісних амінокислот (2,79 проти 3,5 г/100 г). Визначено, що білок суміші соєвого, соняшникового та лляного шротів може мати амінокислотний склад, максимально наближений до ідеального білка. Розроблено композицію зазначених шротів, амінокислотний склад білка якої максимально наближений до еталонного. Співвідношення компонентів у композиції наступне: соєвий шрот : соняшниковий шрот : лляний шрот: = 51 : 29 : 20. Поєднання шротів у такому співвідношенні із борошном пшеничним зменшує дефіцит амінокислот білка одержаних систем. Розроблено харчові системи з удосконаленим амінокислотним складом і, відповідно, — підвищеною біологічною цінністю — порівняно з борошном пшеничним. Уміст борошна в них становить 90 – 80%, уміст композиції шротів – 10 – 20%. Досліджено амінокислотний склад і біологічну цінність кожної з одержаних борошняних комбінованих систем.

Література

1. Jahn, Jaquelyn L.; Stampfer, Meir J.; Willett, Walter C. Food, Health & the Environment: A Global Grand Challenge & Some Solutions // *Daedalus*, 2015. – V. 144. – Is. 4. – P. 31-44. doi.org/10.1162/DAED_a_00352.
2. Papchenko V., Matveeva T., Bochkarev S., Belinska A., Kunitsia E., Chernukha A., Bezuglov O., Bogatov O., Polkovnychenko D., Shcherbak S. Development of amino acid balanced food systems based on wheat flour and oilseed meal. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkiv: PC «Technology center», 2020. – № 3/11 (105), 66–76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203664>
3. Belinska A., Bochkarev S., Varankina O., Rudniev V., Zviahintseva O., Bielykh I., Khosha V., Rudnieva K. Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkiv: PC «Technology center», 2019. – № 5/11 (101). – P. 6-14. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908
4. Radhika Theagarajan, Lavanya Malur Narayanaswamy, Sayantani Dutta, Jeyan A. Moses, Anandharamakrishnan Chinnaswamy Valorisation of grape pomace (cv. Muscat) for development of functional cookies. // *International*

Journal of Food Science and Technology, 2019. – V. 54, Is. 4. – P. 1299-1305. doi.org/10.1111/ijfs.14119

5. Шидакова-Каменюка О. Г., Новік Г. В., Касабова К. Р., Кравченко О. І. Перспективи використання шротів горіхової сировини для збагачення борошняних кондитерських виробів // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. - Харків: ХДУХТ, 2015. - Вип. 2 (22). - С. 69-81.

6. Mikulec A., Kowalski S., Sabat R., Skoczylas Ł., Tabaszewska M., Wywrocka-Gurgul A. Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread // LWT, 2019. – V. 102. – P. 164-172. doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.028.

7. Jukic Marko, Lukinac Jasmina, Culjak Jaka. Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour // International journal of food science and technology, 2019. – V. 54, Is. 3. – P. 602-609. doi.org/10.1111/ijfs.13838.

8. Caetano K., Ceotto J., Ribeiro A., de Moraes F., Ferrari R., Pacheco M., Capitani C. Effect of baru (*Dipteryx alata* Vog.) addition on the composition and nutritional quality of cookies // Food science and technology, 2017. – V. 37, Is. 2. – P. 239-245. DOI: 10.1590/1678-457X.19616.

9. Banerji A., Ananthanarayan L., Lele S. Rheological and nutritional studies of amaranth enriched wheat chapatti (Indian flat bread). // Journal of food processing and preservation, 2018. – V. 42, Is. 1. – e 13361. doi.org/10.1111/jfpp.13361

Bibliography (transliterated)

1. Jahn, Jaquelyn L.; Stampfer, Meir J.; Willett, Walter C. Food, Health & the Environment: A Global Grand Challenge & Some Solutions // Daedalus, 2015. – V. 144. – Is. 4. – P. 31-44. doi.org/10.1162/DAED_a_00352.

2. Papchenko V., Matveeva T., Bochkarev S., Belinska A., Kunitsia E., Chernukha A., Bezuglov O., Bogatov O., Polkovnychenko D., Shcherbak S. Development of amino acid balanced food systems based on wheat flour and oilseed meal. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkiv: PC «Technology center», 2020. – № 3/11 (105), 66–76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203664>

3. Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Bielykh, I., Khosha, V., Rudnieva, K. (2019). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Kharkiv: PC «Technology center», 5/11 (101), 6-14. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908

4. Radhika, Theagarajan, Lavanya, Malur Narayanaswamy, Sayantani, Dutta, Jeyan, A. Moses, Anandharamakrishnan, Chinnaswamy. (2019). Valorisation of grape pomace (cv. Muscat) for development of functional cookies. International Journal of Food Science and Technology, 54, 4. 1299-1305. doi.org/10.1111/ijfs.14119

5. Shidakova-Kamenyuka, O. G, Novik, G. V, Kasabova, K. R, Kravchenko, O. I. (2015). Prospects for the use of nuts raw materials for the enrichment of flour confectionery. Progressive technology and technology of food production in the restaurant industry and trade. Kharkiv: Kharkiv State University of Food Technologies, 2 (22), 69-81.

6. Mikulec, A., Kowalski, S., Sabat, R., Skoczylas, Ł., Tabaszewska, M., Wywrocka-Gurgul, A. (2019). Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. LWT, 102, 164-172. doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.028.

7. Jukic, M., Lukinac, J., Culjak, J. (2019). Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour. International journal of food science and technology, 54, 3, 602-609. doi.org/10.1111/ijfs.13838.

8. Caetano, K., Ceotto, J., Ribeiro, A., de Morais, F., Ferrari, R., Pacheco, M., Capitani, C. (2017). Effect of baru (*Dipteryx alata* Vog.) addition on the composition and nutritional quality of cookies. Food science and technology, 37, 2. 239-245. DOI: 10.1590/1678-457X.19616.

9. Banerji, A., Ananthanarayan, L., Lele, S. (2018). Rheological and nutritional studies of amaranth enriched wheat chapatti (Indian flat bread). Journal of food processing and preservation, 42, 1, 13361. doi.org/10.1111/jfpp.13361.

УДК 665.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОСЛИННИХ АНТИОКСИДАНТІВ НА ПОКАЗНИКИ ПСУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Н.С. СИТНИК, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

В.С. МАЗАЄВА, кандидат технічних наук, науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

З.П. ФЕДЯКІНА, завідувачий відділом досліджень переробки олій та жирів, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

В статті наведено результати наукових досліджень щодо впливу концентрації окремих рослинних антиоксидантів та їх сумішей на окиснювальну та гідролітичну стабільність соняшникової олії. В якості джерела антиоксидантів використано рослинну сировину: кору дубу та зелений чай. Застосовано водно-етанольні екстракти з рослинної сировини. Показано, як змінюються показники кислотного та пероксидного чисел олії під час зберігання за стандартних умов за різних концентрацій антиоксидантів. Представлено відповідні графічні залежності, які дозволяють встановити ефективність індивідуальних антиоксидантів та їх сумішей на термін зберігання соняшникової олії.

Ключові слова: соняшникова олія, природний антиоксидант, окиснювальна стабільність, показники псування олії.

Постановка проблеми. Всі харчові продукти складаються з первинних біоматеріалів, які з часом неминуче розкладаються і псуються. Погіршенню якості харчових продуктів запобігти неможливо, однак можна уповільнити процеси псування, для чого необхідний правильний підбір рецептур, способів технологічної обробки, упаковки, зберігання і транспортування продуктів [1].

Види псування харчових продуктів можна визначити декількома способами. Зазвичай харчовий продукт вважається зіпсованим, якщо він стає неприйнятним для споживача [2]. Псування є причиною виникнення проблем харчової безпеки, коли продукт може стати шкідливим для здоров'я людини. Менш серйозні випадки псування можуть проявлятися в погіршенні кольору, смаку і аромату продукту до такого ступеня, що він стає неприйнятним [3].

Окиснення ліпідів є одним з основних процесів, що обмежують терміни зберігання багатьох харчових продуктів. Ліпіди присутні майже в усіх видах харчової сировини, переважно у вигляді триацилгліцеролів, що накопичуються в жирових клітинах тварин і рослин, і фосфоліпідів, які

входять до складу біологічних мембран. Жири є одним з основних компонентів багатьох продуктів, в тому числі майонезу, маргарину, кондитерських, хлібобулочних виробів тощо [4].

Причинами накопичення в жирах вільних жирних кислот можуть бути гідроліз ацилгліцеролів жиру, викликаний наявністю води, а також молекулярного кисню. Збільшення кислотності жиру внаслідок гідролізу ацилгліцеролів можна попередити його висушуванням. Що стосується накопичення жирних кислот внаслідок дії кисню, особливо легко окиснюються жири, які містять значну кількість ненасичених жирних кислот. Жирні кислоти, що накопичуються при цьому, мають більш низьку молекулярну масу, ніж кислоти, що входять до складу початкових ацилгліцеролів жиру. Однак при такому механізмі збільшення кислотності жиру у появі ознак харчового псування домінуючими є не жирні кислоти, а інші продукти окиснення: пероксиди, альдегіди, кетони [5].

Виробництво соняшnikової олії – складний процес, що включає не тільки операції з вилучення олії з насіння, а й різні види очищення, що пов'язане з використанням високих температур, а також тривалого контакту продуктів переробки з киснем повітря [6].

Незалежно від технології отримання соняшnikова олія володіє високою схильністю до окиснення, так як за жирнокислотним складом вона відноситься до лінолево-олеїнового типу з переважанням лінолевої кислоти не менше ніж 2/3. Відомо, що схильність до окиснення ненасичених жирних кислот олеїнової, лінолевої, ліноленової збільшується у співвідношенні 1:4:14. Тому для отримання якісної і безпечної соняшnikової олії зусилля повинні бути спрямовані на максимальне зниження окисних змін на всіх стадіях переробки насіння в олію, зберігання та обробки олії на підприємствах [7–9].

Таким чином, запобігання харчовому псуванню олій та жирів є актуальним питанням, в рамках якого відбувається пошук та розробка ефективних засобів гальмування окиснювальних та гідролітичних процесів. Одним із перспективних напрямків є використання антиоксидантів природного походження, які є екологічними, безпечними, а також є джерелами цінних біологічно-активних речовин.

Постановка завдання. Метою дослідження є встановлення залежності концентрації природних антиоксидантів на показники окислювального та гідролітичного псування соняшnikової олії.

Результати дослідження. Досліджено систему рослинних антиоксидантів, яка являє собою суміш екстрактів зеленого чаю та кори дубу з різними концентраціями компонентів. Встановлено вплив концентрації антиоксидантів на окиснювальну стабільність соняшnikової олії, для чого до початкової олії було введено суміші екстрактів-антиоксидантів з концентраціями компонентів, наведеними у табл. 1. Концентрації екстрактів-антиоксидантів застосовано у перерахунку на суху речовину.

Водно-етанольні екстракти одержано в наступних умовах:

- співвідношення рослинна сировина-розчинник: 1:10;

- об'ємна частка етилового спирту в екстрагенті: для кори дубу 30%, для зеленого чаю 50%;
- температура екстрагування: для кори дубу 50°C, для зеленого чаю 60°C.

Таблиця 6.1 – Дослідні концентрації екстрактів-антиоксидантів

Номер досліджу	Концентрація екстрактів-антиоксидантів в олії, % (у перерахунку на суху речовину)	
	Кора дубу	Зелений чай
1	0,05	0,05
2	0	0
3	0,025	0,025
4	0,05	0
5	0	0,05
6	0,025	0,05
7	0,025	0
8	0,05	0,025
9	0	0,025

Таким чином, мінімальний сумарний вміст екстрактів-антиоксидантів в олії складає 0,025%, максимальний – 0,1% (у перерахунку на суху речовину).

Окиснювальну стабільність олії у присутності екстрактів-антиоксидантів досліджено у порівнянні з олією без додавання антиоксидантів (дослід 2 у табл. 1).

Всі зразки олії зберігалися в лабораторних умовах (температура 20 °C) за кімнатної температури, в скляній тарі із темного скла.

На рис. 1, 2 показано графічні залежності значень пероксидного та кислотного чисел олії від тривалості зберігання зразків.

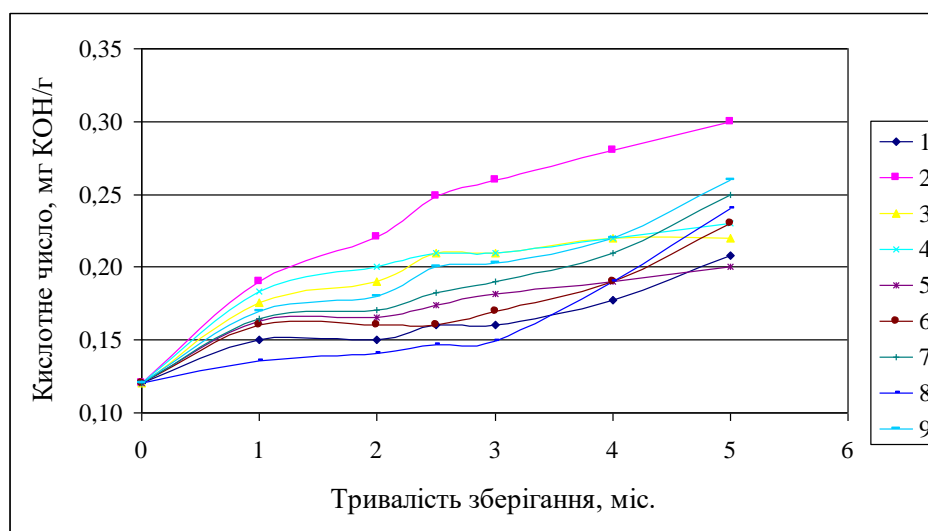


Рисунок 1 – Залежність кислотного числа зразків олії від терміну зберігання

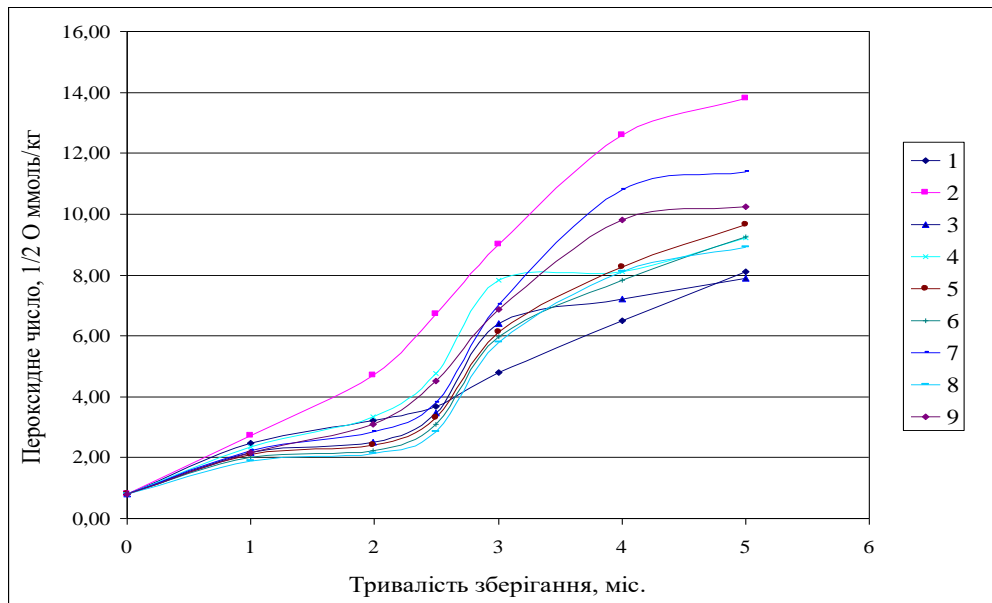


Рисунок 2 – Залежність пероксидного числа зразків олії від терміну зберігання

З рис. 1, 2 встановлено, що всі зразки олії із додаванням рослинних антиоксидантів демонструють менші значення кислотних та пероксидних чисел під час зберігання у порівнянні із зразком без додавання антиоксидантів. Темп зростання вище наведених величин у часі є найбільшим у зразку без антиоксидантів. Значення кислотного числа у часі зростають незначно, у межах (0,10-0,30) мг КОН/г, при цьому кінцеве у дослідженні значення не сягає граничного за ДСТУ 4495:2017 (для олії соняшникової рафінованої дезодорованої вимороженої марки П кислотне число має бути не більше ніж 0,50 мг КОН/г). Тому значення кислотного числа не є вирішальними щодо встановлення раціональних умов використання екстрактів-антиоксидантів. Що стосується пероксидного числа, то його значення зростають суттєво, з різною інтенсивністю. В цілому значення пероксидних чисел відображають антиоксидантну активність застосованих екстрактів.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що після 5 місяців зберігання найвищі значення кислотного та пероксидного чисел має зразок без додавання антиоксидантів № 2 (0,30 мг КОН/г та 13,8 $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг відповідно). Найнижче значення кислотного числа наприкінці терміну зберігання має зразок № 5 (0,20 мг КОН/г), пероксидного числа – зразок № 3 (7,8 $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг). Таким чином, починаючи з концентрації екстрактів-антиоксидантів в олії (у перерахунку на суху речовину) 0,025 %, природні антиоксиданти є ефективними у запобіганні процесів псування олій.

Література

1. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание / под ред. Р. Стеле; пер. с англ. В. Д. Широкова; под. общ. ред. Ю.Г. Базарновой. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.
2. Золочевский, В.Т. Окисление масла при отбелке в схемах физической рафинации / В.Т. Золочевский // Масла и жиры. – 2009. – № 4. – С. 23–26.
3. Золочевский, В.Т. Изменение состава и свойств растительных масел при дезодорации в схемах физической рафинации / В.Т. Золочевский // Масла и жиры. – 2009. – № 10. – С. 8–11.
4. Колодязная, В.С. Кинетика реакций гидролиза и окисления триацилглицеринов при хранении рыбных пресервов с применением лактатсодержащих пищевых добавок / В.С. Колодязная, Е.А. Овсяк, В.А. Демченко // Электронный научный журнал СПбГУ. – НиПТ. – 2012. – Вып. 2. – С. 49–51.
5. Колодязная, В.С. Влияние комплексных лактатсодержащих пищевых добавок на процесс созревания и хранения пресервов из замороженных рыб / В.С. Колодязная, В.А. Демченко // Рыбпром. – 2010. – №4. – С. 49–51.
6. Saldana, M.D.A. Oxidative stability of fats and oils measured by differential scanning calorimetry for food and industrial applications / M.D.A. Saldana, S.I. Martinez-Monteagudo // Intech. Open Access Publisher. – 2013. – P. 445–474.
7. Luther, M. Inhibitory effect of Chardonnay and black raspberry seed extracts on lipid oxidation in fish oil and their radical scavenging and antimicrobial properties / M. Luther, J. Parry, J. Moore et al. // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 104. – № 3. – P. 1065–1073.
8. Feng, Y. Antioxidant therapies for Alzheimer's disease / Y. Feng, X. ang // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2012. – P. 1–17.
9. Brunetti, C. Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: relative significance in plants and humans / C. Brunetti, M. Di Ferdinando, A. Fini, S. Pollastri, M Tattini // Int. J. Mol. Sci. – 2013. – № 14. – P. 3540–3555.

Bibliography(transliterated)

1. Srok godnosti pyshchevykh produktov. Raschet i ispytanye / pod red. R. Stele; per. s anhl. V. D. Shyrokova; pod. obshch. red. Yu.H. Bazarnovoi. – SPb.: Professyia, 2006. – 480 s.
2. Zolochevskiy, V.T. Okislenie masla pri otbelke v skhemakh fizicheskoi rafinatsyy / V.T. Zolochevskiy // Masla y zhyry. – 2009. – № 4. – S. 23–26.
3. Zolochevskiy, V.T. Izmenenie sostava i svoistv rastitelnykh masel pri dezodoratsii v skhemakh fizicheskoi rafinatsii / V.T. Zolochevskiy // Masla i zhyry. – 2009. – № 10. – S. 8–11.

4. Kolodiaznaia V.S. Kinetika reaktsyi hidroliza i okisleniia triatsylhlitserinov pri khraneni rybnykh preservov s primeneniem laktatsoderzhashchikh pishchevykh dobavok / V.S. Kolodiaznaia, E.A. Ovsiuk, V.A. Demchenko // Elektronnyi nauchnyi zhurnal SPbHU. – NyPT. – 2012. – Vyp. 2. – S. 49–51.

5. Kolodiaznaia, V.S. Vliyanye kompleksnykh laktatsoderzhashchykh pishchevykh dobavok na protsess sozrevaniya y khraneniya preservov iz zamorozhennykh ryb / V.S. Kolodiaznaia, V.A. Demchenko // Rybprom. – 2010. – №4. – S. 49–51.

6. Saldana, M.D.A. Oxidative stability of fats and oils measured by differential scanning calorimetry for food and industrial applications / M.D.A. Saldana, S.I. Martinez-Monteagudo // Intech. Open Access Publisher. – 2013.– P. 445–474.

7. Luther, M. Inhibitory effect of Chardonnay and black raspberry seed extracts on lipid oxidation in fish oil and their radical scavenging and antimicrobial properties / M. Luther, J. Parry, J. Moore et al. // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 104. – № 3. – P. 1065–1073.

8. Feng, Y. Antioxidant therapies for Alzheimers disease / Y. Feng, X. ang // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2012. – P. 1–17.

9. Brunetti, C. Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: relative significance in plants and humans / C. Brunetti, M. Di Ferdinando, A. Fini, S. Pollastri, M Tattini // Int. J. Mol. Sci. – 2013. – № 14. – P. 3540–3555.

УДК 665

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ОЛЕЇНОВОЇ КИСЛОТИ ОЛІЙ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ ВИСОКООЛЕЇНОВИХ ГІБРИДІВ

В.Ю. ПАПЧЕНКО, кандидат технічних наук, с.н.с., Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

Т.В. МАТВЄЄВА, кандидат технічних наук, с.н.с., доцент, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України

В статті подано інформацію щодо характеристики високоолеїнової соняшникової олії. Змодельовано зразки олії насіння соняшнику високоолеїнових гібридів з різним вмістом олеїнової кислоти, визначено їх жирнокислотний склад. Визначено показник заломлення олії, при значенні показника кислотного числа олії насіння соняшнику не більше ніж 5,0 мг КОН/г. Виявлено лінійну залежність між показником заломлення і вмістом олеїнової кислоти в досліджуваних зразках соняшникової олії. Залежність між цими двома показниками покладено в основу теоретичного визначення вмісту олеїнової кислоти в зразках олії.

Ключові слова: насіння соняшнику, олія, високоолеїнова соняшникова олія, олеїнова кислота, показник заломлення

Вступ. Соняшникова олія є головним джерелом біологічно активних речовин в раціоні харчування - моно- і поліненасичених жирних кислот, а також жиророзчинних вітамінів, має високу енергетичну цінність. У цьому аспекті найбільш перспективними в даний час є сорти і гібриди насіння соняшнику з високою масовою часткою олеїнової кислоти. Олеїнова кислота є однією з основних жирних кислот, що входять до складу олії насіння соняшнику. Масова частка олеїнової кислоти в олії насіння соняшнику різних сортів і гібридів може коливатися в широких межах від 10-30 % (для олії традиційного жирнокислотного складу) до 80-90,7 % (для олії насіння соняшнику високоолеїнових гібридів). Високоолеїнову соняшкову олію вже понад 10 років використовують у харчовій індустрії Західної Європи для виробництва продуктів здорового харчування.

За жирнокислотним складом високоолеїнова соняшникова олія близька до оливкової, а за вартістю значно дешевша останньої. Крім цього, така олія має ряд технологічних властивостей, що вигідно відрізняють її від традиційної соняшникової олії. Порівняно з соняшниковою олією традиційного типу, високоолеїнова олія відрізняється значно вищою стійкістю до перекисного окиснення, термостабільністю, покращеними гідродинамічними властивостями і потребує меншого ступеня гідрогенізації при виготовленні з неї твердих жирів [1-3]. Ці переваги високоолеїнової олії свідчать про безумовну доцільність створення вихідного матеріалу

соняшнику з високим вмістом гліцеридів олеїнової кислоти, і найбільш результативним методом вирішення цієї проблеми вважається генетичне поліпшення культури [4].

З огляду на це, гостро постає питання оперативного контролю масової частки олеїнової кислоти в олії насіння соняшнику. Такий контроль необхідний на всіх етапах її виробництва, починаючи від контролю якості насіннєвого матеріалу, заготівлі, зберігання і закінчуючи переробкою на підприємствах олієжирової галузі. Важливе дане питання і для підприємств, що займаються селекційною та насінницької діяльністю. Отже дана розробка є *актуальною* і необхідною.

Мета дослідження – встановлення на базі експериментальних досліджень залежності між одержаним за хроматографічним методом жирнокислотним складом, зокрема умістом олеїнової кислоти, олії, виділеної пресуванням з насіння соняшнику, з умістом олеїнової кислоти від 73 % та понад 85 %, і відповідним значенням показника заломлення цих олій задля подальшої розробки та обґрунтування довідкових таблиць визначення вмісту олеїнової кислоти для соняшникових олій олеїнового типу за рефрактометричним методом.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні *задачі*:

- дослідження жирнокислотного складу зразків олії насіння соняшнику високоолеїнових гібридів;
- визначення показника заломлення олії для отриманих зразків.

Результати досліджень.

Для дослідження з встановлення залежності показника заломлення олій насіння соняшнику високоолеїнових гібридів (із умістом олеїнової кислоти від 73 % та понад 85 %) від масової частки в ній олеїнової кислоти у табл. 1 та табл. 2 представлено жирнокислотний склад прикладів зразків соняшnikової олії з різним вмістом олеїнової кислоти.

Таблиця 1 - Жирнокислотний склад прикладів зразків соняшnikової олії із вмістом олеїнової кислоти до 85 %

Основні жирні кислоти		Масова частка жирних кислот у % до суми жирних кислот, зразків олії:				
Мірістинова	C _{14:0}	-	0,04	-	0,1	0,06
Пальмітинова	C _{16:0}	4.38	5,22	5,09	4,0	4,15
Пальмітоолеїнова	C _{16:1}	0.16	-	-	0,1	0,13
Стеаринова	C _{18:0}	2.91	2,78	3,0	2,9	2,75
Олеїнова	C_{18:1}	76,96	77,51	77,91	80,7	84,57
Линолева	C _{18:2}	11.01	8,01	12,04	10,4	6,16
Ліноленова	C _{18:3}	0.41	1,63	0,41	0,1	0,21
Арахінова	C _{20:0}	>0.01	4,83	0,22	0,2	0,26
Ейкозанова	C _{20:1}	-		0,21	0,3	-
Бетагенова	C _{22:0}	0.8		1,041	0,9	1,06
Лігноцеринова	C _{24:0}	-		0,417	0,3	-

Таблиця 2 - Жирнокислотний склад прикладів зразків соняшникової олії із вмістом олеїнової кислоти понад 85 %

Основні жирні кислоти		Масова частка жирних кислот у % до суми жирних кислот, зразків олії:		
Пальмітинова	C _{16:0}	5,3	4,4	3,90
Пальмітоолеїнова	C _{16:1}	-	-	0,14
Стеаринова	C _{18:0}	2,7	2,6	2,82
Олеїнова	C_{18:1}	86,6	88,9	89,26
Лінолева	C _{18:2}	5,1	4,2	2,03
Ліноленова	C _{18:3}	-	-	0,24
Арахінова	C _{20:0}	0,3	-	0,35
Бетагенова	C _{22:0}	-	-	0,66

Показник заломлення олії для отриманих зразків визначено при температурі +20±0,2 °С. Даний метод є доволі оперативним і не потребує великої кількості досліджуваної проби, достатньо 2-3 краплин олії. Отримані результати представлено у табл. 3 та табл. 4.

Таблиця 3 – Показник заломлення зразків соняшникової олії із вмістом олеїнової кислоти до 85 %

Масова частка олеїнової кислоти в олії, %, від суми жирних кислот	73,9	76,1	76,96	77,91	80,3	80,7	82,7	84,1
Показник заломлення олії	1,4701	1,4699	1,4698	1,4697	1,4695	1,4694	1,4692	1,4691

Таблиця 4 – Показник заломлення зразків соняшникової олії із вмістом олеїнової кислоти понад 85 %

Масова частка олеїнової кислоти в олії, %, від суми жирних кислот	84,57	86,6	89,3
Показник заломлення олії	1,4690	1,4688	1,4686

У досліджуваних зразках соняшникової олії вміст олеїнової кислоти коливається у межах – від 73,9 % до 89,3 %, значення показника заломлення змінюється з такою ж динамікою - від 1,4701 до 1,4686, відповідно, при значенні показника кислотного числа олії насіння соняшнику не більше ніж 5,0 мг КОН/г.

Графічна побудова отриманих результатів дала змогу виявити лінійну залежність, з коефіцієнтом кореляції $R^2=0,99$, між показником заломлення і вмістом олеїнової кислоти в досліджуваних зразках соняшникової олії (рис. 1). Залежність між цими двома показниками лягла в основу теоретичного визначення вмісту олеїнової кислоти в зразках олії. Різниця між

фактичними і розрахунковими значеннями олеїнової кислоти коливається від -0,43 % до 0,8 %, що свідчить про високий коефіцієнт кореляції між цими показниками.

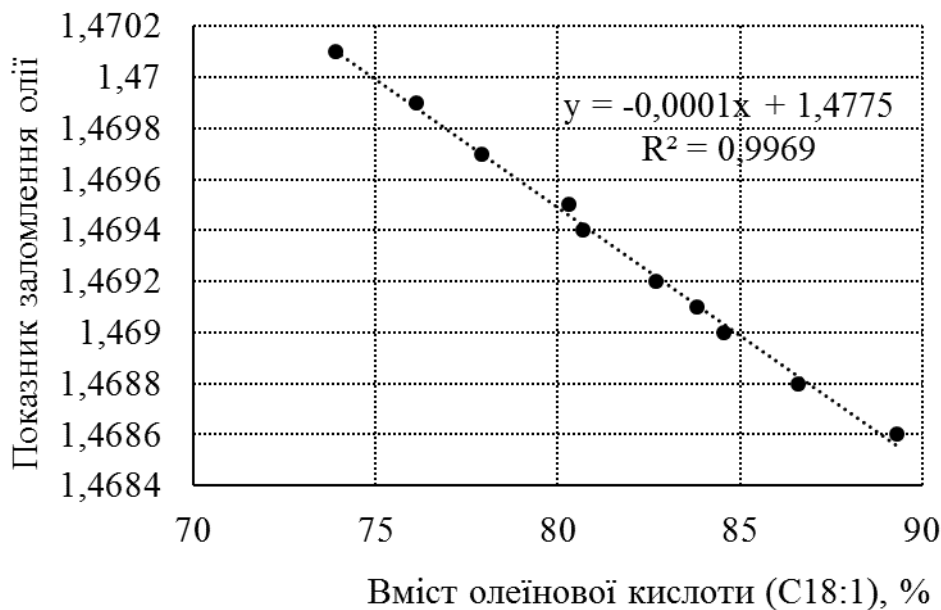


Рисунок 1 – Залежність показника заломлення від вмісту олеїнової кислоти в зразках соняшникової олії з показником кислотного числа олії не більше ніж 5,0 мг КОН/г

Отже показник заломлення досить чітко реагує на жирнокислотний склад соняшникової олії, а високий коефіцієнт кореляції з умістом олеїнової кислоти свідчить про тісний зв'язок між ними.

Висновки. Змодельовано зразки олії насіння соняшнику високоолеїнових гібридів з різним вмістом олеїнової кислоти. Визначено жирнокислотний склад олії змодельованих зразків насіння соняшнику, встановлено, що вміст олеїнової кислоти коливається у межах – від 73,9 % до 89,3 %, а вміст пальмітинової, стеаринової та лінолевої кислот складає 3,90-5,3 %, 2,6-3,0 % та 2,03-12,06 %, відповідно. Визначено показник заломлення олії, який змінюється за динамікою - від 1,4701 до 1,4686, при значенні показника кислотного числа олії насіння соняшнику не більше ніж 5,0 мг КОН/г. Графічна побудова отриманих результатів надала змогу виявити лінійну залежність, з коефіцієнтом кореляції $R^2=0,99$, між показником заломлення і вмістом олеїнової кислоти в досліджуваних зразках соняшникової олії. Залежність між цими двома показниками покладено в основу теоретичного визначення вмісту олеїнової кислоти в зразках олії. Різниця між фактичними і розрахунковими значеннями олеїнової кислоти коливається від -0,43 % до 0,8 %, що свідчить про високий коефіцієнт кореляції між цими показниками.

Лірэпарыта

1. Vrbaski, Z., Budincevic, M., Turkulov, J., Skoric, D., Vranac, K. (1996). Oxidation stability of sunflower oil of altered sunflower after seed storage. *Helia*, 24, 73-78.
2. Dobarganes, M.C., Marquez-Ruiz, G., Perez Camino, M.C. (1993). Thermal stability and frying performance of genetically modified sunflower seed (*Helianthus annuus* L.) oils. *Journal of the Agric. Food Chem.*, 41, 678–681.
3. Glancey, J.L., Knowlton, S., Benson, E.R. (1999). Development of a high oleic soybean oil-based hydraulic fluid. *Feedstocks*, 4, 2, 1–2.
4. Fitch-Haumann, B. (1994). Modification of oil may be the key to sunflower's future. *INFORM. Int. Newson Fats, Oiland Related Materials*, 5, 1198–1210.

Bibliography (transliterated)

1. Vrbaski, Z., Budincevic, M., Turkulov, J., Skoric, D., Vranac, K. (1996). Oxidation stability of sunflower oil of altered sunflower after seed storage. *Helia*, 24, 73-78.
2. Dobarganes, M.C., Marquez-Ruiz, G., Perez Camino, M.C. (1993). Thermal stability and frying performance of genetically modified sunflower seed (*Helianthus annuus* L.) oils. *Journal of the Agric. Food Chem.*, 41, 678–681.
3. Glancey, J.L., Knowlton, S., Benson, E.R. (1999). Development of a high oleic soybean oil-based hydraulic fluid. *Feedstocks*, 4, 2, 1–2.
4. Fitch-Haumann, B. (1994). Modification of oil may be the key to sunflower's future. *INFORM. Int. Newson Fats, Oiland Related Materials*, 5, 1198–1210.

УДК 665.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА В'ЯЗКІСТЬ ТА КОНСИСТЕНЦІЮ КРЕМ-ПАСТ

Т. В. МАТВЄЄВА, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

З. П. ФЕДЯКІНА, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

В статті проаналізовано вплив окремих складових компонентів рецептури, зокрема смаженого та несмаженого подрібненого насіння соняшнику, на консистенцію та в'язкість крем-паст. Встановлено, що найбільш гарною за консистенцію є крем-паста з вмістом води 30-35%. З'ясовано, що консистенція паст на основі несмаженого насіння є більш однорідною в порівнянні з пастами на основі смаженого. З'ясовано, що оптимальна кількість обертів мішалки в технологіях виготовлення крем-паст у промислових умовах повинна складати 120 об/хв.; тривалість збивання - не більше ніж 28 хв.; температура компонентів 35-40°C.

Ключові слова: білкові продукти, крем-паста, в'язкість, консистенція, рецептура, технологічні фактори.

Вступ. Паста з насіння олійних культур, плодових кісточок або різних горіхів відомі з давніх часів. Наприклад, густа паста з насіння льону – урбеч з'явилась в 17 столітті в Дагестані і до сьогоднішніх днів залишається улюбленим солодким продуктом жителів східних країн. Сьогодні, крім лляного, готують різні урбечі, які розрізняються за смаком і кількістю інгредієнтів (однокомпонентний або багатоконпонентний). Горіхову пасту готують з фісташок, лісових, волоських горіхів, а також мигдалю, фундука або арахісу [1, 2]. У китайській національній кухні в якості основи для приготування соусу використовувався перемелений арахіс. Вперше у промислових умовах пасту з пропареного арахісу почала випускати в Америці компанія під назвою *Sanitas Nut Company*. В наш час шоколадні та кондитерські паста у світі набули поширення, адже вони легко засвоюються, а за рахунок включення в їх склад різних інгредієнтів є можливість збільшення асортименту паст підвищеної біологічної цінності.

Основною проблемою, що стоїть перед виробниками кондитерських паст на основі насіння або горіхів, є виробництво продукту з належною консистенцією, стабільністю емульсії, кольором і текстурними властивостями, збільшеним терміном зберігання.

Надійні і точні реологічні дані необхідні для проектування технологічного процесу і оцінки швидкості нагріву і охолодження під час різних інженерних операцій.

У дослідженні [3] наводиться приблизний склад, певні якості та реологічні властивості кунжутних паст, що отримані із смаженого без

оболонки, з неочищеного смаженого насіння кунжуту та їх сумішей (25-75%) за температур від 15 до 65 °С і швидкостях зсуву від 0,5 до 100 1/с.

В роботі [4] досліджено вплив розміру частинок і температури на колоїдну стабільність і реологічні характеристики кунжутної пасти, яка є різновидом білково-олійною суспензії. За мультимодальним розподілом часток за розміром, який визначено для зразків пасти за допомогою аналізатора лазерного розсіювання, встановлено, що колоїдна стабільність кунжутної пасти поліпшувалася за рахунок зменшення середнього розміру частинок нижче 5 мкм. Зниження температури зберігання також призводить до збільшення колоїдної стабільності. Для кунжутної пасти спостерігалось стоншення зсуву і тиксотропної поведінки. Випробування на динамічне зрушення показало, що зі зменшенням розміру частинок еластична структура кунжутної пасти регулярно змінюється на в'язку. Білизна кунжутної пасти зменшувалася зі зменшенням розміру частинок.

Авторами роботи [5] вивчено за допомогою ротаційного віскозиметра Брукфілда реологічні властивості сумішей кунжутної пасти з фініковим сиропом зі зниженим вмістом жиру в залежності від температури (25, 35, 45 і 55 °С) та загусника (гуарова камедь, ксантан, крохмаль). Виявлено, що всі суміші кунжутної пасти / фінікового сиропу проявляють неньютонівську псевдопластичну поведінку при всіх температурах і загусниках. Дані щодо залежність напруги зсуву від швидкості зсуву успішно адаптовані до моделі степеневого закону. Показник плинності варіювався в діапазоні 0,35-0,51. Коефіцієнт консистенції в діапазоні 108-240.04 Па сек п. Крім того, використання загусників призвело до зданого збільшення в'язкості для всіх сумішей в порівнянні з контролем. В роботі для опису впливу температури використано рівняння Арреніуса. Розраховано енергію активації процесу. Вона знаходиться в діапазоні 16010.3-24330.1 Дж / моль.

Робота [6] є продовженням роботи [5]. Науковцями вивчено за допомогою ротаційного віскозиметра Брукфілда плинність кунжутної пасти з фініковим сиропом зі зниженим вмістом жиру в залежності від часу та загусника (гуарова камедь, ксантан і крохмаль). Встановлено, що всі суміші проявляють тиксотропну поведінку та тиксотропія зразків збільшується зі збільшенням швидкості зсуву. Виявлено, що присутність загусників зазвичай призводить до збільшення в'язкості та тиксотропії сумішей.

Авторами роботи [7] вивчено реологічні і сенсорні властивості сумішей пекмез (виноградна патока) / кунжутна паста у концентраціях пекмезу 2, 4 і 6,0% при 30, 40, 50, 60, 65 і 75 °С. Емпірична модель степеневого закону відповідала даним уявній в'язкості-швидкості обертання. Всі суміші проявляли псевдопластичну поведінку. Вміст пекмезу і температура впливали на характеристики плинності і значення індексу консистенції. Додавання пекмезу поліпшило стабільність емульсії сумішей. Найкращі органолептичні і фізико-хімічні показники мала паста, що містить 6% пекмезу.

Авторами роботи [8] продовжено роботу в напрямку досліджень сумішей пекмез (виноградна патока) / кунжутна паста і нові результати

подані в роботі [7]. Дослідження присвячені вивченню за допомогою ротаційного віскозиметра з концентричним циліндром реологічних властивостей подібних сумішей при різних концентраціях пасти (20-32%) і температурах (35-65 °С). Виявлено, що суміші кунжутна паста / пекмез проявляють неньютонівське витончення зсуву за всіх температур і концентраціях пасти кунжутного насіння. Удавана в'язкість в залежності від швидкості зсуву була успішно адаптована до степеневій моделі. Показник плинності варіювався в межах 0,7-0,85. Коефіцієнт консистенції знаходився в діапазоні 282-2547 мПа·с. Встановлено, що на обидві параметри істотно впливала температура. Вплив температури на плинність не мало описової тенденції, в той час як зв'язок між температурою і консистенцією описувався рівнянням Аррениуса. При збільшенні концентрації пасти енергія активації коливалась в діапазоні 13376-28592 Дж/моль. Вплив концентрації був значним тільки для консистенції і описувався експоненційною і степеневою функціями. Авторами запропоновано математичний вираз для зв'язку уявної в'язкості з температурою, концентрації кунжутної пасти і швидкості зсуву.

У дослідженні [9], за температур від 10 °С до 60 °С і при швидкостях ротору від 0,5 до 100 об/хв. вивчено реологічні властивості сумішей соснового меду (3%, 6% і 9%) з кунжутної пастою, отриманої з лущеного смаженого насіння кунжуту і з неочищеного смаженого насіння кунжуту. Встановлено, що суміші паст з сосновим медом виявляють неньютонівську псевдопластичну поведінку за всіх температур. Удавана в'язкість в залежності від швидкості успішно адаптована до моделі степеневого закону. Індекс плинності варіювався в діапазоні 0,4226-0,6228 для сумішей паста з лущеного смаженого насіння кунжуту - сосновий мед і в діапазоні від 0,4661 до -0,7266 для сумішей паста з неочищеного смаженого насіння кунжуту - сосновий мед. Індекс консистенції знаходився в діапазоні 9,34-36,42 Па·с - для сумішей паста з лущеного смаженого насіння кунжуту - сосновий мед і в діапазоні 9.92-37.53 Па·с - для сумішей паста з неочищеного смаженого насіння кунжуту - сосновий мед. Індекс консистенції збільшувався зі збільшенням рівня меду в обох типах паст. Згідно статистичного аналізу, експоненціальна модель була кращою моделлю для опису впливу твердих речовин на в'язкість зразків паст з різним процентним вмістом соснового меду. Стабільність емульсії обох видів паст покращувалась з додаванням соснового меду. Індекс корелювався з енергією активації, константою Аррениуса, деякими сенсорними властивостями, такими як розтікання, твердість і загальне сприйняття, а також параметрами кольору, Температурна чутливість індексу консистенції оцінювали шляхом застосування типу рівняння Аррениуса, а енергія активації виявилася в діапазоні 7.61-10.05 кДж / моль для сумішей паста з лущеного смаженого насіння кунжуту - сосновий мед і в діапазоні 9.02-10.50 кДж / моль для сумішей паста з неочищеного смаженого насіння кунжуту - сосновий мед.

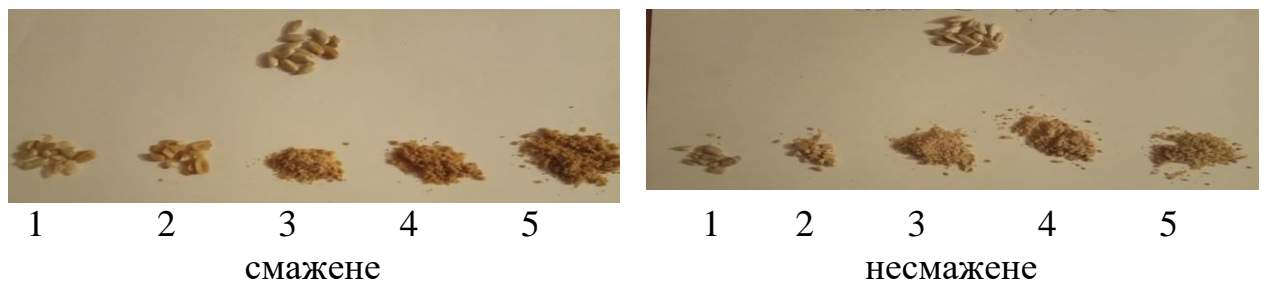
На основі вищевикладеного встановлено: збереження не тільки хімічних, але і сенсорних показників – одна з основних проблем виробництва крем-паст з насіння або горіхів, яких на сьогодні в світі існує безліч

розробок. Досліджень, які присвячені визначенню впливу різноманітних технологічних факторів на в'язкість та консистенцію крем-паст з насіння соняшнику, не виявлено. Використання вітчизняного насіння соняшнику у виробництві паст сприятиме скороченню імпорту паст з насіння арахісу або кунжуту. Отже проведення досліджень в даному напрямі є доцільним.

Мета дослідження - визначення впливу різноманітних технологічних факторів на в'язкість та консистенцію крем-паст задля подальшої розробки Рекомендацій щодо складання рецептур крем-паст на основі ядра з насіння соняшнику зі зниженою кількістю жирів.

Результати досліджень. Основними інгредієнтами рецептурного складу крем-паст може бути безлушпинне насіння соняшнику (смажене або несмажене), шрот соняшниковий, олія соняшникова, цукор, сіль, емульгатор, різні смако-ароматичні добавки та вода. Сіль, цукор та насіння або шрот відносяться до сухих речовин. Їх кількісний уміст відіграє основну роль щодо визначення зовнішнього стану, консистенції крем-паст.

Для подрібнення соняшникового ядра або шроту на підприємствах бажано використовувати колоїдний млин, який дозволяє подрібнювати ядро соняшнику до мікрочастинок, тобто на дотик не відчуваються частки ядра соняшнику/шроту. В лабораторних умовах подрібнення насіння здійснено за допомогою лабораторного подрібнювача. Результати подрібнення надано на рис. 1.



1 – 10 с; 2 – 30 с; 3 – 60 с; 4 – 120 с; 5 – 180 с

Рисунок 1 - Насіння соняшникове подрібнене за часом

Визначено насипну щільність та кут відкосу подрібненого насіння соняшнику. Насипна щільність подрібненого насіння соняшнику складає: для смаженого близько 520 кг/м^3 , для несмаженого близько 490 кг/м^3 (для порівняння для не подрібненого насіння соняшнику насипна щільність складає 390 кг/м^3). Кут відкосу для подрібненого протягом 180 с смаженого насіння становить 32° , для несмаженого 30° . Одержані показники насипної щільності та кутів відкосу може бути використано для обґрунтування обрання обладнання, розробки технологічної схеми та технологічних розрахунків з одержання крем-паст.

За швидкістю стікання зі скла $7,5 \times 2,5 \text{ см}$, що розташоване під кутом 90° оцінено в'язкість крем-паст на основі смаженого і несмаженого

подрібненого насіння соняшнику з умістом води 25, 30, 35 %. Встановлено, що з підвищенням умісту води, в'язкість паст спадає як при використанні смаженого так і несмаженого подрібненого насіння. Швидкість стікання з підвищенням умісту води від 25 до 35 % для крем-паст з використанням смаженого насіння становить: 0,013; 0,016; 0,021 м/с, а при використанні несмаженого насіння: 0,0054; 0,006; 0,0135 м/с. Одночасно, при використанні смаженого насіння у крем-пастах в'язкість менша, ніж при використанні несмаженого (швидкість стікання крем пасту з умістом води 30 % складає 0,006 м/с для несмаженого насіння проти 0,016 м/с для смаженого).

З'ясовано, що консистенція паст на основі несмаженого насіння є більш однорідною в порівнянні з пастами на основі смаженого насіння, в якому можна спостерігати утворення грудочок (рис. 2). Виявлено, що найбільш гарною за консистенцією є крем паста з умістом води 30-35 %.



Рисунок 2 – Консистенція крем-паст на основі насіння соняшнику при умісті води 35 %

У промислових умовах з'ясовано вплив технологічних параметрів приготування крем-паст на їх фізичні характеристики. З'ясовано, що змішування не повинно бути дуже швидким (>1000 об/хв.) та довгим, адже може відбутися розшарування продукту (емульсії). Одночасно слабе перемішування не забезпечить достатнього перемішування інгредієнтів, тобто не сприятиме утворенню емульсії. Встановлено, що оптимальна кількість обертів мішалки повинна складати 120 об/хв.; тривалість збивання - не більше ніж 28 хв.; температура компонентів $+35...+40$ °С.

Висновки. В ході проведених досліджень визначено насипну щільність подрібненого насіння соняшнику, які можна буде використовувати для обґрунтування обрання обладнання, розробки технологічної схеми та технологічних розрахунків з одержання крем-паст. Оцінено в'язкість крем-паст на основі смаженого і несмаженого подрібненого насіння соняшнику з умістом води 25, 30, 35%. Встановлено, що з підвищенням умісту води, в'язкість паст спадає як при використанні смаженого так і несмаженого подрібненого насіння. Виявлено, що при використанні смаженого насіння у крем-пастах в'язкість менша, ніж при використанні несмаженого (швидкість стікання крем пасту з умістом води 30% складає 0,006 для несмаженого насіння проти 0,016 м/с для смаженого). З'ясовано, що консистенція паст на

основі несмаженого насіння є більш однорідною в порівнянні з пастами на основі смаженого насіння, в якому можна спостерігати утворення грудочок. Виявлено, що найбільш гарною за консистенцію є крем паста з умістом води 30-35%. У промислових умовах з'ясовано вплив технологічних параметрів приготування крем-паст на їх фізичні характеристики. З'ясовано, що змішування не повинно бути дуже швидким (>1000 об/хв.) та довгим, адже може відбутися розшарування продукту (емульсії). Одночасно слабе перемішування не забезпечить достатнього перемішування інгредієнтів, тобто не сприятиме утворенню емульсії. Встановлено, що оптимальна кількість обертів мішалки повинна складати 120 об/хв.; тривалість збивання - не більше ніж 28 хв.; температура компонентів 35-40°C.

Література

1. Урбеч: польза и вред натуральной дагестанской пасты. Режим доступу: https://royal-forest.org/blog/urbech_polza_i_vred_naturalnoy_dagestanskoj_pasty/
2. Паста для здоровья. Что такое урбеч, как его готовят и с чем едят? Режим доступу: https://perm.aif.ru/society/people/pasta_dlya_zdorovya_что_такое_урбеч_как_е_го_готовят_и_с_чем_его_ест
3. Akbulut, M. and Çoklar, H. (2008). Physicochemical and rheological properties of sesame pastes (tahin) processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels. *Journal of food process engineering*, 31, 488-502. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00162.x>
4. Deniz Çiftçia, Talip Kahyaoglua, Sadettin Kapucub, Sevim Kaya (2008). Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. *Journal of Food Engineering*, V. 87, Is. 3, P. 428-435.
5. Seyed M.A. Razavi, Mohammad B. Habibi Najafi, Zahra Alae. (2007). The time independent rheological properties of low fat sesame paste/date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature. *Food Hydrocolloids*, V. 21, Is. 2, P. 198-202. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.008>
6. S.M.A. Razavi, M.B. Habibi Najafi, Z. Alae. (2008). Rheological Characterization of Low Fat Sesame Paste Blended With Date Syrup. *International Journal of Food Properties*, 11:1, 92-101, DOI: 10.1080/10942910701233397
7. M. Alpaslan, M. Hayta. (2002). Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. *Journal of Food Engineering*, V. 54, Is.1, P. 89-93. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00197-2)
8. E. Arslan, M.E. Yener, A.Esin. (2005). Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends. *Journal of Food Engineering*, V. 69, Is. 2, P. 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.010>
9. Akbulut, M., Saricoban, C., Ozcan, M.M. (2012). Determination of Rheological Behavior, Emulsion Stability, Color, and Sensory of Sesame Pastes

(Tahin) Blended with Pine Honey. *Food Bioprocess Technol.* 5, 1832–1839
<https://doi.org/10.1007/s11947-011-0668-6>

Bibliography (transliterated)

1. Urbech: polza i vred naturalnoy dagestanskoy pastyi. Rezhim dostupu: https://royal-forest.org/blog/urbech_polza_i_vred_naturalnoy_dagestanskoy_pasty/
2. Pasta dlya zdorovya. Chto takoe urbech, kak ego gotovyat i s chem edyat? Rezhim dostupu: https://perm.aif.ru/society/people/pasta_dlya_zdorovya_chno_takoe_urbech_kak_e_go_gotovyat_i_s_chem_ego_est
3. Akbulut, M. and Çoklar, H. (2008). Physicochemical and rheological properties of sesame pastes (tahin) processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels. *Journal of food process engineering*, 31, 488-502. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00162.x>
4. Deniz Çiftçia, Talip Kahyaoglua, Sadettin Kapucub, Sevim Kaya (2008). Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. *Journal of Food Engineering*, 87, 3, 428-435.
5. Seyed M.A. Razavi, Mohammad B. Habibi Najafi, Zahra Alae. (2007). The time independent rheological properties of low fat sesame paste/date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21, 2, 198-202. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.008>
6. S.M.A. Razavi, M.B. Habibi Najafi, Z. Alae. (2008). Rheological Characterization of Low Fat Sesame Paste Blended With Date Syrup. *International Journal of Food Properties*, 11:1, 92-101, DOI: 10.1080/10942910701233397
7. M. Alpaslan, M. Hayta. (2002). Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. *Journal of Food Engineering*, 54, 1, 89-93. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00197-2)
8. E. Arslan, M.E. Yener, A.Esin. (2005). Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends. *Journal of Food Engineering*, 69, 2, 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.010>
9. Akbulut, M., Saricoban, C., Ozcan, M.M. (2012). Determination of Rheological Behavior, Emulsion Stability, Color, and Sensory of Sesame Pastes (Tahin) Blended with Pine Honey. *Food Bioprocess Technol.* 5, 1832–1839
<https://doi.org/10.1007/s11947-011-0668-6>

УДК 577.152.31

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕТЕТЕРИФІКАЦІЇ ЖИРОВИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ІММОБІЛІЗОВАНОГО ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ

А.П. БЄЛІНСЬКА, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

О. О. ВАРАНКІНА, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Л. С. МИРОНЕНКО, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Об'єктом дослідження в роботі є біотехнологія переетерифікації жирових систем за допомогою іммобілізованого ферментного препарату Lipozyme TL IM. В роботі вирішено задачу активації ферментного препарату за допомогою зволоження водним розчином гідрокарбонату натрію з рН 7,4...7,7 (3 % мас.). Отримані результати дозволяють мінімізувати тривалість процесу переетерифікації з одночасним отриманням високоякісного продукту. Запропонована обробка ферментного препарату дозволяє знизити тривалість процесу біопереетерифікації в модельній жировій суміші (пальмовий стеарин, кокосова та соєва олії у співвідношенні 1 : 1 : 1 відповідно) до 3,5...3,7 год. В результаті одержано продукт з високими якісними показниками – кислотним (до 0,26 мг КОН/г), пероксидним (до 0,60 ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг) та анізидиновим (1,70 у.о.) числами. Отримані дані пояснюються тим, що для ефективного біокаталізу ліполітичним ферментам як білковим молекулам, є необхідним існування двох фаз – ліпідної і водної, це забезпечується обґрунтованими в дослідженні параметрами активації. Особливістю отриманих результатів є можливість активації ферментного препарату, яку в промислових умовах не передбачено через загрозу гідролітичних процесів сировини і готової продукції, що призводить до погіршення якості готового продукту. Результати досліджень дозволяють мінімізувати гідролітичні процеси в жировій системі під час переетерифікації з одночасним підвищенням ефективності процесу. З практичної точки зору виявлений механізм активації дозволяє корегування умов обробки ферментного препарату в технології переетерифікації жирових систем. Прикладним аспектом використання наукового результату є можливість удосконалення типового технологічного процесу переетерифікації жирів.

Ключові слова: біотехнологічна переетерифікація, іммобілізований ферментний препарат, тривалість переетерифікації, показники якості переетерифікованого жиру.

Вступ. Основний напрям модифікації рослинних олій шляхом підвищення харчової цінності пов'язаний із застосуванням ферментативного

каталізу, а саме реакції переестерифікації. Ферментативна переестерифікація дозволяє реалізовувати глобальну перебудову олійножирової промисловості, замінивши існуючий метод гідрогенізації рослинних олій. Процес гідрогенізації супроводжується підвищенням утворенням транс-ізомерів жирних кислот, небезпечних для здоров'я людини, крім того, пов'язаний з підвищенням вмістом нікелю в продуктах реакції, який використовується як каталізатор процесу [1]. Переестерифікація є перспективною технологією отримання спеціальних жирів, призначених для кондитерської, хлібопекарської, молочної та інших галузей харчової промисловості [2, 3].

Ферментативні властивості ліпаз як гідролітичних ферментів, так і ферментів, що каталізують реакцію переестерифікації, активно досліджуються. Використання ліпаз з різним типом специфічності дає можливість здійснити процес спрямованої переестерифікації. Результатом процесу переестерифікації жирових систем може бути широкий асортимент продуктів із заданими властивостями і ацилглицерольним складом без зміни жирнокислотного складу вихідної суміші. Крім цього, метод є безпечним, екологічно чистим, не призводить до накопичення в жировій системі транс-ізомерів і практично безвідходний [4].

Однак під час реалізації даного методу виникають певні труднощі, пов'язані зі специфікою процесу. У порівнянні з більшістю інших промислових ферментативних процесів переестерифікація має особливість: присутність двофазної реакційної системи. В такій системі субстрат і продукт ферментативної реакції розташовані в рідкій фазі, яка не змішується з водою, а фермент є активним на поверхні розділу фаз. Крім того, до технологічних аспектів належать суттєва витрата ферментного препарату за умови недостатньої раціоналізації технології; використання здатності гідролітичного ферменту каталізувати реакцію, що є зворотною властивістю йому в природі реакції, тощо [4, 5].

У зв'язку з широкими можливостями застосування ферментних препаратів ліпаз важливими завданнями є підвищення їхньої ферментативної активності та зниження витрати ферментних препаратів [4, 6]. Ці завдання можна вирішити шляхом підвищення каталітичної активності та термостабільності препарату. Удосконалення технології дозволить зменшити обсяги відходів виробництва, раціоналізувати режими переробки, обґрунтовано використовувати наявні матеріальні ресурси.

Таким чином, з метою отримання безпечної жирової продукції регульованого складу високої харчової та біологічної цінності, раціоналізації технологічного процесу, зменшення кількості відходів олійножирового виробництва є доцільним удосконалити технологію біотехнологічної переестерифікації. Впровадження в технологічний процес результатів такого дослідження є необхідним, оскільки наявна потреба у високоякісних спеціальних жирах для виробництва харчової продукції.

Надбанням біотехнології, яка наразі інтенсивно розвивається, є широке виробництво, а також використання ферментних препаратів, що продукуються різними мікроорганізмами і відрізняються за субстратною

специфічністю та механізмом дії. Ферментні препарати мікробіологічного походження дедалі частіше замінюють звичайні хімічні каталізатори у низці промислових процесів. Такі препарати, крім екологічності та високої активності, мають ряд переваг перед ферментними препаратами рослинного та тваринного походження. Серед переваг можна виділити наступні [7]:

- виробництво мікробіологічних ферментів в біореакторах є легко контрольованим та передбачуваним;
- екскретовані мікробіологічні ферменти є більш стійкими порівняно з внутрішньоклітинними тваринними та рослинними аналогами;
- генетична різноманітність мікроорганізмів дозволяє виробляти ферментні препарати із широким діапазоном специфічності;
- мікробіологічний синтез ферментів може тривати цілий рік, на відміну виробництва рослинних ферментів, яке часто є сезонним.

Переетерифікацію проводять з використанням ліпаз у водно-органічних середовищах. Застосування органічних розчинників значно розширює кількість реакцій, які можна здійснювати, використовуючи ферментативний каталіз і, особливо, у разі застосування ліполітичних ферментів унаслідок того, що субстратами цієї групи ферментів є гідрофобні сполуки [8]. У двофазних водно-органічних системах можна досягти значних зрушень рівноваги реакцій, оптимізуючи співвідношення двох фаз та регулюючи значення коефіцієнтів розподілу компонентів між ними. Розвиток та вдосконалення цього методу йде двома шляхами:

- пошук нових продуцентів ліпаз з метою отримання високоефективних та специфічних каталізаторів;
- розробка нових матеріалів та способів іммобілізації ферментів. Іммобілізація ферментних препаратів ліпаз дозволяє підвищити їхню ліполітичну активність щодо вихідних ферментів у 5–12 разів [8, 9].

Принцип, покладений в основу усіх методів визначення активності ферменту, полягає у реєстрації швидкості втрат субстрату (тобто речовини, на яку діє фермент) чи швидкості біосинтезу продуктів реакції. Особливістю ферментативних реакцій є наявність залежності швидкості ферментативної реакції від температури в досить вузькому інтервалі температур, що характеризується так званим температурним оптимумом реакції [8, 9].

В роботі [10] апробовано можливість активації ферментного препарату Амілоризин П10х (продуцент – *Aspeigillus oryzae*) з допомогою акустичного впливу звуку певної частоти діапазону 20–20000 Гц. Встановлено, що акустична обробка здатна як знижувати, і підвищувати амілолітичну активність ферментного препарату. Але залишається невирішеним питання негативних наслідків такого акустичного впливу на здоров'я персоналу, що обслуговує виробництво.

Відомий спосіб активації іммобілізованого гетерогенного ферментного препарату (продуцент – *Geobacillus stearothermophilus* G3, носій – амінований силікагель) [11]. В роботі досліджено вплив на вихід метилових ефірів жирних кислот у реакції метанолізу соняшникової олії таких факторів:

- природи розчинника;

- температури процесу;
- мольного співвідношення метанол:олія;
- кількості води та каталізатора.

Показано високу стабільність біокаталізатору у реакції за обґрунтованих оптимальних умов: через 480 годин експлуатації (20 циклів) зберігалось понад 50 % від його початкової активності. Це робить вказаний біокаталізатор перспективним для використання у виробництві ефірів жирних кислот – сировини для отримання біодизельного палива. Але відсутні дані щодо активації даного ферментного препарату під час реакції міжмолекулярної переестерифікації.

У дослідженні [12] оцінено ефект від активації ферментного препарату (продуцент – *Candida antarctica*, носій – хітозан). Проведено активацію хітозану як носію за допомогою дивінілсульфону за різних значень рН. Після іммобілізації ферментний препарат інкубували в лужних умовах у буфері з подальшою інкубацією в етилендіаміні з метою блокування решти реакційноздатних груп. В результаті експериментів отримано найвищу термічну стабільність ліпазу за умови активації дивінілсульфоном за рН 10,0. Показано, що отримані результати активації є кращими, ніж ті, що отримані під час використання глутарового альдегіду як реагенту, що активує носій – хітозан. Недоліком дослідження є використання хімічних реагентів, які не є бажаними для використання у виробництві харчових продуктів.

Відомий спосіб [13] активації фосфорорганічної гідролази (продуцент – *Flavobacterium*, носій – модифікована епоксидною смолою целюлоза). Активацію було проведено двома різними методами з використанням 1,4-бутандіолдигліцидилового ефіру і 1,1'-карбонілдіімідазолу. Обґрунтовано раціональні умови впливу на параметри активності іммобілізованого ферменту в обох способах активації. Недоліком дослідження є висока чутливість 1,1'-карбонілдіімідазолу до вологи, що утруднює його застосування в біокаталізі. Що стосується бутандіолдигліцидилового ефіру, то цей реагент має помірну токсичність для людини. Варіантом подолання відповідних недоліків може бути додаткові стадії очищення продукції, але це є недоцільним з економічної точки зору.

Перспективним є дослідження [14], де було розглянуто вплив ряду сполук на активність ферментного препарату панкреатичної ліпази (продуцент – клітини підшлункової залози крупної рогатої худоби). Проведені дослідження дозволили встановити, що за відсутності іонів Ca^{2+} ферментний препарат має знижену активність. У той же час, внесення розчину хлористого кальцію призводить до значної його активації. Було показано, що іони Mg^{2+} поряд з іонами Ca^{2+} сприяють підвищенню ліпазної активності, але меншою мірою. Причому хлориди мають більш виражений ефект, ніж сульфати. Встановлено, що рівень впливу неорганічних сполук на швидкість реакції залежить від ступеня емульгування субстрату. Але серед результатів дослідження відсутні дані щодо впливу означених активаторів на іммобілізовану форму ліполітичних ферментних препаратів.

В роботі [15] обґрунтовано необхідність присутності води у складі іммобілізованого ферментного препарату *Lipozyme RM IM* (продуцент ферментного препарату – *Rhizomucor miehei*, носій – іонообмінна смола) під час переестерифікації між кокосовою олією і високоолеїновою рапсовою олією. Відзначено, що в системі моделювання молекулярної динаміки з низьким вмістом води (5 %) молекули води надавали певного стабілізаційного ефекту ліпазі в складі *Lipozyme RM IM* за допомогою водневих зв'язків. Це допомагало закріпити активні центри ферменту, що, в свою чергу, призвело до збільшення активності ферментного препарату. Але відсутні дані щодо активації ліполітичних ферментних препаратів, що іммобілізовані на інших носіях, зокрема на силікагелі.

Аналіз профільних наукових публікації дозволяє стверджувати, що доцільним є проведення дослідження, присвяченого активації ферментного препарату *Lipozyme TL IM* (продуцент ферментного препарату – *Thermomyces lanuginosus*, носій – силікагель). Ферментний препарат широко використовується в біотехнологічній переестерифікації жирових систем і представляє собою суміш гідролітичних ферментів, переважно ліпаз, іммобілізованих на силікагелі. Силікагель як носій, на відміну від ряду інших аналогів, має утримувати певну кількість води для підтримки активності ліпази на поверхні розподілу фаз [16]. Але існує певний брак даних щодо способів активації подібних ферментних препаратів або ферментів, іммобілізованих на силікагелі. Зважаючи на це, є актуальним дослідження впливу на ефективність біотехнологічної переестерифікації жирових систем за допомогою ліпаз, іммобілізованих на силікагелі, попереднього зволоження водними розчинами з різною величиною рН. Відповідно, важливим є обґрунтування раціональних значень рН водного розчину та величини попереднього зволоження іммобілізованого на силікагелі ферментного препарату. Це дозволить підвищити ефективність процесу біотехнологічної переестерифікації широкого спектру жирових систем.

Метою дослідження є удосконалення біотехнологічної переестерифікації жирових систем з використанням іммобілізованого ферментного препарату. Це дасть можливість мінімізації тривалості процесу переестерифікації з одночасним отриманням високоякісного переестерифікованого жирового продукту.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі задачі:

- визначити фізико-хімічні показники і жирнокислотний склад жирової сировини для біотехнологічної переестерифікації;
- дослідити залежність ефективності біотехнологічної переестерифікації від попереднього зволоження іммобілізованого ферментного препарату та рН водного розчину;
- визначити фізико-хімічні показники і жирнокислотний склад переестерифікованого жирового продукту, отриманого за удосконаленою технологією, порівняти його з аналогом, виготовленим за традиційною технологією.

Результати досліджень. Визначено фізико-хімічні показники дослідних зразків жирової сировини для біотехнологічної переестерифікації. Результати дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники дослідних зразків жирової сировини для біотехнологічної переестерифікації

Фізико-хімічні показники	Зразки рафінованої, вибіленої та дезодорованої жирової сировини		
	пальмовий стеарин	кокосова олія	соєва олія
Кислотне число, мг <i>KOH</i> /г	0,12	0,20	0,18
Пероксидне число, ммоль $\frac{1}{2} O$ /кг	0,34	0,52	0,75
Анізидинове число, у.о.	1,50	1,75	1,80
Масова частка фосфоровмісних речовин у перерахунку на стеароолеолецитин, %	відсутність		
Масова частка вологи та летких речовин, %	0,03	0,02	0,01
Температура плавлення, °C	47,4	24,3	-16,4

Згідно з результатами досліджень, дослідні зразки жирової сировини відповідають вимогам, встановленим у відповідній нормативній документації – ДСТУ 4439/CAS 91079-14-0, ДСТУ 4562/CAS 8001-31-8, ДСТУ 4534/CAS 8001-22-7.

Визначено жирнокислотний склад дослідних зразків жирової сировини для біотехнологічної переестерифікації. Результати дослідження наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Жирнокислотний склад дослідних зразків жирової сировини для біотехнологічної переестерифікації

Жирні кислоти	Зразки рафінованої, вибіленої та дезодорованої жирової сировини		
	пальмовий стеарин	кокосова олія	соєва олія
1	2	3	4
C _{8:0}	–	8,17	–
C _{10:0}	–	6,24	–
C _{12:0}	0,23	49,02	–
C _{14:0}	1,25	19,76	–
C _{16:0}	67,14	8,15	10,78
C _{16:1}	0,02	–	5,68
C _{18:0}	4,36	1,83	24,16
C _{18:1}	21,23	5,36	1,09
C _{18:2}	5,25	1,47	49,51

Продовж. таблиці 2

1	2	3	4
C _{18:3}	0,14	–	7,68
C _{20:0}	0,38	–	0,45
C _{20:1}	–	–	0,23
C _{22:0}	–	–	0,42
Разом	100,00	100,00	100,00

Відповідно до результатів досліджень, обрана сировина не містить трансізомерів жирних кислот, вміст яких регламентується для харчової продукції. Жирову сировину обрано з міркувань максимізації видів ацилів різної молекулярної маси та різного ступеню насиченості для комплексного оцінювання фізико-хімічних показників отриманих переестерифікованих жирових продуктів.

Відповідно з метою удосконалення біотехнологічної переестерифікації жирових систем з використанням іммобілізованого ферментного препарату досліджено залежність ефективності процесу від таких факторів:

- попереднє зволоження ферментного препарату, $C_{w.s.}$, %;
- рН водного розчину, $pH_{w.s.}$, од.

Критеріями ефективності біотехнологічної переестерифікації обрано:

- тривалість процесу – час, після якого температура плавлення жирового продукту реакції вже практично не змінюється, $\tau_{f.p.}$, год.;
- кислотне число переестерифікованого жиру, $AN_{f.p.}$, мг КОН/г;
- пероксидне число переестерифікованого жиру, $PN_{f.p.}$, ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг.

Модельна жирова суміш для біотехнологічної переестерифікації складалася з пальмового стеарину, кокосової та соєвої олії у співвідношенні 1:1:1 відповідно. Для визначення залежності тривалості процесу біотехнологічної переестерифікації, кислотного числа, пероксидного числа жирового продукту від попереднього зволоження іммобілізованого ферментного препарату та рН водного розчину обрано метод багатофакторної регресії з побудовою поверхонь відгуку. Для побудови моделі використовували метод повного факторного експерименту.

Попереднє зволоження іммобілізованого ферментного препарату варіювали в інтервалі 0...10 % з кроком 2 %. рН водного розчину (лимонної кислоти або гідрокарбонату натрію) варіювали в інтервалі 6,5...8,3 з кроком 0,3. Необхідно сказати, що вказані кислотний та лужний реагенти обрано через їх доволі «м'яку» дію на тригліцериди жирової реакційної суміші в попередніх дослідах з біотехнологічної переестерифікації порівняно з такими реагентами як хлороводнева кислота та натрію гідроксид.

Тривалість експозиції зволоженого ферментного препарату складала 1 годину. Температура плавлення переестерифікованого жиру в залежності від способу зволоження ферментного препарату складала 32,3...32,6 °С.

Отримані значення тривалості процесу біотехнологічної переестерифікації знаходилися в межах 3,2...5,0 год.; кислотного числа

переестерифікованих жирів – в межах 0,20...0,72 мг КОН/г; пероксидного числа переестерифікованих жирів – 0,55...0,85 ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг. Поверхні отриманих залежностей представлено на рис. 1, а–в.

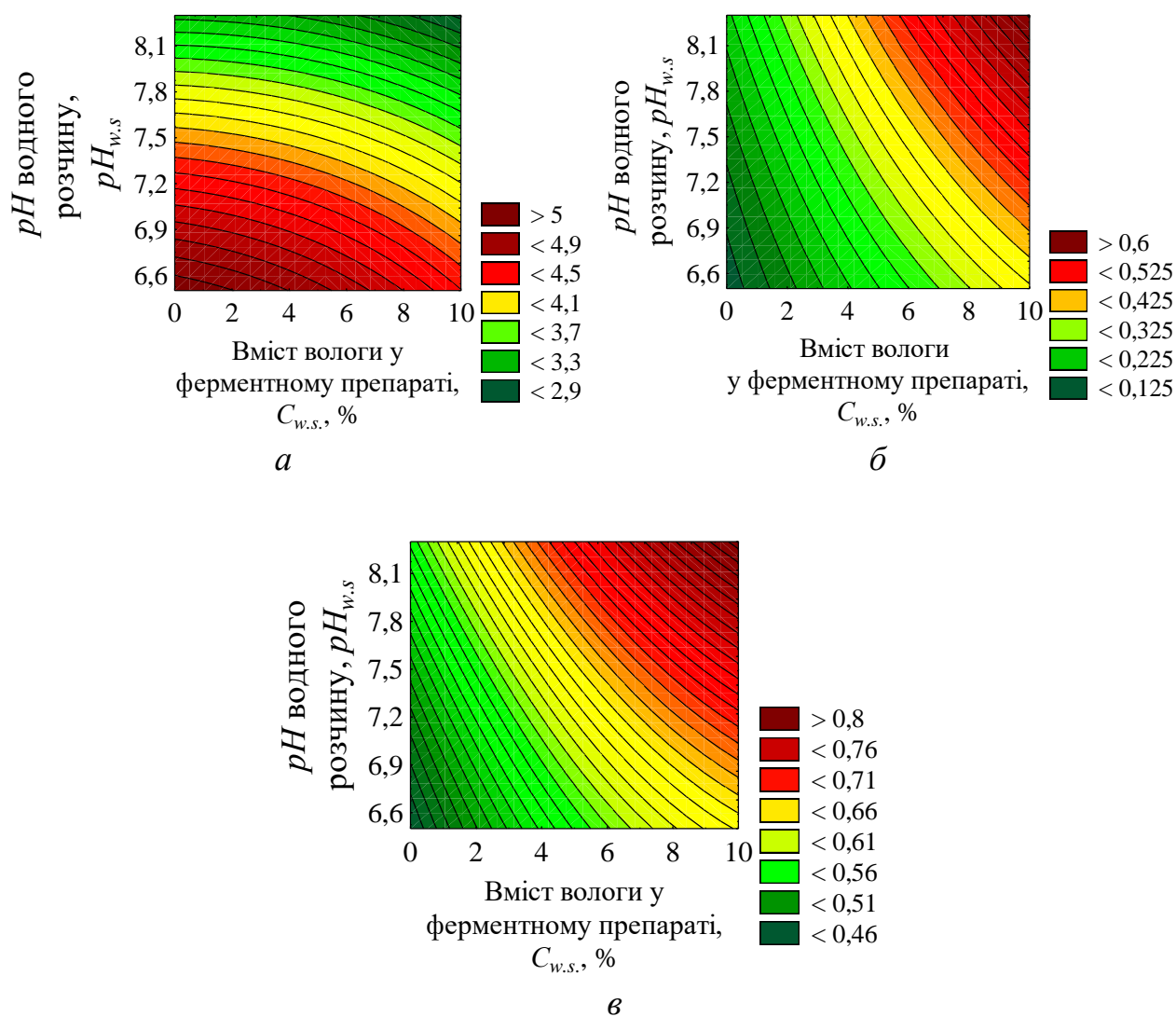


Рисунок 1 – Залежність від величини попереднього зволоження іммобілізованого ферментного препарату та рН водного розчину: *а* – тривалості процесу біотехнологічної переестерифікації; *б* – кислотного числа; *в* – пероксидного числа переестерифікованих жирів

За допомогою рівнянь (1)–(3) представлено апроксимаційні залежності параметрів ефективності процесу біотехнологічної переестерифікації, а саме:

- тривалості процесу ($\tau_{f.p.}$);
- кислотного числа продукту ($AN_{f.p.}$);
- пероксидного числа продукту ($PN_{f.p.}$) від факторів;
- попереднього зволоження ферментного препарату ($C_{w.s.}$);
- рН водного розчину для зволоження ($pH_{w.s.}$).

$$\begin{aligned} \tau_{f.p.}(C_{w.s.}, pH_{w.s.}) = & 5,0358 \cdot 0,1331 \cdot C_{w.s.} + \\ & + 0,8006 \cdot pH_{w.s.} - 0,0037 \cdot C_{w.s.}^2 + \\ & + 0,0158 \cdot C_{w.s.} \cdot pH_{w.s.} - 0,1221 \cdot pH_{w.s.}^2; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} AN_{f.p.}(C_{w.s.}, pH_{w.s.}) = & 0,2132 - 0,0328 \cdot C_{w.s.} - \\ & - 0,0763 \cdot pH_{w.s.} + 0,0004 \cdot C_{w.s.}^2 + \\ & + 0,0096 \cdot C_{w.s.} \cdot pH_{w.s.} + 0,0093 \cdot pH_{w.s.}^2; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} PN_{f.p.}(C_{w.s.}, pH_{w.s.}) = & 0,5533 + 0,0011 \cdot C_{w.s.} - \\ & - 0,0751 \cdot pH_{w.s.} - 0,0008 \cdot C_{w.s.}^2 + \\ & + 0,0039 \cdot C_{w.s.} \cdot pH_{w.s.} + 0,0093 \cdot pH_{w.s.}^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Необхідно зазначити, що наведені апроксимаційні залежності описують реальний процес адекватно в інтервалах зволоження іммобілізованого ферментного препарату 0...10 % і рН водного розчину для зволоження – 6,5...8,3. Отже, окреслено діапазон досліджених факторів, а саме:

- величини зволоження ферментного препарату водним розчином гідрокарбонату натрію (3...4 % мас.);
- рН розчину для зволоження (7,4...7,7);
- при якому ефективність процесу переетерифікації підвищилася, а саме:
 - тривалість процесу – 3,5...3,7 год.,
 - кислотне число переетерифікованих жирів – 0,15...0,20 мг КОН/г;
 - пероксидне число продукту – 0,20...0,40 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг.

Варто відзначити, що зволоження ферментного препарату водними розчинами у кількості більш, ніж 3...4 % мас. в діапазоні рН, що досліджувався, призводить до погіршення фізико-хімічних показників переетерифікованих жирів. Під час зволоження розчинами з рН менше, ніж 7,3, і більше, ніж 7,8, крім реакції переетерифікації, перетікає реакція гідролізу жирової реакційної суміші і, відповідно, реакції окиснювального псування. Це можна ідентифікувати через позитивну пробу на мило (за умови дії лужних розчинів у кількості більш, ніж 3...4 % мас.). Також за вказаних умов перетікають процеси накопичення вільних жирних кислот та первинних продуктів окиснення (підвищення кислотного та пероксидного чисел), це знижує якісні показники кінцевого продукту.

Грунтуючись на отриманих результатах досліджень, скориговано умови проведення біотехнологічної переетерифікації (п. п. 4. 2). Запропоноване зволоження іммобілізованого ферментного препарату водним розчином гідрокарбонату натрію з рН у діапазоні 7,4...7,7 у кількості 3 % мас. і витримки зволоженого ферментного препарату протягом 15 хвилин.

Визначено фізико-хімічні показники переетерифікованого жиру, отриманого за удосконаленою технологією. Результати дослідження порівняно з фізико-хімічними показниками переетерифікованого жиру,

отриманого за загальноприйнятою технологією (зволоження ферментного препарату – 0 %) і наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники переестерифікованого жиру, отриманого за удосконаленою технологією

Фізико-хімічні показники	Зразки переестерифікованого жиру, отриманого за технологією	
	удосконаленою	загальноприйнятою (контрольний зразок)
Кислотне число, мг КОН/г	0,24	0,26
Пероксидне число, ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг	0,58	0,60
Анізидинове число, у.о.	1,70	1,70
Масова частка вологи та летких речовин, %	0,02	0,04
Температура плавлення, °С	33,4	33,2
Тривалість процесу біопереестерифікації, год.	3,5	5,0

Згідно з отриманими результатами досліджень (табл. 3), зразок переестерифікованого жиру, отриманого за удосконаленою технологією, практично не відрізняється від зразку переестерифікованого жиру, отриманого за загальноприйнятою технологією. Різниця між зразками, що досліджувалися, є лише у тривалості процесу біотехнологічної переестерифікації, яка за удосконаленою технологією становить 3,5 години, що на 30 % менше, ніж у контрольного зразка. Необхідно додати, що отриманий зразок продукції за фізико-хімічними показниками відповідає вимогам ДСТУ 4336.

Визначено жирнокислотний склад переестерифікованого жиру, отриманого за удосконаленою технологією. Результати дослідження наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Жирнокислотний склад переестерифікованого жиру, отриманого за удосконаленою технологією

Вміст жирних кислот, %													
C _{8:0}	C _{10:0}	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}	C _{20:1}	C _{22:0}	Разом
2,81	2,11	16,40	6,98	28,67	1,91	10,11	9,22	18,73	2,59	0,26	0,07	0,14	100,00

Відповідно до результатів досліджень, процес переестерифікації пройшов у повному обсязі (відповідно до даних табл. 2), обрана сировина не містить трансізомерів жирних кислот, вміст яких регламентується для харчової продукції.

Досліджено удосконалення біотехнологічної переестерифікації жирових систем з використанням іммобілізованого ферментного препарату *Lipozyme TL IM* (Novozymes A/S, Данія). Удосконалення передбачає

попереднє зволоження іммобілізованого ферментного препарату водним розчином гідрокарбонату натрію з рН 7,4...7,7 (3...4 % мас.) та експозицію зволоженого ферментного препарату протягом 15 хвилин. Відповідно до даних рис. 1, та рівнянь (1)–(3), активація ферментного препарату дозволяє знизити тривалість процесу в модельній жировій суміші (пальмовий стеарин, кокосова та соєва олії у співвідношенні 1:1:1 відповідно) до 3,5...3,7 год. При цьому зберігається повна переестерифікація (згідно даних, наведених в табл. 2, 4) та синтезується продукт з високими якісними показниками (згідно даних, наведених в табл. 1, 3):

- кислотним числом (до 0,26 мг КОН/г);
- пероксидним числом (до 0,60 ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг);
- анізидиновим числом (1,70 у.о.).

Від існуючих наукових досліджень [17, 18], дана робота відрізняється пошуком шляхів активації іммобілізованого ферментного препарату *Lipozyme TL IM* перед переестерифікацією за допомогою зволоження водним розчином гідрокарбонату натрію в діапазоні рН 6,5...8,3. Варто відзначити, що під час промислового використання цього ферментного препарату не передбачається його активація шляхом зволоження водними розчинами. Але запропонована стадія біотехнологічної переестерифікації дозволяє суттєво скоротити тривалість процесу (близько 30 %) та практично не вплинути на такі важливі фізико-хімічні показники готового продукту як кислотне та пероксидне числа (табл. 3).

Результати проведених досліджень дозволяють більш ефективно та швидко проводити процес біотехнологічної переестерифікації жирової сировини з використанням іммобілізованого ферментного препарату *Lipozyme TL IM*. Одержані результати роботи (зокрема апроксимаційні залежності 1–3) є науковим доробком, який має сприяти більш раціональному використанню вказаного ферментного препарату в біотехнологічній переестерифікації.

Обмеження використання результатів роботи полягає у тому, що в дослідженні використано жирову сировину з певними характеристиками:

- фізико-хімічними показниками (зокрема, кислотним, пероксидним та анізидиновим числами – відповідно до даних в табл. 1);
- жирнокислотним складом (відповідно до даних в табл. 2).

Тому у випадку використання в процесі біопереестерифікації жирової сировини з іншим складом та фізико-хімічними характеристиками, необхідно враховувати ці показники для корегування заданих характеристик і фізико-хімічних показників готової продукції.

Недоліком дослідження є відсутність даних щодо впливу зволоження водними розчинами (лимонної кислоти або гідрокарбонату натрію) на інші види іммобілізованих ферментних препаратів, які використовуються в біотехнологічній переестерифікації жирів. Бо, окрім *Lipozyme TL IM*, мають широкий попит на ринку такі ферментні препарати як *Novozymes A/S* для переестерифікації жирів, як *Novozym 435*, *Lipozyme RM* та інші.

Варто відзначити перспективні напрямки даної роботи щодо удосконалення біотехнологічної переетерифікації жирових систем з одержанням стабільного до окиснення продукту. Це, насамперед, створення вибірки жирової сировини з широким діапазоном фізико-хімічних показників та жирнокислотного складу з наступним дослідження впливу характеристик вихідних компонентів жирових систем на якість переетерифікованого жиру.

Висновки.

1. Визначено фізико-хімічні показники (кислотне, пероксидне, анізидинове числа, масова частка фосфоровмісних речовин, масова частка вологи, температура плавлення) і жирнокислотний склад жирової сировини (пальмовий стеарин, кокосова, соєва олії) для біотехнологічної переетерифікації. Означена жирова сировина відповідає вимогам ДСТУ 4439, ДСТУ 4562, ДСТУ 4534 відповідно.

2. Встановлено залежність тривалості процесу біотехнологічної переетерифікації, кислотного та пероксидного чисел жирового продукту від попереднього зволоження іммобілізованого ферментного препарату та рН водного розчину, що дозволяє знизити тривалість процесу біотехнологічної переетерифікації приблизно на 30 %. Раціональні значення параметрів: вміст водного розчину гідрокарбонату натрію – 3...4 % від маси іммобілізованого ферментного препарату; рН розчину гідрокарбонату натрію – 7,4...7,7. В обґрунтованих інтервалах параметрів вміст вологи і лужного агенту не впливають на величину кислотного та пероксидного чисел жирового продукту. Тривалість витримки зволоженого ферментного препарату протягом 15 хв. є ефективною для процесу активації ферментного препарату. За означених умов кислотне число переетерифікованого продукту не перевищує 0,24 мг КОН/г, пероксидне число – 0,60 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг, анізидинове число – 1,70 у.о.

3. За фізико-хімічними показниками зразок переетерифікованого жиру, отриманого за удосконаленою технологією, відповідає показникам зразку переетерифікованого жиру, отриманого за загальноприйнятою технологією, одержаного без зволоження лужним розчином іммобілізованого ферменту, згідно ДСТУ 4336. Характеристики отриманого зразку переетерифікованого жиру: кислотне число – 0,26 мг КОН/г; пероксидне число – 0,60 ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг анізидинове число – 1,70 у.о.; масова частка вологи та летких речовин – 0,04 %; температура плавлення – 33,2 °С.

Література

1. Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Bielykh, I., Khosha, V., Rudnieva, K. (2019). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/11 (101), 6–14. doi: 10.15587/1729-4061.2019.178908.

2. Kumar, A., Dhar, K., Kanwar, S. S. *et al.* (2016). Lipase catalysis in organic solvents: advantages and applications. *Biological Procedures Online*, 18, 1. doi: [10.1186/s12575-016-0033-2](https://doi.org/10.1186/s12575-016-0033-2).
3. Sytnik, N., Demidov, I., Kunitsa, E., Mazaeva, V., Chumak, O. (2016). A study of fat interesterification parameters' effect on the catalytic reaction activity of potassium glycerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(6), 33–38. doi: [10.15587/1729-4061.2016.71236](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71236).
4. Remonato, D., Miotti, Jr. R., Monti, R. *et al.* (2022). Applications of immobilized lipases in enzymatic reactors: A review. *Process Biochemistry*, 114, 1–20. doi: [10.1016/j.procbio.2022.01.004](https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.01.004).
5. Xie, W., Zang, X. (2016). Immobilized lipase on core–shell structured Fe₃O₄–MCM-41 nanocomposites as a magnetically recyclable biocatalyst for interesterification of soybean oil and lard. *Food Chemistry*, 194, 1283–1292. doi: [10.1016/j.foodchem.2015.09.009](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.009).
6. Meunier, S. M., Kariminia, H.-R., Legge, R. L. (2016). Immobilized enzyme technology for biodiesel production. *Advances in Biofeedstocks and Biofuels*, 2, 67–106. doi: [10.1002/9781119117551.ch3](https://doi.org/10.1002/9781119117551.ch3).
7. Zhang, H., Secundo, F. (2022). Advances in enzyme biocatalysis for the preparation of functional lipids. *Biotechnology Advances*, 61, 108036. doi: [10.1016/j.biotechadv.2022.108036](https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.108036).
8. Kutluk, T., Kutluk, B. G. (2022). A commercial lipase Resinase® HT (*Aspergillus oryzae*) efficiency on triglycerides transesterification and process optimization. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100862. doi: [10.1016/j.scp.2022.100862](https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100862).
9. Fernández, A., Longo, M. A., Deive, F. J. (2022). Dual role of a natural deep eutectic solvent as lipase extractant and transesterification enhancer. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131095. doi: [10.1016/j.jclepro.2022.131095](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131095).
10. Sharma, S., Bhatt, R. (2021). *Enhanced production of Commercially Important Amylolytic Enzyme*. Lambert Academic Publishing. ISBN: 978-3-330-06995-4.
11. Samoylova, Yu., Piligaev, A., Sorokina, K. N. (2016). Application of the immobilized bacterial recombinant lipase from *Geobacillus stearothermophilus* G3 for the production of fatty acid methyl esters. *Catalysis in Industry* 8(2), 187–193. doi: [10.1134/S2070050416020082](https://doi.org/10.1134/S2070050416020082).
12. Pinheiro, B. B., Riosa, N. S., Rodríguez Aguado, E., Fernandez-Lafuente, R. (2019). Chitosan activated with divinyl sulfone: a new heterofunctional support for enzyme immobilization. Application in the immobilization of lipase B from *Candida antarctica*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 798–809. doi: [10.1016/j.ijbiomac.2019.02.145](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.145).
13. Ismail, A. R., Kashtoh, H., Baek, K. H. *et al.* (2021). Temperature-resistant and solvent-tolerant lipases as industrial biocatalysts: Biotechnological approaches and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 127–142. doi: [10.1016/j.ijbiomac.2021.07.101](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.101).

14. Patzl-Fischerleitner, E., Eder, R. (2009). Determination of enzymatic activities of commercial enzyme preparations. *Mitteilungen Klosterneuburg* 59(1), 8–14. doi: 10.1016/S0308-8146(97)00088-5
15. Penga, B., Chena, F., Liu, X. et al. (2020). Trace water activity could improve the formation of 1,3-oleic-2-medium chain-rich triacylglycerols by promoting acyl migration in the lipase RM IM catalyzed interesterification. *Food Chemistry*, 113, 126130. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126130.
16. Osorio, N. M., da Fonseca, M. R., Ferreira-Dias S. (2006). Operational stability of *Thermomyces lanuginosus* lipase during interesterification of fat in continuous packed-bed reactor. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 545–553. doi: 10.1002/ejlt.200600029.
17. Zhang, Zh., Lee, W. Ju., Sun, X. (2022). Enzymatic interesterification of palm olein in a continuous packed bed reactor: Effect of process parameters on the properties of fats and immobilized *Thermomyces lanuginosus* lipase. *Food Science and Technology*, 162, 113459. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113459.
18. Nekrasov, P. O., Gudz, O. M., Nekrasov, O. P., Berezka, T. O. (2020). Optimizing the parameters of the production process of fat systems with a minimum content of trans-isomers. *Питання хімії та хімічної технології*, 3, 128–133. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/50138>.

Bibliography (transliterated)

1. Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Bielykh, I., Khosha, V., Rudnieva, K. (2019). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/11 (101), 6–14. doi: 10.15587/1729-4061.2019.178908.
2. Kumar, A., Dhar, K., Kanwar, S. S. et al. (2016). Lipase catalysis in organic solvents: advantages and applications. *Biological Procedures Online*, 18, 1. doi: <https://doi.org/10.1186/s12575-016-0033-2>.
3. Sytnik, N., Demidov, I., Kunitsa, E., Mazaeva, V., Chumak, O. (2016). A study of fat interesterification parameters' effect on the catalytic reaction activity of potassium glycerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(6), 33–38. doi: 10.15587/1729-4061.2016.71236.
4. Remonato, D., Miotti, Jr. R., Monti, R. et al. (2022). Applications of immobilized lipases in enzymatic reactors: A review. *Process Biochemistry*, 114, 1–20. doi:10.1016/j.procbio.2022.01.004.
5. Xie, W., Zang, X. (2016). Immobilized lipase on core–shell structured Fe₃O₄–MCM-41 nanocomposites as a magnetically recyclable biocatalyst for interesterification of soybean oil and lard. *Food Chemistry*, 194, 1283–1292. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.009.
6. Meunier, S. M., Kariminia, H.-R., Legge R. L. (2016). Immobilized enzyme technology for biodiesel production. *Advances in Biofeedstocks and Biofuels*, 2, 67–106. doi: 10.1002/9781119117551.ch3.

7. Zhang, H., Secundo, F. (2022). Advances in enzyme biocatalysis for the preparation of functional lipids. *Biotechnology Advances*, 61, 108036. doi: 10.1016/j.biotechadv.2022.108036.
8. Kutluk, T., Kutluk, B. G. (2022). A commercial lipase Resinase® HT (*Aspergillus oryzae*) efficiency on triglycerides transesterification and process optimization. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100862. doi: 10.1016/j.scp.2022.100862.
9. Fernández, A., Longo, M. A., Deive, F. J. (2022). Dual role of a natural deep eutectic solvent as lipase extractant and transesterification enhancer. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131095. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131095.
10. Sharma, S., Bhatt, R. (2021). Enhanced production of Commercially Important Amylolytic Enzyme. Lambert Academic Publishing. ISBN: 978-3-330-06995-4.
11. Samoylova, Yu., Piligaev, A., Sorokina, K. N. (2016). Application of the immobilized bacterial recombinant lipase from *Geobacillus stearothermophilus* G3 for the production of fatty acid methyl esters. *Catalysis in Industry* 8(2), 187–193. doi: 10.1134/S2070050416020082.
12. Pinheiro, B. B., Riosa, N. S., Rodríguez Aguado, E., Fernandez-Lafuente, R. (2019). Chitosan activated with divinyl sulfone: a new heterofunctional support for enzyme immobilization. Application in the immobilization of lipase B from *Candida antarctica*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 798–809. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.02.145.
13. Ismail, A. R., Kashtoh, H., Baek, K. H. et al. (2021). Temperature-resistant and solvent-tolerant lipases as industrial biocatalysts: Biotechnological approaches and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 127–142. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.07.101.
14. Patzl-Fischerleitner, E., Eder, R. (2009). Determination of enzymatic activities of commercial enzyme preparations. *Mitteilungen Klosterneuburg* 59(1), 8–14. doi: 10.1016/S0308-8146(97)00088-5.
15. Penga, B., Chena, F., Liu, X. et al. (2020). Trace water activity could improve the formation of 1,3-oleic-2-medium chain-rich triacylglycerols by promoting acyl migration in the lipase RM IM catalyzed interesterification. *Food Chemistry*, 113, 126130. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126130.
16. Osorio, N. M., da Fonseca, M. R., Ferreira-Dias S. (2006). Operational stability of *Thermomyces lanuginosus* lipase during interesterification of fat in continuous packed-bed reactor. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 545–553. doi: 10.1002/ejlt.200600029.
17. Zhang, Zh., Lee, W. Ju., Sun, X. (2022). Enzymatic interesterification of palm olein in a continuous packed bed reactor: Effect of process parameters on the properties of fats and immobilized *Thermomyces lanuginosus* lipase. *Food Science and Technology*, 162, 113459. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113459.
18. Nekrasov, P. O., Gudz, O. M., Nekrasov, O. P., Berezka, T. O. (2020). Optimizing the parameters of the production process of fat systems with a minimum content of trans-isomers. *Питання хімії та хімічної технології*, 3, 128–133. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/50138>.

УДК 663.16

ПРОМИСЛОВА ТЕХНОЛОГІЯ БЕТА-КАРОТИНУ З *BLAKESLEA TRISPORA*

А.П. БЄЛІНСЬКА, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

І.П. ПЕТИК, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

О.О. ВАРАНКІНА, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

*Досліджено технологічні параметри, а саме температуру і тривалість процесу екстракції β-каротину з біомаси міцеліального гриба *Blakeslea trispora* рослинними оліями різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів: рафінованими дезодорованими соняшниковою, високоолеїною соняшниковою, кукурудзяною і кунжутною. Створено статистичні моделі залежностей вмісту β-каротину в олійних екстрактах означених рафінованих дезодорованих олій від температури та тривалості екстракції, а також величини аналітичних чисел, що характеризують вміст вільних жирних кислот (кислотне число) та первинних продуктів окиснення ліпідів (пероксидне число) від температури та тривалості екстракції. Визначено раціональні параметри екстракції β-каротину з біомаси *Blakeslea trispora* обраними екстрагентами (рафінованими дезодорованими соняшниковою, високоолеїною соняшниковою, кукурудзяною і кунжутною оліями) для керування технологічними властивостями його розчинів. Доведено, що застосування вказаних рафінованих дезодорованих олій як екстрагентів практично не впливає на вміст цільового продукту в олійних екстрактах біомаси, але впливає на аналітичні числа екстрактів, що характеризують вміст вільних жирних кислот, пероксидів та гідропероксидів. Найбільший вміст вільних жирних кислот спостерігається під час екстрагування β-каротину з біомаси соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кукурудзяної і кунжутної олій. Найбільший вміст первинних продуктів окиснення ліпідів (пероксидів та гідропероксидів) спостерігається під час екстрагування β-каротину з біомаси соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кунжутної олії. За допомогою отриманих апроксимаційних залежностей можна прогнозувати вміст β-каротину, а також величини кислотного і пероксидного чисел в олійних екстрактах біомаси в означених рафінованих дезодорованих оліях в залежності від температури та тривалості процесу екстракції.*

Ключові слова: міцеліальний гриб *Blakeslea trispora*, промислова біотехно-логія, β-каротин, екстрагенти, технологічні властивості, контроль та керування.

Вступ. Одним з актуальних завдань промислової біотехнології є керування процесом виробництва біологічно активних речовин, зокрема, β -каротину. Продуцентами означеної сполуки можуть служити мікроорганізми, що здатні синтезувати широкий комплекс біологічно активних речовин. Промислові штами гетероталічного міцеліального гриба *Blakeslea trispora*, зокрема КР 74⁺ и КР 86⁻, а також мікроводорість *Dunaliella salina* є надпродуцентами β -каротину. Харчова добавка Е 160a_{iii} (β -каротин мікробіологічний) як можливі побічні продукти містить певні клітинні метаболіти в мінімальній кількості (близько 1 %), що є безпечними для здоров'я [1]. Основною стадією біотехнології виробництва β -каротинвмісної біомаси є ферментація *Blakeslea trispora*, під час якої проходить біосинтез цільової речовини у ферментерах періодичним способом на патоково-екстрактних середовищах [2].

Варто відзначити, що на сьогоднішній день олійні розчини мікробіологічного β -каротину мають певний технологічний недолік – високий вміст первинних продуктів окиснення (пероксиди, гідропероксиди), вторинних продуктів окиснення (альдегіди, кетони), а також вільних жирних кислот [3, 4]. З цієї причини актуальним є питання виробництва олійних концентратів мікробіологічного β -каротину високого ступеню очищення. Рішенню даного питання присвячені численні дослідження [4 – 6].

Сучасні технології виділення β -каротину з біомаси продуцентів полягають в екстрагуванні токсичними органічними розчинниками, зокрема гексаном, що ускладнює використання його в харчових цілях [1, 3, 5].

В роботах [7 – 10] проведено дослідження з керуванням основних стадій технології отримання β -каротину, що розчинений в клітинних ліпідах біомаси *Blakeslea trispora*. Зокрема, в роботі [7] досліджено технологічні особливості екстракції розчинної і кристалічної форм β -каротину з біомаси соняшникової олією. Недоліком даної технології можна вказати використання досить високої температури (100 °С) процесу екстракції цільової сполуки, яка є досить окси- і термолабільною.

В роботах [11 – 13] наведено результати досліджень з керуванням основних стадій біотехнології культивування каротиноїдів біомасою мікроводорості *Dunaliella salina*. Зокрема, в роботі [11] обґрунтовано ефективні технологічні параметри технології отримання олійного екстракту β -каротину з біомаси мікроводорості *Dunaliella salina*. Обґрунтовано використання соняшникової олії як екстрагенту, температурний режим (близько 30 °С) і тривалість екстракції (4 доби). Слабкою стороною даної технології можна вказати велику тривалість процесу екстракції, що є недоцільною з економічної точки зору.

Альтернативний варіант рішення питання контролю та керування складу екстрактів β -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* викладено в роботі [4]. Обґрунтовано технологічні режими рафінації олійних розчинів β -каротину мікробіологічного, які забезпечують поліпшення його фізико-хімічних показників. Застосування запропонованих технологічних режимів

рафінації «β-каротину мікробіологічного в олії» дозволяє збільшити його термін зберігання більш ніж в 2,5 рази.

Таким чином, результати аналізу існуючих наукових розробок свідчать про існування високопродуктивних мікроорганізмів, що дозволяють виробляти мікробіологічний β-каротин, але єдиної думки щодо можливості контролю та керування технологічних показників екстрактів даної біологічно активної харчової добавки не існує. Вибір найбільш прийняттого технічного рішення для кожного окремого об'єкта дослідження може базуватися на результатах, що отримані в досліджуваних модельних системах. Однак, перспективним з точки зору технологічних і економічних аспектів є використання різних видів харчових неполярних екстрагентів для β-каротину, що дозволить комплексно використовувати їх технологічні особливості.

Метою даної роботи є контроль процесу екстракції олійних екстрактів β-каротину, який отримують за біотехнологією культивування міцеліального гриба *Blakeslea trispora* для керування його технологічних властивостей. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити технологічні параметри екстракції β-каротину з біомаси *Blakeslea trispora* рослинними оліями різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів;

- визначити раціональні параметри екстракції β-каротину з біомаси *Blakeslea trispora* в залежності від складу екстрагентів для керування його технологічними властивостями.

Результати досліджень. Досліджено можливість екстракції β-каротину з висушеної біомаси *Blakeslea trispora* харчовими неполярними екстрагентами – рафінованими дезодорованими оліями. Екстракція харчовими оліями дозволяє одночасно з цільовим продуктом вилучати й інші жиророзчинні біологічно активні сполуки, зокрема, поліненасичені жирні кислоти, токофероли, супутні каротиноїди. Для дослідження технологічних параметрів екстракції β-каротину з біомаси *Blakeslea trispora* процес екстракції проведено рослинними оліями різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів: рафінованими дезодорованими соняшниковою, високоолеїною соняшниковою, кукурудзяною і кунжутною.

Експерименти по визначенню залежності вмісту β-каротину в олійних екстрактах означених рафінованих дезодорованих олій від температури та тривалості екстракції проведено відповідно до плану експерименту. Факторами, що впливають на функцію відгуку – вміст β-каротину в олійних екстрактах ($C_{\beta k}(T, \tau)$, мг/г), прийнято температуру (T , °C) і тривалість процесу (τ , хв.). Результати досліджень вмісту β-каротину в олійних екстрактах означених рафінованих дезодорованих олій від температури та тривалості екстракції представлено на рис. 1 – 4.

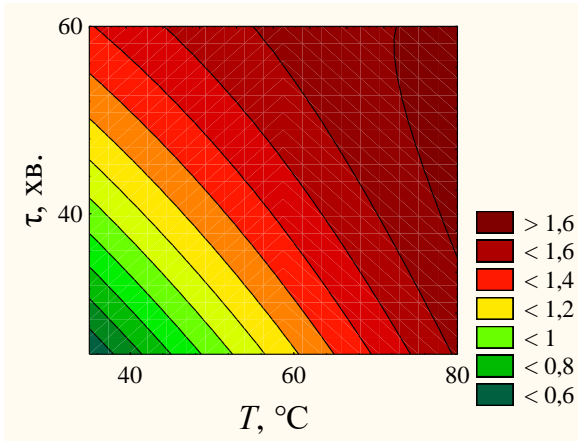


Рисунок 1 – Залежність вмісту β -каротину в олійних екстрактах рафінованої дезодорованої соняшникової олії від температури та тривалості екстракції

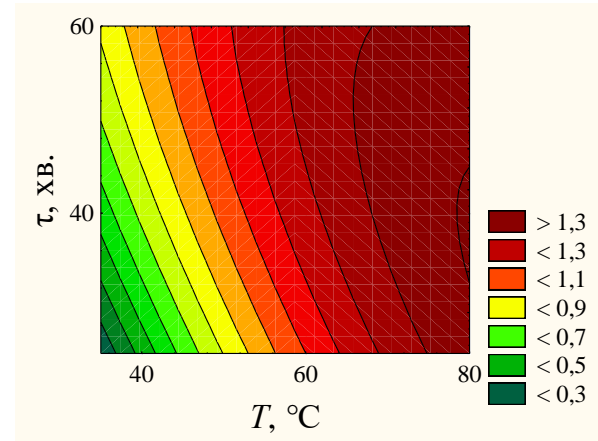


Рисунок 2 – Залежність вмісту β -каротину в олійних екстрактах рафінованої дезодорованої соняшникової високоолеїнової олії від температури та тривалості екстракції

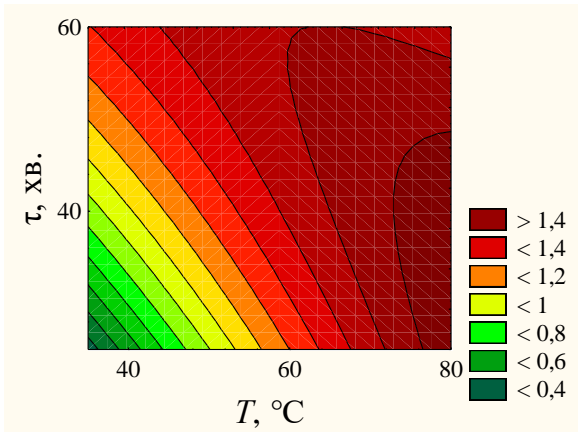


Рисунок 3 – Залежність вмісту β -каротину в олійних екстрактах рафінованої дезодорованої кукурудзяної олії від температури та тривалості екстракції

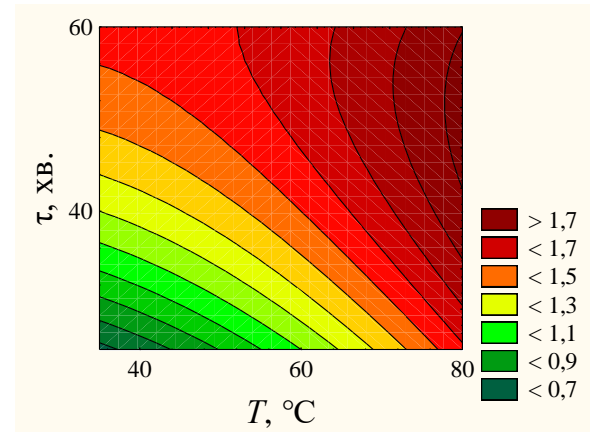


Рисунок 4 – Залежність вмісту β -каротину в олійних екстрактах рафінованої дезодорованої кунжутної олії від температури та тривалості екстракції

На основі експериментальних досліджень (рис. 1 – 4) створено статистичні моделі (1 – 4) залежностей вмісту β -каротину в олійних екстрактах означених рафінованих дезодорованих олій від температури та тривалості екстракції при величині достовірності апроксимації $R^2 > 0,921$. Варто відзначити, що отримані статистичні моделі адекватні для температури процесу 40...80 °C, тривалості процесу 30...60 хв.

$$C_{\beta k}(T, \tau)_s = -2,0875 + 0,0511 \cdot T + 0,0613 \cdot \tau - 0,0001 \cdot T^2 - 0,0005 \cdot T \cdot \tau - 0,0002 \cdot \tau^2; \quad (1)$$

$$C_{\beta k}(T, \tau)_{\text{hos}} = -2,925 + 0,0812 \cdot T + 0,0506 \cdot \tau - 0,0004 \cdot T^2 - 0,0004 \cdot T \cdot \tau - 0,0002 \cdot \tau^2; \quad (2)$$

$$C_{\beta k}(T, \tau)_{\text{corn}} = -3,1292 + 0,0751 \cdot T + 0,0794 \cdot \tau - 0,0002 \cdot T^2 - 0,0007 \cdot T \cdot \tau - 0,0003 \cdot \tau^2; \quad (3)$$

$$C_{\beta k}(T, \tau)_{\text{ses}} = -1,345 + 0,0117 \cdot T + 0,0823 \cdot \tau + 0,0002 \cdot T^2 - 0,0003 \cdot T \cdot \tau - 0,0005 \cdot \tau^2; \quad (4)$$

де $C_{\beta k}(T, \tau)_s$ – вміст β -каротину в олійних екстрактах соняшникової олії, мг/г; $C_{\beta k}(T, \tau)_{\text{hos}}$ – вміст β -каротину в олійних екстрактах соняшникової високоолеїнової олії, мг/г; $C_{\beta k}(T, \tau)_{\text{corn}}$ – вміст β -каротину в олійних екстрактах кукурудзяної олії, мг/г; $C_{\beta k}(T, \tau)$ – вміст β -каротину в олійних екстрактах кунжутної олії, мг/г; T – температура процесу, °C; τ – тривалість процесу, хв.

За допомогою даних залежностей можна прогнозувати вміст β -каротину в олійних екстрактах біомаси означених рафінованих дезодорованих олій в залежності від температури та тривалості процесу екстракції. З отриманих експериментальних даних видно, що застосування вказаних рафінованих дезодорованих олій практично не впливає на вміст β -каротину в олійних екстрактах біомаси.

Експерименти по визначенню залежності величини кислотного числа олійних розчинів β -каротину в рафінованих дезодорованих оліях від температури та тривалості екстракції проведено відповідно до плану експерименту. Показник кислотне число характеризує вміст вільних жирних кислот в продукті. Факторами, що впливають на функцію відгуку – кислотне число олійного екстракту β -каротину ($AN_{\beta k}(T, \tau)$, мг KOH/г), прийнято температуру (T , °C) і тривалість процесу (τ , хв.). Результати досліджень величини кислотного числа олійних екстрактів β -каротину в означених рафінованих дезодорованих оліях від температури та тривалості екстракції представлено на рис. 5 – 8.

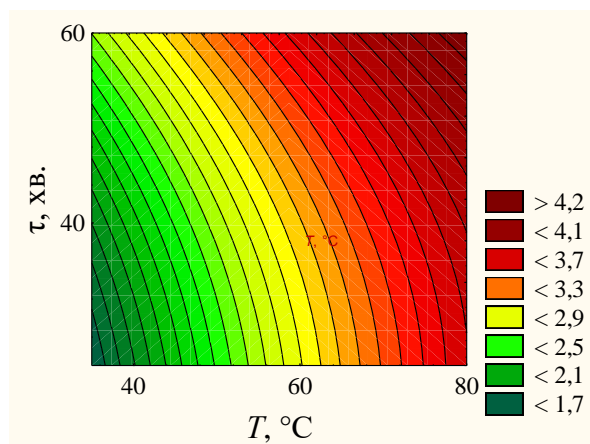


Рисунок 5 – Залежність величини кислотного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій соняшниковій олії від температури та тривалості екстракції

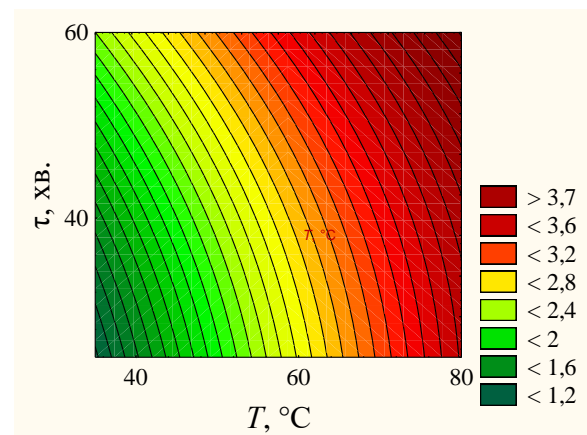


Рисунок 6 – Залежність величини кислотного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій соняшниковій високоолеїновій олії від температури та тривалості екстракції

екстракції

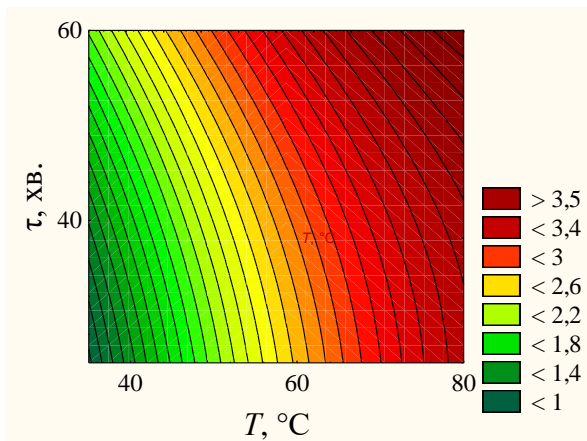


Рисунок 7 – Залежність величини кислотного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій кукурудзяній олії від температури та тривалості екстракції

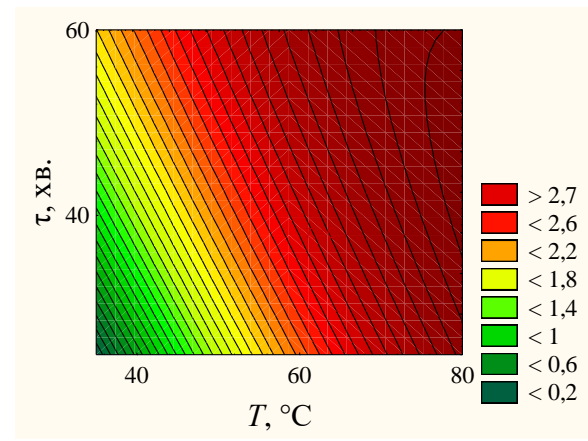


Рисунок 8 – Залежність величини кислотного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій кунжутній олії від температури та тривалості екстракції

На основі експериментальних досліджень (рис. 5 – 8) створено статистичні моделі (5 – 8) залежностей величини кислотного числа олійних екстрактів β -каротину в означених рафінованих дезодорованих оліях від температури та тривалості екстракції при величині достовірності апроксимації $R^2 > 0,943$. Отримані статистичні моделі адекватні для температури процесу 40...80 °C, тривалості процесу 30...60 хв.

$$AN_{\beta k}(T, \tau)_s = -0,975 + 0,0812 \cdot T - 0,0006 \cdot \tau - 0,0002 \cdot T^2 - 0,0002 \cdot T \cdot \tau + 0,0004 \cdot \tau^2; \quad (5)$$

$$AN_{\beta k}(T, \tau)_{hos} = -1,7222 + 0,0817 \cdot T + 0,0122 \cdot \tau - 0,0002 \cdot T^2 - 0,0003 \cdot T \cdot \tau + 0,0004 \cdot \tau^2; \quad (6)$$

$$AN_{\beta k}(T, \tau)_{corn} = -2,9556 + 0,1258 \cdot T + 0,01 \cdot \tau - 0,0005 \cdot T^2 - 0,0003 \cdot T \cdot \tau + 0,0004 \cdot \tau^2; \quad (7)$$

$$AN_{\beta k}(T, \tau)_{ses} = -7,525 + 0,1871 \cdot T + 0,1294 \cdot \tau - 0,0007 \cdot T^2 - 0,0011 \cdot T \cdot \tau - 0,0004 \cdot \tau^2; \quad (8)$$

де $AN_{\beta k}(T, \tau)_s$ – кислотне число олійних екстрактів β -каротину в соняшниковій олії, мг KOH/г; $AN_{\beta k}(T, \tau)_{hos}$ – кислотне число олійних екстрактів β -каротину в соняшниковій високоолеїновій олії, мг KOH/г; $AN_{\beta k}(T, \tau)_{corn}$ – кислотне число олійних екстрактів β -каротину в кукурудзяній олії, мг KOH/г; $AN_{\beta k}(T, \tau)$ – кислотне число олійних екстрактів β -каротину в кунжутній олії, мг KOH/г; T – температура процесу, °C; τ – тривалість процесу, хв.

Дані залежності дозволяють прогнозувати величину кислотного числа олійних екстрактів β -каротину в обраних рафінованих дезодорованих оліях в залежності від температури та тривалості процесу екстракції. З отриманих експериментальних даних видно, що найбільший вміст вільних жирних кислот спостерігається під час екстрагування з біомаси біологічно активної сполуки соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кукурудзяної і кунжутної олій.

Експерименти по визначенню залежності величини пероксидного числа олійних розчинів β -каротину в рафінованих дезодорованих оліях від температури та тривалості екстракції проведено відповідно до плану експерименту. Величина пероксидного числа характеризує вміст первинних продуктів окиснення ліпідів (пероксидів, гідрпероксидів) в продукті. Факторами, що впливають на функцію відгуку – пероксидне число олійного екстракту β -каротину ($PN_{\beta k}(T, \tau)$, $\frac{1}{2} O$ ммоль/кг), прийнято температуру (T , °C) і тривалість процесу (τ , хв.). Результати досліджень величини пероксидного числа олійних екстрактів β -каротину означених рафінованих дезодорованих олій від температури та тривалості екстракції представлено на рис. 9 – 12.

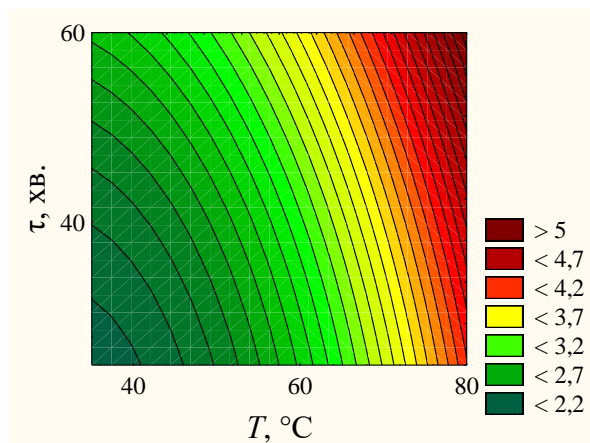


Рисунок 9 – Залежність величини пероксидного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій соняшниковій олії від температури та тривалості екстракції

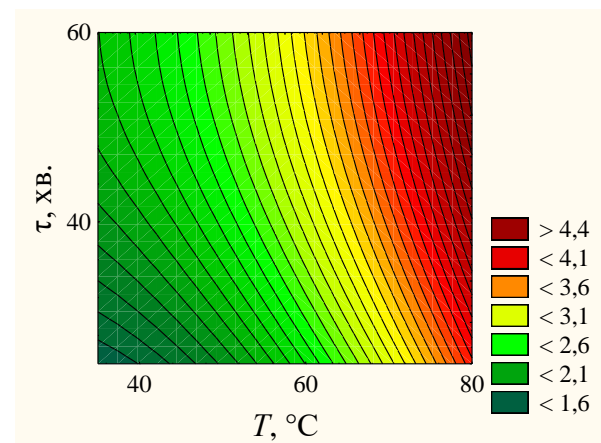


Рисунок 10 – Залежність величини пероксидного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій соняшниковій високоолеїновій олії від температури та тривалості екстракції

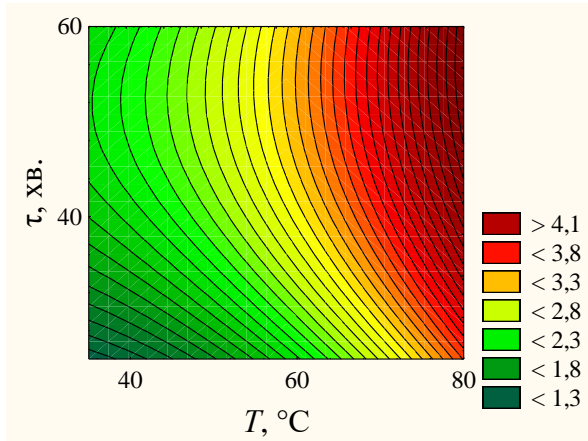


Рисунок 11 – Залежність величини пероксидного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій кукурудзяній олії від температури та тривалості екстракції

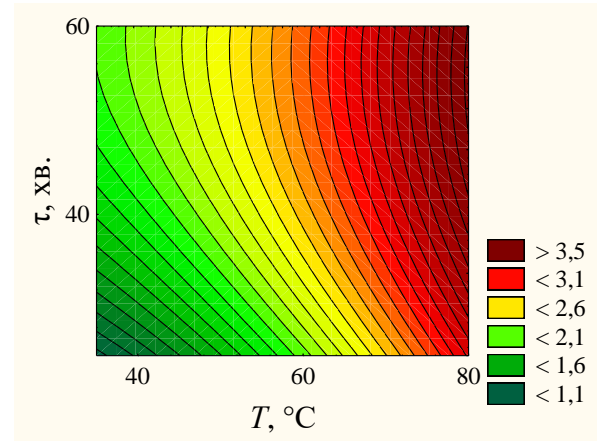


Рисунок 12 – Залежність величини пероксидного числа олійних екстрактів β -каротину в рафінованій дезодорованій кунжутній олії від температури та тривалості екстракції

На основі експериментальних досліджень (рис. 9 – 12) створено статистичні моделі (9 – 12) залежностей величини пероксидного числа олійних екстрактів β -каротину в означених рафінованих дезодорованих оліях від температури та тривалості екстракції при величині достовірності апроксимації $R^2 > 0,916$. Отримані статистичні моделі адекватні для температури процесу 40...80 °C, тривалості процесу 30...60 хв.

$$PN_{\beta k}(T, \tau)_s = 3,3639 - 0,0662 \cdot T - 0,0172 \cdot T + 0,0009 \cdot T^2 + 0,0002 \cdot T \cdot \tau + 0,0003 \cdot \tau^2; \quad (5)$$

$$PN_{\beta k}(T, \tau)_{hos} = 0,9528 - 0,0496 \cdot T + 0,055 \cdot T + 0,0008 \cdot T^2 + 0,0003 \cdot T \cdot \tau - 0,0005 \cdot \tau^2; \quad (6)$$

$$PN_{\beta k}(T, \tau)_{corn} = -0,925 - 0,0396 \cdot T + 0,1294 \cdot T + 0,0008 \cdot T^2 + 0,0003 \cdot T \cdot \tau - 0,0013 \cdot \tau^2; \quad (7)$$

$$PN_{\beta k}(T, \tau)_{ses} = -1,4944 + 0,0042 \cdot T + 0,1022 \cdot T + 0,0004 \cdot T^2 - 0,0002 \cdot T \cdot \tau - 0,0008 \cdot \tau^2; \quad (8)$$

де $PN_{\beta k}(T, \tau)_s$ – пероксидне число олійних екстрактів β -каротину в соняшниковій олії, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг; $PN_{\beta k}(T, \tau)_{hos}$ – пероксидне число олійних екстрактів β -каротину в соняшниковій високоолеїновій олії, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг; $PN_{\beta k}(T, \tau)_{corn}$ – пероксидне число олійних екстрактів β -каротину в кукурудзяній олії, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг; $PN_{\beta k}(T, \tau)$ – пероксидне число олійних екстрактів β -каротину в кунжутній олії, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг; T – температура процесу, °C; τ – тривалість процесу, хв.

Дані залежності дозволяють прогнозувати величину пероксидного числа олійних екстрактів β -каротину обраних рафінованих дезодорованих олій в залежності від температури та тривалості процесу екстракції. З

отриманих експериментальних даних видно, що найбільший вміст первинних продуктів окиснення ліпідів (пероксидів та гідропероксидів) спостерігається під час екстрагування з біомаси біологічно активної сполуки соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кунжутної олії.

Базуючись на проведених дослідженнях, визначено раціональні параметри екстракції β -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* в залежності від складу екстрагентів (рафінованих дезодорованих соняшникової, високоолеїнової соняшникової, кукурудзяної і кунжутної олій) для керування технологічними властивостями його розчинів – а саме вмісту β -каротину, величини кислотного і пероксидного чисел.

Висновки. За результатами аналітичного огляду наукової літератури та проведених досліджень зроблено висновки щодо актуальності дослідження екстракції цільових продуктів в біотехнології культивування *Blakeslea trispora*:

- досліджено технологічні параметри екстракції β -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* рослинними оліями різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів: рафінованими дезодорованими соняшниковою, високоолеїновою соняшниковою, кукурудзяною і кунжутною. Створено статистичні моделі залежностей вмісту β -каротину в олійних екстрактах означених олій від температури та тривалості екстракції, а також відповідно величини аналітичних чисел, що характеризують вміст вільних жирних кислот та первинних продуктів окиснення ліпідів;

- базуючись на проведених дослідженнях, визначено раціональні параметри екстракції β -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* в різних екстрагентах (рафінованих дезодорованих соняшникової, високоолеїнової соняшникової, кукурудзяної і кунжутної олій) для керування технологічними властивостями його розчинів. Доведено, що застосування вказаних рафінованих дезодорованих олій як екстрагентів практично не впливає на вміст β -каротину в олійних екстрактах біомаси. Найбільший вміст вільних жирних кислот спостерігається під час екстрагування β -каротину з біомаси соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кукурудзяної і кунжутної олій. Найбільший вміст первинних продуктів окиснення ліпідів (пероксидів та гідропероксидів) спостерігається під час екстрагування β -каротину з біомаси соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кунжутної олії.

Література

1. Borowitzka M. A. 11-Carotenoid Production Using Microorganisms // Single Cell Oils (Second Edition). Microbial and Algal Oils. 2010. P. 225–240.
2. Анацький А. С., Кунщикова Є. О. Вплив ступеня аерації культуральної рідини на біосинтетичну активність грибнової культури *blakeslea*

trispota // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2009. Вип. 17. Т. 2. С. 15–19.

3. Roukas T. Modified rotary biofilm reactor: A new tool for enhanced carotene productivity by *Blakeslea trispota* // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 174. P. 1114–1121.

4. Белінська А. П., Кричківська Л. В., Зекунова Т. І. Розробка технологічних режимів рафінації олійних розчинів β -каротину // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2010. Вип. 38 (2). С. 157–160.

5. He Z., Wang Sh., Yang Yu., Hu J., Wang C., Li H., Ma B. β -Carotene production promoted by ethylene in *Blakeslea trispota* and the mechanism involved in metabolic responses // Process Biochemistry. 2017. Vol. 57. P. 57–63.

6. Гагарина Л. В., Евтеева Н. М., Смурова Л. Л., Бобнева С. М. Влияние масляной основы на стабильность растворенного микробиологического каротина // Химико-фармацевтический журнал. 1996. Т. 30, № 6. С. 51–56.

7. Кудинова С. П. Разработка технологии получения и фармако-токсикологические исследования бета-каротина: Автореф. дис... докт. биол. наук. Краснодар. 2003. 45 с.

8. Кричківська Л. В. Создание биологически-активных продуктов на основе стабилизированного каротина биотехнологического происхождения: Автореф. дис... докт. биол. наук, Киев. 2003. 36 с.

9. Choudhari Sh., Singhal R. Media optimization for the production of β -carotene by *Blakeslea trispota*: A statistical approach // Bioresource Technology. 2008. Vol. 99, Is. 4, P. 722–730.

10. Jing K., He Sh., Chen T., Lu Y. Enhancing beta-carotene biosynthesis and gene transcriptional regulation in *Blakeslea trispota* with sodium acetate // Biochemical Engineering Journal. 2016. Vol. 114. P. 10–17.

11. Чернова Л. А., Горбань В. Г., Антоненко С. П., Гудвилевич И. Н., Боровков А. Б. Получение масляного экстракта каротиноидов из микроводоросли *Dunaliella salina* // Бюлетень ДНБС. 2013. Вип. 108. С. 63–69.

12. Nwoba E. G., Rohani T., Raeisossadati M., Vadiveloo A., Bahri P. A. Monochromatic light filters to enhance biomass and carotenoid productivities of *Dunaliella salina* in raceway ponds // Bioresource Technology. 2021. Vol. 340. 125689.

13. Pourkarimi S., Hallajisani A., Alizadehdakhel A., Nouralishahi A., Golzary A. Factors affecting production of beta-carotene from *Dunaliella salina* microalgae // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2020. Vol. 29. 101771.

Bibliography (transliterated)

1. Borowitzka M. A. 11-Carotenoid Production Using Microorganisms // Single Cell Oils (Second Edition). Microbial and Algal Oils. 2010. P. 225–240.

2. Anatskyi A. S., Kunshchykova Ye. O. Vplyv stupenia aeratsii kulturalnoi ridyny na biosyntetichnu aktyvnist hrybnoi kultury *blakeslea trispota* // Visnyk

Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia. Ekolohiia. 2009. Vyp. 17. T. 2. S. 15–19.

3. Roukas T. Modified rotary biofilm reactor: A new tool for enhanced carotene productivity by *Blakeslea trispora* // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 174. P. 1114–1121.

4. Belinska A. P., Krychkovska L. V., Zekunova T. I. Rozrobka tekhnolohichnykh rezhymiv rafinatsii oliinykh rozchyniv β -karotynu // *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii*. 2010. Vyp. 38 (2). S. 157–160.

5. He Z., Wang Sh., Yang Yu., Hu J., Wang C., Li H., Ma B. β -Carotene production promoted by ethylene in *Blakeslea trispora* and the mechanism involved in metabolic responses // *Process Biochemistry*. 2017. Vol. 57. P. 57–63.

6. Gagarina L. V., Evteeva N. M., Smurova L. L., Bobneva S. M. Vliyanie maslyanoj osnovy na stabil'nost' rastvorenogo mikrobiologicheskogo karotina // *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal*. 1996. T. 30, № 6. S.51–56.

7. Kudinova S. P. Razrabotka tekhnologii polucheniya i farmakotoksikologicheskie issledovaniya beta-karotina: Avtoref. dis... dokt. biol. nauk. Krasnodar. 2003. 45 s.

8. Krichkovskaya L.V. Sozdanie biologicheski-aktivnyh produktov na osnove sta-bilizirovannogo karotina biotekhnologicheskogo proiskhozhdeniya: Avtoref. dis... dokt. biol. nauk, Kiev. 2003. 36 s.

9. Choudhari Sh., Singhal R. Media optimization for the production of β -carotene by *Blakeslea trispora*: A statistical approach // *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99, Is. 4, P. 722–730.

10. Jing K., He Sh., Chen T., Lu Y. Enhancing beta-carotene biosynthesis and gene transcriptional regulation in *Blakeslea trispora* with sodium acetate // *Biochemical Engineering Journal*. 2016. Vol. 114. P. 10–17.

11. CHernova L.A., Gorban' V.G., Antonenko S.P., Gudvilovich I.N., Borovkov A.B. Poluchenie maslyanogo ekstrakta karotinoidov iz mikrovodorosli *Dunaliella salina* // *Byuleten' DNBS*. 2013. Vip. 108. S. 63–69.

12. Nwoba E. G., Rohani T., Raeisossadati M., Vadiveloo A., Bahri P. A. Monochromatic light filters to enhance biomass and carotenoid productivities of *Dunaliella salina* in raceway ponds // *Bioresource Technology*. 2021. Vol. 340. 125689.

13. Pourkarimi S., Hallajisani A., Alizadehdakhel A., Nouralishahi A., Golzary A. Factors affecting production of beta-carotene from *Dunaliella salina* microalgae // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020. Vol. 29. 101771.

УДК 665.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО ПЕРЕЕТЕРИФІКУВАННЯ НА ЗМІНУ ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛЬНОГО СКЛАДУ ТРОПІЧНИХ ОЛІЙ

Н.С. СИТНИК, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

В.С. МАЗАЄВА, кандидат технічних наук, науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

З.П. ФЕДЯКІНА, завідувачий відділом досліджень переробки олій та жирів, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

У статті представлено порівняння рівноважного триацилгліцерольного складу зразків олії пальмової та олеїну пальмового з отриманим після переетерифікування. За допомогою диференційної скануючої калориметрії показані зміни у складі триацилгліцеролів початкового та переетерифікованого пальмового олеїну, які представлені характеристиками піків плавлення та кристалізації на ДСК – грамах.

Ключові слова: хімічне переетерифікування, пальмова олія, пальмовий олеїн, триацилгліцерольний склад, диференційна скануюча калориметрія.

Постановка проблеми. Вимоги до якості олійножирових продуктів та їх обґрунтованість впливають із фізіологічної ролі окремих груп ліпідів та їх жирнокислотного складу у життєдіяльності організму людини. Це пов'язане з впливом окремих жирних кислот на синтез загального холестеролу, що являє собою суму холестеролів низької та високої густини, а також співвідношенням останніх, що визначає направленість фізіологічних процесів в організмі людини. Основне завдання виробництва харчових рослинних олій та жирів різного призначення на їх основі – розробка повноцінних жирових продуктів з урахуванням їх біологічних властивостей, високої стабільності до окиснення і забезпечення показників безпеки продуктів харчування, що виробляються [1]. Зважаючи на сучасний розвиток виробництва продовольчих товарів, системи громадського харчування, удосконалення та розширення асортименту продуктів кондитерської, хлібопекарської, молочної промисловості, все більше виникає потреба у жирах, що мають певні технологічні характеристики [2]. За умов обмеженого асортименту вітчизняної жирової сировини (рідкі рослинні олії лінолево-олеїнової групи, зокрема соняшникова, ріпакова, соєва, а також тверді або напівтверді тваринні жири – свинячий, яловичий тощо) особливо актуальним є виробництво модифікованих жирів, які відповідають як технологічним потребам, так і вимогам безпечності та користі для організму людини. Серед

сучасних інструментів модифікації олій та жирів важливе місце займає переетерифікування (хімічне або ферментативне) [3, 4]. Властивості жирів зумовнюються їх жирнокислотним та триацилгліцерольним складом. Підбираючи рецептури з різних за складом жирів, одержують потрібні властивості кінцевого жиру для застосування у певній галузі промисловості.

Жирнокислотний склад певним чином впливає на фізичні та хімічні властивості жирів. Найчастіше жири класифікують саме за жирнокислотним складом, зокрема, за складом жирних кислот, які містяться у найбільшій кількості (20 % мас. і більше) [5]. Так, виділяють наступні групи: лауринова, пальмітинова, олеїнова, олеїново-лінолева, лінолева, ліноленова. Жирнокислотний склад є вирішальним фактором у виборі жирів з урахуванням харчової цінності, технологічних властивостей, а також служить підставою для прогнозування фізико-хімічних показників харчових жирів та їх стабільності до окиснення [6]. Як відомо, процес переетерифікування жирів супроводжується перерозподілом залишків жирних кислот між молекулами триацилгліцеролів, в ході якого триацилгліцерольний склад наближується до рівноважного [7, 8]. У даному дослідженні проаналізовано вплив жирнокислотного складу пальмової олії та пальмового олеїну на досягнення ними рівноважного триацилгліцерольного складу у результаті переетерифікування.

Постановка завдання. Метою дослідження є встановлення впливу хімічного переетерифікування на зміну триацилгліцерольного складу пальмової олії та пальмового олеїну.

Результати досліджень. Масова частка жирних кислот, вміст яких є найбільшим у кожному експериментальному зразку, представлена у табл. 1.

Таблиця 1 – Склад головних жирних кислот зразків пальмової олії та пальмового олеїну

№ п/п	Жирні кислоти	Позначення	Вміст жирної кислоти, %	
			Пальмова олія	Пальмовий олеїн
1	Пальмітинова C _{16:0}	P	43,5	39,2
2	Олеїнова C _{18:1}	O	40,4	43,9
3	Лінолева C _{18:2}	L	9,4	10,4
4	Стеаринова C _{18:0}	S	4,3	4,1

На рис. 1, 2 наведено триацилгліцерольний склад переетерифікованих зразків пальмової олії та пальмового олеїну та рівноважний склад (р), розрахований на основі жирнокислотного складу. Показано границі сумарної абсолютної похибки вимірювання експериментально визначеного триацилгліцерольного складу, а також границі похибки визначення рівноважного триацилгліцерольного складу. Цифрами позначено наступні триацилгліцероли: 1 – MPP, 2 – MOM, 3 – PPP, 4 – MOP, 5 – MLP, 6 – PPS, 7 – POP, 8 – PLP, 9 – MLO, 10 – PSS, 11 – POS, 12 – POO, 13 – PLS, 14 – PLO, 15 – PLL, 16 – SOS, 17 – SOO, 18 – OOO, 19 – SLO, 20 – OLO. Залишки

жирних кислот: P – пальмітинової, S – стеаринової, O – олеїнової, L – лінолевої, Ln – ліноленої, M – міристинової.

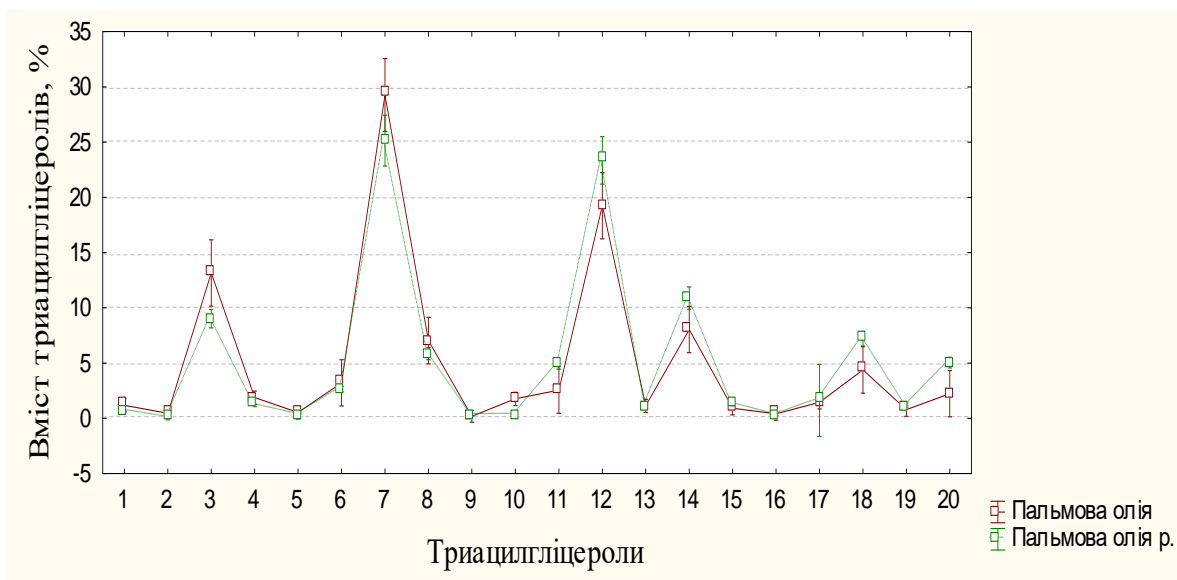


Рисунок 1 – Експериментально визначений та рівноважний триацилгліцерольний склад пальмової олії

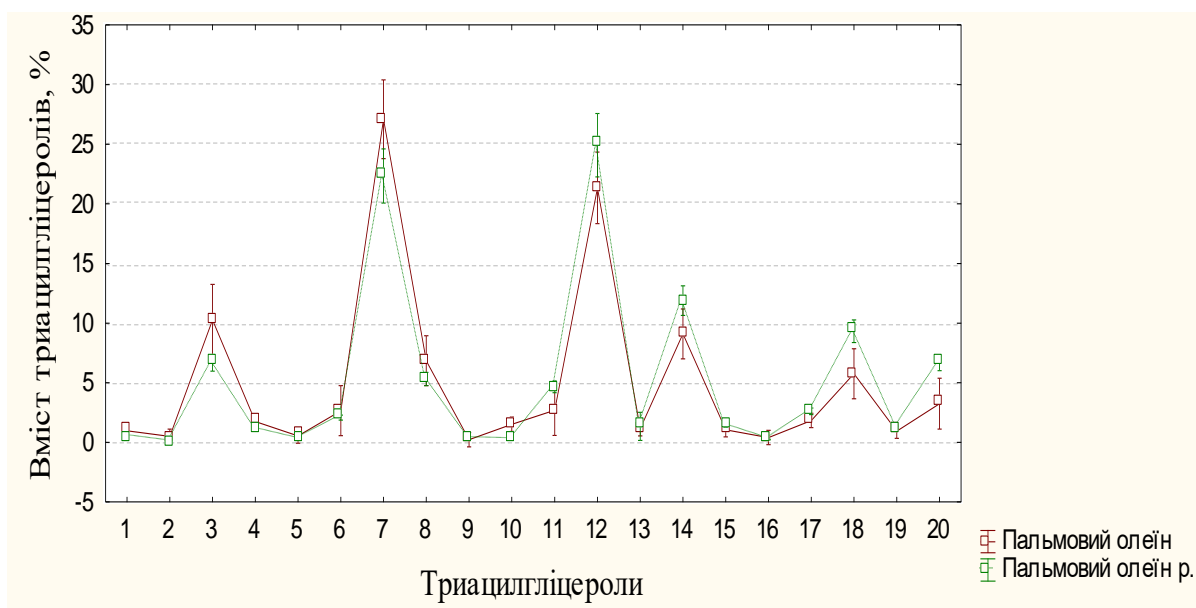


Рисунок 2 – Експериментально визначений та рівноважний триацилгліцерольний склад пальмового олеїну

Похибка розрахункового триацилгліцерольного складу складається з похибки приведення результатів розрахунку у відповідність з експериментальним складом триацилгліцеролів, і похибки визначення жирнокислотного складу. Перша похибка є наслідком того, що з усієї розрахункової кількості триацилгліцеролів залишено тільки ті, які відповідають експериментально виміряним триацилгліце́ролам, і їх

концентрацію приведено до одиниці (до суми концентрацій, що дорівнює 100 %) перерахунком, виключивши зайві триацилгліцери. Друга складова є результатом накопичення похибки визначення жирнокислотного складу під час розрахунку рівноважного триацилгліцерового складу. Під час розрахунку цієї похибки використовують дані ДСТУ ISO 5508-2001 щодо величини відносної похибки вимірювання жирнокислотного складу. Для кожної жирної кислоти визначають абсолютну похибку вимірювання її концентрації. Оскільки розрахунок вмісту триацилгліцеролів зводиться до перемножування трьох концентрацій жирних кислот в кожному триацилгліцеролі, то сумарна похибка дорівнює сумі похибок визначення вмісту жирних кислот, що входять в даний триацилгліцерол. Критерієм збіжності експериментального та розрахункового триацилгліцерового складу буде той факт, що різниця між ними менша за напівсуму похибок визначення вмісту триацилгліцеролів експериментальним і розрахунковим методом. Для дослідних зразків виконано перевірку за вказаним вище критерієм. На рис. 3 представлено результати розрахунку для пальмової олії.

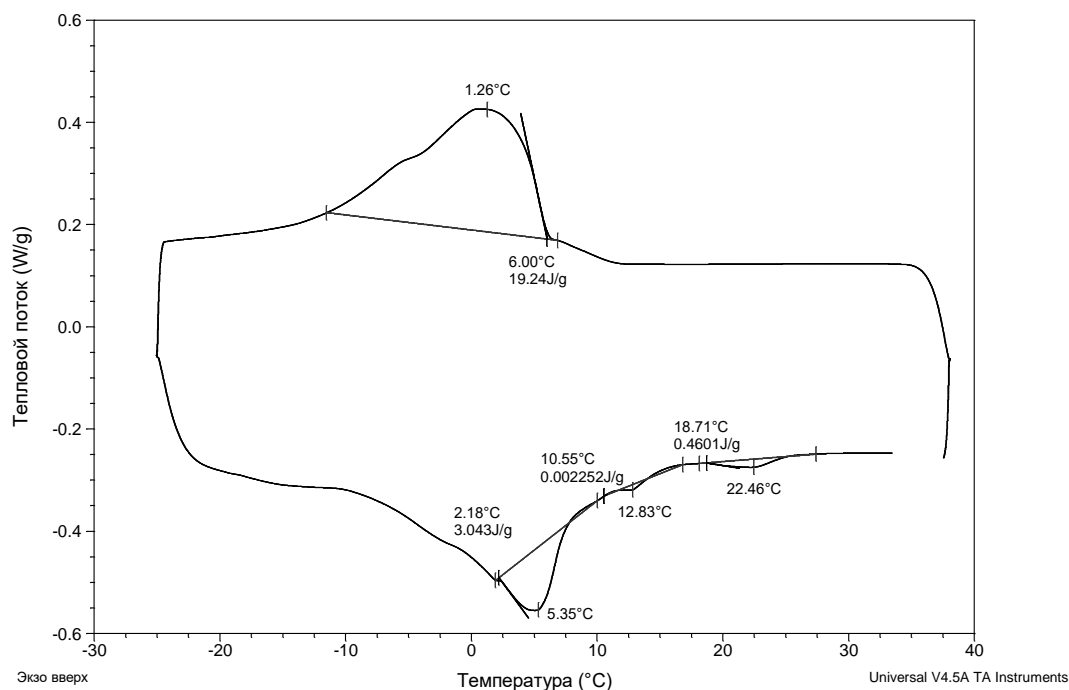


Рисунок 3 – Різниця експериментального (x_1) та розрахункового (x_p) триацилгліцерового складу пальмової олії, а також напівсума похибок визначення експериментального та розрахункового триацилгліцерового складу пальмової олії

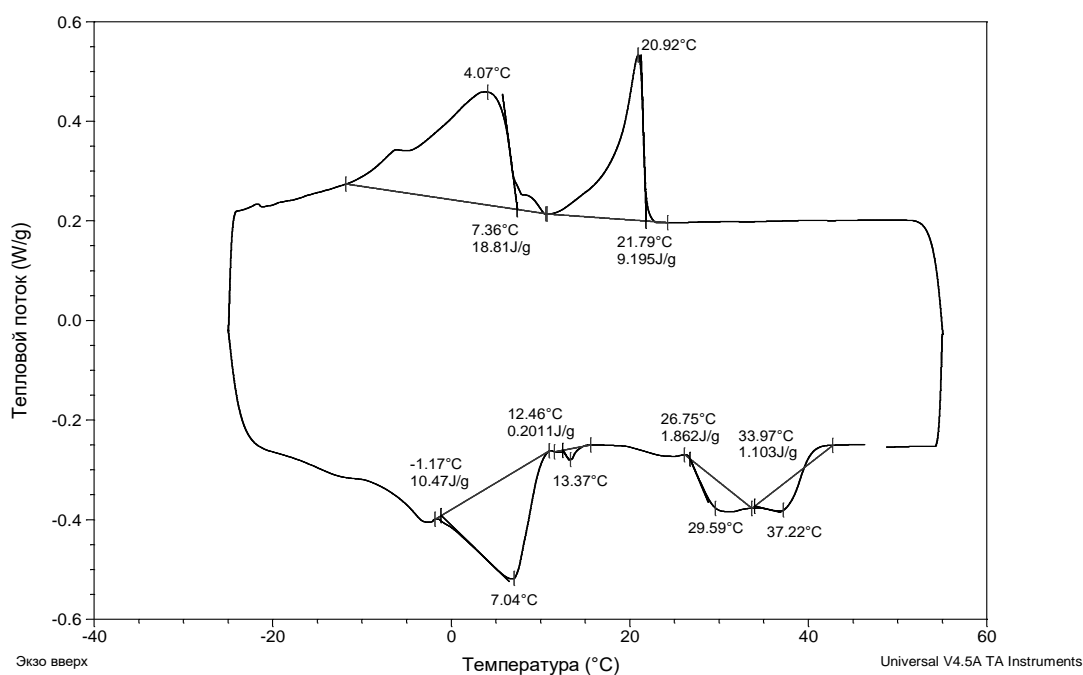
Отже, за отриманими даними встановлено, що для пальмової олії кількість триацилгліцеролів, масова частка яких після переетерифікування відповідає рівноважному складу, становить 15. За результатами для пальмового олеїну кількість таких триацилгліцеролів становить 16.

Таким чином, з урахуванням похибок вимірювання експериментального та визначення розрахункового триацилгліцерового складу проаналізовано відповідність складу триацилгліцеролів переетерифікованих зразків до розрахованого рівноважного.

Для пальмового олеїну, який, як відомо, має властивість підвищувати температуру плавлення у результаті переестерифікування, проведено дослідження початкового та переестерифікованого зразків з використанням диференційної скануючої калориметрії. На рис. 4 представлено криві плавлення та кристалізації початкового та переестерифікованого пальмового олеїну.



а



б

Рисунок 4 – ДСК – грама початкового (а) та переестерифікованого (б)

пальмового олеїну

На кривих плавлення та кристалізації можна спостерігати піки, різні за характеристиками для початкового та переестерифікованого зразків. Поряд із наближенням триацилгліцерольного складу пальмового олеїну до статистичного розподілу у результаті переестерифікування, що супроводжується зростанням його температури плавлення [8], відбувається поява піків з іншими характеристичними температурами, що свідчить про утворення груп триацилгліцеролів з новими характеристиками плавлення та застигання, що має дуже важливе значення у виробництві жирів з потрібними властивостями.

Висновки. Таким чином, триацилгліцерольний склад переестерифікованих зразків пальмової олії та її фракції (пальмового олеїну) наближується до статистичного розподілу жирних кислот у молекулах триацилгліцеролів. Цей факт експериментально підтверджено порівнянням триацилгліцерольного складу зразків після переестерифікування та рівноважного, з урахуванням сумарної абсолютної похибки вимірювання концентрації триацилгліцеролів та похибок визначення розрахункового рівноважного триацилгліцерольного складу. Після переестерифікування 75 % триацилгліцеролів пальмової олії відповідають рівноважному складу, для пальмового олеїну – 80 %.

На прикладі пальмового олеїну з використанням диференційної скануючої калориметрії показано зміну характеристик плавлення та застигання у результаті переестерифікування, що свідчить про утворення нових груп триацилгліцеролів, концентрація яких стає відповідною до рівноважного триацилгліцерольного складу.

Література

1. Ефименко, С.Г. Новые виды подсолнечного масла с измененным жирнокислотным составом / С.Г. Ефименко, С.К. Ефименко, С.Ф. Быкова, Е.К. Давиденко // Масложировая промышленность. – 2012. – №4. – С. 16–18.
2. Голубева, Л.В. Применение растительных масел в технологии молокосодержащих консервов / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, А.А. Губанова, Т.А. Гузеева, В.Ф. Бандура // Масложировой комплекс. – 2015. – №3 (50). – С. 42–43.
3. Costales-Rodriguez, R. Chemical and enzymatic interesterification of a blend of palm stearin:soybean oil for low trans-margarine formulation / R. Costales-Rodriguez, V. Gibon, R. Verhe, W. De Greyt // J. Am. Oil Chemists' Soc. – 2009. – No. 86. – P. 681–697.
4. Noor Lida, H.M.D. TAG composition and solid fat content of palm oil, sunflower oil and palm kernel olein blends before and after chemical interesterification / H.M.D. Noor Lida, K. Sundram, W.L. Siew, A. Aminah, S. Mamot // J. Am. Oil Chemists' Soc. – 2002. – Vol. 79. – No. 86. – P. 1137–1139.
5. Долголюк, И.В. Растительные масла – функциональные продукты питания / И.В. Долголюк, Л.В. Терещук, М.А. Трубникова, К.В.

Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – №2. – С. 122–125.

6. Zambiasi, R.C. Fatty acid composition of vegetable oils and fats / R.C. Zambiasi, R. Przybylski, M.W. Zambiasi, C.B. Mendonca // В. Ceppa, Curitiba. – 2007. – Vol. 25. – No. 1. – P. 111–120.

7. Демидов, И.Н. Ацилглицерольный состав жиров и реакция переэтерификации / И.Н. Демидов, В.С. Мазаева, Н.С. Сытник, В.А. Голодняк, В.А. Кищенко, О.В. Голубец // Масложировой комплекс. – 2013. – № 4(43). – С. 28–29.

8. Голодняк, В.А. Определение активности катализатора химической переэтерификации жиров / В.А. Голодняк, И.Н. Демидов, В.С. Мазаева, Н.С. Сытник, П.Ф. Петик // Уральский научный вестник. – №8 (87). – 2014. – С. 187–193.

Bibliography(transliterated)

1. Yefimenko, S.G. Novyye vidy podsolnechnogo masla s izmenennym zhirkislotnym sostavom / S.G. Yefimenko, S.K. Yefimenko, S.F. Bykova, Ye.K. Davidenko // Maslozhirovaya industriya. – 2012. – №4. – S. 16–18.

2. Golubeva, L.V. Primeneniye rastitel'nykh masel v tekhnologii molokosoderzhashchikh konservov / L.V. Golubeva, O.I. Dolmatovoy, A.A. Gubanova, T.A. Guzeyeva, V.F. Bandura // Maslozhirovoy kompleks. – 2015. – №3 (50). – S. 42–43.

3. Costales-Rodriguez, R. Khimicheskaya i enzymatica interesterification blend palm stearin: soybean maslo dlya nizkoy trans-margarinoy formulirovki / R. Costales-Rodriguez, V. Gibon, R. Verhe, W. De Greyt // J. Am. Oil Chemists' Soc. – 2009. – No. 86. – P. 681–697.

4. Noor Lida, H.M.D. TAG kompozitsiya i solid than contents of palm oil, sunflower oil and palm kernel olein blends before and after chemical interesterification / H.M.D. Noor Lida, K. Sandram, W.L. Siew, A. Aminah, S. Mamot // J. Am. Oil Chemists' Soc. – 2002. – Vol. 79. – No. 86. – P. 1137–1139.

5. Dolgolyuk, I.V. Rastitel'nyye masla – funktsional'nyye produkty pitaniya / I.V. Dolgolyuk, L.V. Tereshchuk, M.A. Trubnikova, K.V. Starovoytova // Tekhnika i razrabotka pishchevykh proizvodstv. – 2014. – №2. – S. 122–125.

6. Zambiasi, R.C. Fatty acid soyedineniye vegetable oils and fats / R.C. Zambiyazi, R. Przybylski, M.W. Zambiyazi, C.B. Mendonca // В. Ceppa, Curitiba. – 2007. – Vol. Dvadsat' pyatyy – No. Pervyy – P. 111–120.

7. Demidov, I.N. Atsilglitserol'nyy sostav zhirov i reaktsiya pereeterifikatsii / I.N. Demidov, V.S. Mazayeva, N.S. Sytnik, V.A. Golodnyak, V.A. Kishchenko, O.V. Golubets // Maslozhirovoy kompleks. – 2013. – № 4(43). – С. 28–29.

8. Golodnyak, V.A. Opredeleniye aktivnosti katalizatora khimicheskoy pereeterifikatsii zhirov / V.A. Golodnyak, I.N. Demidov, V.S. Mazayeva, N.S. Sytnik, P.F. Petik // Ural'skiy nauchnyy vestnik. – №8 (87). – 2014. – S. 187–193.

РЕФЕРАТИ

УДК 338.121

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЙ ТА ПРОДУКТІВ ЇХ ПЕРЕРОБКИ В УКРАЇНІ

В.Ю. Папченко, кандидат технічних наук, с.н.с., Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

П.Ф. Петік, канд. техн. наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

У роботі надано аналіз сучасного стану виробництва олій та продуктів їх переробки в Україні у 2021/22 маркетинговому році. З'ясовано, що за звітний період перероблено близько 11,6 млн тонн насіння соняшнику, а обсяг переробки сої склав близько 1,45 млн тонн. Експорт соняшнику за сезон сягнув історичного максимуму, склавши 1,6 млн тонн, при цьому 97 % від загального обсягу відвантажено в березні-серпні, а соняшникового шроту експортовано 3,3 млн тонн, що на 25 % поступається показнику попереднього сезону. Експорт насіння ріпаку у липні-червні 2021/22 МР склав 2710,2 тис. т., а в серпні - 666 тис. тонн, що майже в 6 разів перевищує показник липня, але став мінімальним показником для вказаного місяця за останні 4 сезони.

Ключові слова: насіння соняшнику, соя, ріпак, нерафінована олія, олієжирова галузь, експорт.

УДК 664.3

ІНАКТИВАЦІЯ ІНГІБІТОРІВ ПРОТЕОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ КУНЖУТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

А.П. Бєлінська, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

І.П. Петік, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

С.В. Бочкарев, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

В статті досліджено вплив початкової вологості і тривалості обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Досліджено особливості використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст підвищеної харчової цінності для спортивного харчування. Проведено органолептичне оцінювання дослідних зразків з різним вмістом кунжутного насіння, в ході якого продукцію оцінювали за зовнішнім виглядом, однорідністю, пластичністю, кольором, смаком і ароматом. Визначено вплив вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст. Подрібнене насіння кунжуту в складі шоколадної паст впливає на смак, аромат і пластичність, показники яких у дослідних зразках вище, ніж у контрольному, що не містить насіння кунжуту. Зокрема, в дослідних зразках шоколадних паст проявляється характерний пікантний горіховий аромат і смак; довше зберігається відчуття «наповненості» у роті («mouth-feeling»). Обрано ефективну концентрацію насіння кунжуту в шоколадній пасті на рівні 15 %.

Ключові слова: насіння кунжуту, інгібітори протеолітичних ферментів, надвисокочастотне випромінювання, зволоження, шоколадна паста, спортивне харчування.

УДК 664.3

СТАБІЛІЗАЦІЯ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ У НАПОЇ НА ОСНОВІ ШРОТІВ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

І.П. Петік, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

А.П. Белінська, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

В статті подано інформацію щодо дослідження впливу антиоксидантів на стабілізацію ліпідної складової сухої суміші гіпертонічного напою для спортсменів на основі жмихів олійних культур. Здатність до окиснення базової суміші білоквмісної сировини обумовлює необхідність використання в технології гіпертонічного напою антиоксидантів. Обґрунтовано необхідність внесення і досліджено технологічні властивості антиоксидантів у базовій суміші білоквмісної сировини для гіпертонічного напою – суміші токоферолів 30% IP сухої (E 306) і аскорбінової кислоти (E 306). Отримано нові наукові дані щодо раціонального вмісту комплексного антиоксиданту (комбінації E 300 і E 306) в сухій суміші на базі жмихів кунжуту і льону, а також концентрату сироваткового білку – 350 мг/кг продукту (вміст E 306 у комплексному антиоксиданті – 30 %, E 300 – 70 %).

Ключові слова: шрот, олійні культури, суха суміш, напій для харчування спортсменів, окиснення ліпідів, антиоксиданти.

УДК 665.3

РОЗРОБКА БОРОШНЯНИХ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ШРОТІВ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Т. В. Матвєєва, кандидат технічних наук, доцент, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

В.Ю. Папченко, канд. техн. наук, с.н.с., Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

За амінокислотним складом білок пшеничного борошна вищого гатунку є далеким від білку, який прийнято за еталон. В білку борошна пшениці лімітованими є такі важливі амінокислоти як сірковмісні – метіонін та цистин, – та, як і в інших зернових культурах, – лізин. Тому вважається, що борошно є перспективним продуктом для збагачення есенціальними інгредієнтами, адже воно є основою рецептур хліба та хлібобулочних виробів, які входять до щоденного харчового раціону кожної людини. В роботі із застосуванням математичних методів моделювання розроблено низку борошняних комбінованих систем із удосконаленим амінокислотним складом на основі борошна пшеничного та олієвмісної сировини, зокрема шротів сої, соняшнику та льону. Встановлено співвідношення компонентів у композиції шротів олійних культур, а саме – соєвий шрот:соняшниковий шрот:лляний шрот = 51:29:20 при якому амінокислотний склад білку буде максимально наближеним до еталонного. З'ясовано, що додавання до борошна від 10 до 20 % цієї композиції дає змогу одержати комбіновану систему з амінокислотним складом, максимально наближеним до формули білка, прийнятого за еталон. Визначено біологічну цінність білків змодельованих систем.

Ключові слова: олієвмісна сировина, олійні культури, шрот, амінокислоти, СКОР борошняні комбіновані системи, моделювання.

УДК 665.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОСЛИННИХ АНТИОКСИДАНТІВ НА ПОКАЗНИКИ ПСУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Н.С. Ситнік, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

В.С. Мазаєва, кандидат технічних наук, науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

З.П. Федякіна, завідувачий відділом досліджень переробки олій та жирів, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

В статті наведено результати наукових досліджень щодо впливу концентрації окремих рослинних антиоксидантів та їх сумішей на окиснювальну та гідролітичну стабільність соняшникової олії. В якості джерела антиоксидантів використано рослинну сировину: кору дубу та зелений чай. Застосовано водно-етанольні екстракти з рослинної сировини. Показано, як змінюються показники кислотного та пероксидного чисел олії під час зберігання за стандартних умов за різних концентрацій антиоксидантів. Представлено відповідні графічні залежності, які дозволяють встановити ефективність індивідуальних антиоксидантів та їх сумішей на термін зберігання соняшникової олії.

Ключові слова: соняшникова олія, природний антиоксидант, окиснювальна стабільність, показники псування олії.

УДК 665

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ОЛЕЇНОВОЇ КИСЛОТИ ОЛІЙ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ ВИСОКООЛЕЇНОВИХ ГІБРИДІВ

В.Ю. Папченко, кандидат технічних наук, с.н.с., Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

Т.В. Матвєєва, кандидат технічних наук, с.н.с., доц., Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

В статті подано інформацію щодо характеристики високоолеїнової соняшникової олії. Змодельовано зразки олії насіння соняшнику високоолеїнових гібридів з різним вмістом олеїнової кислоти, визначено їх жирнокислотний склад. Визначено показник заломлення олії, при значенні показника кислотного числа олії насіння соняшнику не більше ніж 5,0 мг КОН/г. Виявлено лінійну залежність між показником заломлення і вмістом олеїнової кислоти в досліджуваних зразках соняшникової олії. Залежність між цими двома показниками покладено в основу теоретичного визначення вмісту олеїнової кислоти в зразках олії.

Ключові слова: насіння соняшнику, олія, високоолеїнова соняшникова олія, олеїнова кислота, показник заломлення.

УДК 665.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА В'ЯЗКІСТЬ ТА КОНСИСТЕНЦІЮ КРЕМ-ПАСТ

Т. В. Матвєєва, кандидат технічних наук, доцент, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

З. П. Федякіна, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

В статті проаналізовано вплив окремих складових компонентів рецептури, зокрема смаженого та несмаженого подрібненого насіння соняшнику, на консистенцію

та в'язкість крем-паст. Встановлено, що найбільш гарною за консистенцію є крем-паста з умістом води 30-35%. З'ясовано, що консистенція паст на основі несмаженого насіння є більш однорідною в порівнянні з пастами на основі смаженого. З'ясовано, що оптимальна кількість обертів мішалки в технологіях виготовлення крем-паст у промислових умовах повинна складати 120 об/хв.; тривалість збивання - не більше ніж 28 хв.; температура компонентів 35-40°C.

Ключові слова: білкові продукти, крем-паста, в'язкість, консистенція, рецептура, технологічні фактори.

УДК 577.152.31

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕТЕТЕРИФІКАЦІЇ ЖИРОВИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ІММОБІЛІЗОВАНОГО ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ

А.П. Белінська, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

О. О. Варанкіна, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

Л. С. Мироненко, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Об'єктом дослідження в роботі є біотехнологія переетерифікації жирових систем за допомогою іммобілізованого ферментного препарату *Lipozyme TL IM*. В роботі вирішено задачу активації ферментного препарату за допомогою зволоження водним розчином гідрокарбонату натрію з рН 7,4...7,7 (3 % мас.). Отримані результати дозволяють мінімізувати тривалість процесу переетерифікації з одночасним отриманням високоякісного продукту. Запропонована обробка ферментного препарату дозволяє знизити тривалість процесу біопереетерифікації в модельній жировій суміші (пальмовий стеарин, кокосова та соєва олії у співвідношенні 1 : 1 : 1 відповідно) до 3,5...3,7 год. В результаті одержано продукт з високими якісними показниками – кислотним (до 0,26 мг КОН/г), пероксидним (до 0,60 ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг) та анізидиновим (1,70 у.о.) числами. Отримані дані пояснюються тим, що для ефективного біокаталізу ліполітичним ферментам як білковим молекулам, є необхідним існування двох фаз – ліпідної і водної, це забезпечується обґрунтованими в дослідженні параметрами активації. Особливістю отриманих результатів є можливість активації ферментного препарату, яку в промислових умовах не передбачено через загрозу гідролітичних процесів сировини і готової продукції, що призводить до погіршення якості готового продукту. Результати досліджень дозволяють мінімізувати гідролітичні процеси в жировій системі під час переетерифікації з одночасним підвищенням ефективності процесу. З практичної точки зору виявлений механізм активації дозволяє корегування умов обробки ферментного препарату в технології переетерифікації жирових систем. Прикладним аспектом використання наукового результату є можливість удосконалення типового технологічного процесу переетерифікації жирів.

Ключові слова: біотехнологічна переетерифікація, іммобілізований ферментний препарат, тривалість переетерифікації, показники якості переетерифікованого жиру.

УДК 663.16

ПРОМИСЛОВА ТЕХНОЛОГІЯ БЕТА-КАРОТИНУ З *BLAKESLEA TRISPORA*

А.П. Белінська, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

І.П. Петік, кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

О. О. Варанкіна, кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

*Досліджено технологічні параметри, а саме температуру і тривалість процесу екстракції β -каротину з біомаси міцеліального гриба *Blakeslea trispora* рослинними оліями різного жирнокислотного складу і з різним вмістом природних антиоксидантів: рафінованими дезодорованими соняшниковою, високоолеїною соняшниковою, кукурудзяною і кунжутною. Створено статистичні моделі залежностей вмісту β -каротину в олійних екстрактах означених рафінованих дезодорованих олій від температури та тривалості екстракції, а також величини аналітичних чисел, що характеризують вміст вільних жирних кислот (кислотне число) та первинних продуктів окиснення ліпідів (пероксидне число) від температури та тривалості екстракції. Визначено раціональні параметри екстракції β -каротину з біомаси *Blakeslea trispora* обраними екстрагентами (рафінованими дезодорованими соняшниковою, високоолеїною соняшниковою, кукурудзяною і кунжутною оліями) для керування технологічними властивостями його розчинів. Доведено, що застосування вказаних рафінованих дезодорованих олій як екстрагентів практично не впливає на вміст цільового продукту в олійних екстрактах біомаси, але впливає на аналітичні числа екстрактів, що характеризують вміст вільних жирних кислот, пероксидів та гідропероксидів. Найбільший вміст вільних жирних кислот спостерігається під час екстрагування β -каротину з біомаси соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кукурудзяної і кунжутної олій. Найбільший вміст первинних продуктів окиснення ліпідів (пероксидів та гідропероксидів) спостерігається під час екстрагування β -каротину з біомаси соняшниковою олією, мінімального вмісту вільних жирних кислот вдається досягти в екстрактах кунжутної олії. За допомогою отриманих апроксимаційних залежностей можна прогнозувати вміст β -каротину, а також величини кислотного і пероксидного чисел в олійних екстрактах біомаси в означених рафінованих дезодорованих оліях в залежності від температури та тривалості процесу екстракції.*

Ключові слова: міцеліальний гриб *Blakeslea trispora*, промислова біотехно-логія, β -каротин, екстрагенти, технологічні властивості, контроль та керування.

УДК 665.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО ПЕРЕЕТЕРИФІКУВАННЯ НА ЗМІНУ ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛЬНОГО СКЛАДУ ТРОПІЧНИХ ОЛІЙ

Н.С. Ситнік, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

В.С. Мазаєва, кандидат технічних наук, науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України;

З.П. Федякіна, завідувачий відділом досліджень переробки олій та жирів, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України.

У статті представлено порівняння рівноважного триацилгліцерольного складу зразків олії пальмової та олеїну пальмового з отриманим після переетерифікування. За допомогою диференційної скануючої калориметрії показані зміни у складі триацилгліцеролів початкового та переетерифікованого пальмового олеїну, які представлені характеристиками піків плавлення та кристалізації на ДСК – грамах.

Ключові слова: хімічне переетерифікування, пальмова олія, пальмовий олеїн, триацилгліцерольний склад, диференційна скануюча калориметрія.

РЕФЕРАТЫ

УДК 338.121

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ В УКРАИНЕ

В.Ю. Папченко, канд. техн. наук, с.н.с., Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

П.Ф. Петик, канд. техн. наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины.

В работе представлен анализ современного состояния производства растительных масел и продуктов их переработки в Украине в 2021/22 маркетинговом году. Выяснено, что за отчетный период переработано около 11,6 млн. тонн семян подсолнечника, а объем переработки сои составил около 1,45 млн. тонн. Экспорт подсолнечника за сезон достиг исторического максимума, составив 1,6 млн тонн, при этом 97% от общего объема отгружено в марте-августе, а подсолнечного шрота экспортировано 3,3 млн тонн, что на 25% уступает показателю предыдущего сезона. Экспорт семян рапса в июле-июне 2021/22 МГ составил 2710,2 тыс. т., а в августе 666 тыс. тонн, что почти в 6 раз превышает показатель июля, но стал минимальным показателем для указанного месяца за последние 4 сезона.

Ключевые слова: семена подсолнечника, соя, рапс, нерафинированное масло, масложировая отрасль, экспорт.

УДК 664.3

ИНАКТИВАЦИЯ ИНГИБИТОРОВ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ КУНЖУТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

А.П. Белинская, кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

И.П. Петик, кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

С.В. Бочкарев, кандидат технических наук, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт".

В статье исследовано влияние начальной влажности и длительности обработки сверхвысокочастотным излучением на степень инактивации ингибиторов протеолитических ферментов семян кунжута. Исследованы особенности использования измельченных семян кунжута с инактивированным антиалиментарным комплексом в технологии шоколадных паст повышенной пищевой ценности для спортивного питания. Проведена органолептическая оценка опытных образцов с разным содержанием кунжутных семян, в ходе которых продукцию оценивали по внешнему виду, однородности, пластичности, цвету, вкусу и аромату. Определено влияние содержания измельченных семян кунжута с инактивированным антиалиментарным комплексом на потребительские свойства шоколадных паст. Измельченные семена кунжута в составе шоколадной пасты влияют на вкус, аромат и пластичность, показатели которых у опытных образцов выше, чем в контрольном, не содержащем семена кунжута. В частности, в опытных образцах шоколадных паст проявляется характерный пикантный ореховый аромат и вкус; дольше сохраняется чувство «наполненности» во рту («mouth-feeling»). Выбрана эффективная концентрация семян кунжута в шоколадной пасте на уровне 15 %.

Ключевые слова: семена кунжута, ингибиторы протеолитических ферментов, сверхвысокочастотное излучение, увлажнение, шоколадная паста, спортивное питание.

УДК 664.3

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В НАПИТКИ НА ОСНОВЕ ШРОТОВ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

И.П. Петик, кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

А.П. Белинская, кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины.

В статье представлена информация об исследовании влияния антиоксидантов на стабилизацию липидной составляющей сухой смеси гипертонического напитка для спортсменов на основе жмыхов масличных культур. Способность к окислению базовой смеси белоксодержащего сырья обуславливает необходимость использования в технологии гипертонического напитка антиоксидантов. Обоснована необходимость внесения и исследованы технологические свойства антиоксидантов в базовой смеси белоксодержащего сырья для гипертонического напитка – смеси токоферолов 30% IP сухой (E 306) и аскорбиновой кислоты (E 306). Получены новые научные данные относительно рационального содержания комплексного антиоксиданта (комбинации E 300 и E 306) в сухой смеси на базе жмыхов кунжута и льна, а также концентрации сывороточного белка – 350 мг/кг продукта (содержание E 306 в комплексном антиоксиданте – E 300 – 70%).

Ключевые слова: шрот, масличные культуры, сухая смесь, напиток для питания спортсменов, окисление липидов, антиоксиданты.

УДК 665.3

РАЗРАБОТКА МУЧНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШРОТОВ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Т.В. Матвеева, кандидат технических наук, доцент, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

В.Ю. Папченко, канд. техн. наук, с.н.с., Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины.

По аминокислотному составу белок пшеничной муки высшего сорта далек от белка, который принят за эталон. В белке муки пшеницы лимитироваными являются такие важные аминокислоты как серосодержащие – метионин и цистин, – и, как и в других зерновых культурах, – лизин. Поэтому считается, что мука является перспективным продуктом для обогащения эссенциальными ингредиентами, ведь она является основой рецептур хлеба и хлебобулочных изделий, которые входят в ежедневный рацион питания каждого человека. В работе с применением математических методов моделирования разработан ряд мучных комбинированных систем с усовершенствованным аминокислотным составом на основе муки пшеничной и маслосодержащей сырья, в частности шротов сои, подсолнечника и льна. Установлено соотношение компонентов в композиции шротов масличных культур, а именно – соевый шрот: подсолнечный шрот: льняной шрот = 51:29:20, при котором аминокислотный состав белка будет максимально приближен к эталонному. Выяснено, что добавление в муку от 10 до 20% этой композиции позволяет получить комбинированную систему с аминокислотным составом, максимально приближенным к формуле белка, принятого за эталон. Определена биологическая ценность белков смоделированных систем.

Ключевые слова: маслосодержащее сырье, масличные культуры, шрот, аминокислоты, СКОР, мучные комбинированные системы, моделирование

УДК 665.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОРЧИ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

Н.С. Сытник, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт растительных масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

В.С. Мазаева, кандидат технических наук, научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт растительных масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

З.П. Федякина, заведующий отделом исследований переработки растительных масел и жиров, Украинский научно-исследовательский институт растительных масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины.

В статье приведены результаты научных исследований влияния концентрации отдельных растительных антиоксидантов и их смесей на окислительную и гидролитическую стабильность подсолнечного масла. В качестве источника антиоксидантов использовано растительное сырье: кора дуба и зеленый чай. Применены водно-этанольные экстракты из растительного сырья. Показано, как изменяются показатели кислотного и пероксидного чисел масла при хранении при стандартных условиях при различных концентрациях антиоксидантов. Представлены соответствующие графические зависимости, позволяющие установить эффективность индивидуальных антиоксидантов и их смесей на срок хранения подсолнечного масла.

Ключевые слова: подсолнечное масло, природный антиоксидант, окислительная стабильность, показатели порчи масла.

УДК 665.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ МАСЕЛ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА ВЫСОКООЛЕИНОВЫХ ГИБРИДОВ

В.Ю. Папченко, канд. техн. наук, с.н.с., Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

Т.В. Матвеева, кандидат технических наук, доцент, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины.

В статье представлена информация о характеристике высокоолеинового подсолнечного масла. Смоделированы образцы масла семян подсолнечника высокоолеиновых гибридов с разным содержанием олеиновой кислоты, определен их жирнокислотный состав. Определен показатель преломления масла, при значении показателя кислотного числа масла семян подсолнечника не более 5,0 мг КОН/г. Выявлена линейная зависимость между показателем преломления и содержанием олеиновой кислоты в исследуемых образцах подсолнечного масла. Зависимость между этими двумя показателями положена в основу теоретического определения содержания олеиновой кислоты в образцах масла.

Ключевые слова: семена подсолнечника, масло, высокоолеиновое подсолнечное масло, олеиновая кислота, показатель преломления.

УДК 665.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЯЗКОСТЬ И КОНСИСТЕНЦИЮ КРЕМ-ПАСТ

Т.В. Матвеева, кандидат технических наук, доцент, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

З.П. Федякина, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины.

В статье проанализировано влияние отдельных компонентов рецептуры, в частности жареных и нежареных измельченных семян подсолнечника, на консистенцию и вязкость крем-паст. Установлено, что наиболее хорошей консистенцией является крем-пасты с содержанием воды 30-35%. Выяснено, что консистенция паст на основе нежареных семян более однородна по сравнению с пастами на основе жареных. Выяснено, что оптимальное количество оборотов мешалки в технологиях изготовления крем-паст в промышленных условиях должно составлять 120 об/мин; продолжительность взбивания - не более 28 мин.; температура компонентов 35-40°C.

Ключевые слова: белковые продукты, крем-паста, вязкость, консистенция, рецептура, технологические факторы.

УДК 577.152.31

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ ЖИРОВЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММОБИЛИЗИРОВАННОГО ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА

А.П. Белинская, кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт растительных масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

А. А. Варанкина, кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»;

Л. С. Мироненко, кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

Объектом исследования в работе является биотехнология переэтерификации жировых систем с помощью иммобилизованного ферментного препарата Lipozyme TL IM. В работе решена задача активации ферментного препарата посредством увлажнения водным раствором гидрокарбоната натрия с рН 7,4...7,7 (3% масс.). Полученные результаты позволяют минимизировать длительность процесса переэтерификации с одновременным получением высококачественного продукта. Предложенная обработка ферментного препарата позволяет снизить продолжительность процесса биопереэтерификации в модельной жировой смеси (пальмовый стеарин, кокосовое и соевое масла в соотношении 1:1:1 соответственно) до 3,5...3,7 часа. В результате получен продукт с высокими качественными показателями – кислотным (до 0,26 мг КОН/г), пероксидным (до 0,60 ммоль ½ O/kg) и анизидиновым (1,70 у.е.) числами. Полученные данные объясняются тем, что для эффективного биокатализа липолитическим ферментам как белковым молекулам необходимо существование двух фаз – липидной и водной, это обеспечивается обоснованными в исследовании параметрами активации. Особенностью полученных результатов является возможность активации ферментного препарата, которая в промышленных условиях не предусмотрена из-за угрозы гидролитических процессов сырья и готовой продукции, что приводит к ухудшению качества готового продукта. Результаты исследований позволяют минимизировать гидролитические процессы в жировой системе при переэтерификации с одновременным повышением эффективности процесса. С практической точки зрения обнаруженный механизм активации позволяет

корректировать условия обработки ферментного препарата в технологии переэтерификации жировых систем. Прикладным аспектом использования научного результата есть возможность усовершенствования типичного технологического процесса переэтерификации жиров.

Ключевые слова: биотехнологическая переэтерификации, иммобилизованный ферментный препарат, длительность переэтерификации, показатели качества переэтерифицированного жира.

УДК 663.16

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕТА-КАРОТИНА ИЗ *BLAKESLEA TRISPORA*

А.П. Белинская, кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

И.П. Петик, кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

А. А. Варанкина, кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

*Исследованы технологические параметры, а именно температура и продолжительность процесса экстракции β -каротина из биомассы мицелиального гриба *Blakeslea trispora* растительными маслами различного жирнокислотного состава и с различным содержанием природных антиоксидантов: рафинированным дезодорированным подсолнечным, высокоолеиновым подсолнечным, кукурузным и кунжутным. Созданы статистические модели зависимостей содержания β -каротина в масляных экстрактах указанных рафинированных дезодорированных масел от температуры и продолжительности экстракции, а также величины аналитических чисел, характеризующих содержание свободных жирных кислот (кислотное число) и первичных продуктов окисления липидов (пероксидное число) от температуры и продолжительности экстракции. Определены рациональные параметры экстракции β -каротина из биомассы *Blakeslea trispora* выбранными экстрагентами (рафинированным дезодорированным подсолнечным, высокоолеиновым подсолнечным, кукурузным и кунжутным маслами) для управления технологическими свойствами экстрактов. Доказано, что применение указанных рафинированных дезодорированных масел как экстрагентов практически не влияет на содержание целевого продукта в масляных экстрактах биомассы, но влияет на аналитические числа экстрактов, характеризующие содержание свободных жирных кислот, пероксидов и гидропероксидов. Наибольшее содержание свободных жирных кислот наблюдается при экстракции β -каротина из биомассы подсолнечным маслом, минимального содержания свободных жирных кислот удается достичь в экстрактах кукурузного и кунжутного масел. Наивысшее содержание первичных продуктов окисления липидов (пероксидов и гидропероксидов) наблюдается во время извлечения β -каротина из биомассы подсолнечным маслом, минимального содержания свободных жирных кислот удается достичь в экстрактах кунжутного масла. С помощью полученных аппроксимационных зависимостей можно прогнозировать содержание β -каротина, а также величины кислотного и перекисного чисел масляных экстрактов биомассы в указанных рафинированных дезодорированных маслах в зависимости от температуры и продолжительности процесса экстракции.*

Ключевые слова: мицелиальный гриб *Blakeslea trispora*, промышленная биотехнология, β -каротин, экстрагент, технологические свойства, контроль и управление.

УДК 665.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТРИАЦИЛГЛИЦЕРОЛЬНОГО СОСТАВА ТРОПИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Н.С. Сытник, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт растительных масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

В.С. Мазаева, кандидат технических наук, научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт растительных масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины;

З.П. Федякина, заведующий отделом исследований переработки растительных масел и жиров, Украинский научно-исследовательский институт растительных масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины.

В статье представлено сравнение равновесного триацилглицерольного состава образцов пальмового масла и олеина пальмового с полученным после переэтерификации. С помощью дифференциальной сканирующей калориметрии показаны изменения в составе триацилглицеролов начального и переэтерифицированного пальмового олеина, которые представлены характеристиками пиков плавления и кристаллизации на ДСК – граммах.

Ключевые слова: химическая переэтерификация, пальмовое масло, пальмовый олеин, триацилглицерольный состав, дифференциальная сканирующая калориметрия.

ABSTRACTS

UDC 338.121

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF OIL PRODUCTION AND PRODUCTS OF ITS PROCESSING IN UKRAINE

V. Papchenko, Ph.D., senior researcher, deputy director of scientific work, Ukrainian Research Institute of oils and fats National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine;

P. Petik, Ph.D., director, Ukrainian Research Institute of oils and fats National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine.

The paper provides an analysis of the current state of production of oils and their processing products in Ukraine in the 2021/22 marketing year. It was found that during the reporting period, about 11.6 million tons of sunflower seeds were processed, and the volume of soybean processing was about 1.45 million tons. Sunflower exports for the season reached an all-time high of 1.6 million tons, while 97% of the total volume was shipped in March-August, and 3.3 million tons of sunflower meal were exported, which is 25% less than the previous season. The export of rapeseed in July-June 2021/22 MR amounted to 2710.2 thousand tons, and in August 666 thousand tons, which is almost 6 times higher than in July, but became the minimum indicator for the specified month in the last 4 seasons.

Key words: sunflower seeds, soy, rapeseed, crude oil, oil and fat industry, export.

UDC 664.3

INACTIVATION OF SESAME PROTEOLITIC ENZYME INHIBITORS TO INCREASE NUTRITIONAL VALUE

A. Belinska, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

I. Petik, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

S. Bochkarev, Ph.D, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

The article investigates the effect of initial humidity and duration of treatment with microwave radiation on the degree of inactivation of inhibitors of proteolytic enzymes in sesame seeds. The features of the use of crushed sesame seeds with an inactivated antialimentary complex in the technology of chocolate pastes of increased nutritional value for sports nutrition have been studied. An organoleptic evaluation of prototypes with different content of sesame seeds was carried out, during which the products were evaluated in terms of appearance, uniformity, plasticity, color, taste and aroma. The influence of the content of crushed sesame seeds with an inactivated antialimentary complex on the consumer properties of chocolate pastes was determined. Crushed sesame seeds in the composition of chocolate paste affect the taste, aroma and plasticity, the indicators of which are higher in the test samples than in the control, which does not contain sesame seeds. In particular, in the experimental samples of chocolate pastes, a characteristic spicy nutty aroma and taste is manifested; the feeling of "fullness" in the mouth ("mouth-feeling") persists longer. The effective concentration of sesame seeds in chocolate paste was chosen at the level of 15%.

Keywords: sesame seeds, inhibitors of proteolytic enzymes, microwave radiation, moisturizing, chocolate paste, sports nutrition.

UDC 664.3

STABILIZATION OF LIPIDS OXIDATION IN DRINKS BASED ON OIL MEALS

I. Petik, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

A. Belinska, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

The article presents information on the study of the effect of antioxidants on the stabilization of the lipid component of the dry mixture of a hypertonic drink for athletes based on oilseed cake. The ability to oxidize the base mixture of protein-containing raw materials necessitates the use of antioxidants in the technology of hypertonic drink. The necessity of introducing and researching the technological properties of antioxidants in the base mixture of protein-containing raw materials for a hypertonic drink - a mixture of tocopherols 30% IP dry (E 306) and ascorbic acid (E 306) - has been substantiated. New scientific data have been obtained regarding the rational content of a complex antioxidant (combination of E 300 and E 306) in a dry mix based on sesame and flax cake, as well as whey protein concentrate - 350 mg / kg of product (E 306 content in a complex antioxidant - E 300 - 70 %).

Key words: oilseed meal, oilseeds, dry mix, sports drink, lipid oxidation, antioxidants.

UDC 665.3

DEVELOPMENT OF FLOUR COMBINED SYSTEMS USING OIL MEALS

T. Matveeva, Ph.D., associate professor, Ukrainian Research Institute of oils and fats of the National academy of agricultural sciences of Ukraine;

V. Papchenko, Ph.D., senior researcher, Ukrainian Research Institute of oils and fats National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine.

According to the amino acid composition, the protein of wheat flour of the highest grade is far from the protein, which is taken as a standard. In the protein of wheat flour, such important amino acids as sulfur-containing amino acids - methionine and cystine - and, as in other cereals, lysine are limited. Therefore, it is believed that flour is a promising product for enrichment with essential ingredients, because it is the basis of the recipes for bread and bakery products that are included in the daily diet of every person. In the work, using mathematical modeling methods, a number of combined flour systems with an improved amino acid composition based on wheat flour and oil-containing raw materials, in particular soybean, sunflower and flax meal, have been developed. The ratio of components in the composition of oilseed meal was established, namely, soybean meal: sunflower meal: flax meal = 51:29:20, at which the amino acid composition of the protein will be as close as possible to the reference one. It was found that the addition of 10 to 20% of this composition to flour makes it possible to obtain a combined system with an amino acid composition that is as close as possible to the protein formula taken as a standard. The biological value of the proteins of the modeled systems was determined.

Key words: oil-containing raw materials, oilseeds, meal, amino acids, SCOR, flour combined systems, modeling.

UDC 665.1

STUDY OF INFLUENCE OF THE VEGETABLE ANTIOXIDANTS CONCENTRATION ON THE SPOILAGE INDICATORS OF SUNFLOWER OIL

N.S. Sytnik, PhD, senior researcher, Ukrainian Research Institute of oils and fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

V.S. Mazaeva, PhD, researcher, Ukrainian Research Institute of oils and fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Z.P. Fedyakina, head of the oil and fat processing research department, Ukrainian Research Institute of oils and fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

The article presents the results of scientific research on the influence of the concentration of individual plant antioxidants and their mixtures on the oxidative and hydrolytic stability of sunflower oil. As a source of antioxidants, plant raw materials were used: oak bark and green tea. Water-ethanol extracts from plant raw materials were used. It is shown how the indicators of acid and peroxide values of oil change during storage under standard conditions with different concentrations of antioxidants. Corresponding graphical dependences are presented, which allow establishing the effectiveness of individual antioxidants and their mixtures on the shelf life of sunflower oil.

Key words: sunflower oil, natural antioxidant, oxidative stability, indicators of oil spoilage.

UDC 665

DETERMINATION OF OLEIC ACID CONTENT IN SUNFLOWER SEED OIL OF HIGH-OLEIC HYBRIDS

V. Papchenko, Ph.D., senior researcher, deputy director of scientific work, Ukrainian Research Institute of oils and fats National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine;

T. Matveeva, Ph.D., associate professor, Ukrainian Research Institute of oils and fats National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine.

The article provides information on the characteristics of high-oleic sunflower oil. Sunflower seed oil samples of high-oleic hybrids with different oleic acid content were simulated, and their fatty acid composition was determined. The index of refraction of the oil was determined, with the value of the acid value of sunflower seed oil not exceeding 5.0 mg KOH/g. A linear relationship between the refractive index and the content of oleic acid in the investigated sunflower oil samples was revealed. The dependence between these two indicators is the basis of the theoretical determination of the content of oleic acid in oil samples.

Key words: sunflower seeds, oil, high-oleic sunflower oil, oleic acid, refractive index.

UDC 665.3

STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE VISCOSITY AND CONSISTENCY OF CREAM PASTES

T. Matveeva, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

Z. Fedyakina, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

The article analyzes the influence of individual components of the recipe, in particular fried and non-fried crushed sunflower seeds, on the consistency and viscosity of cream pastes. It has been established that the best consistency is cream-paste with a water content of 30-35%. It was found that the consistency of pastes based on non-roasted seeds is more uniform compared to pastes based on fried ones. It was found that the optimal number of revolutions of the stirrer

in the technology of manufacturing cream pastes under industrial conditions should be 120 rpm; whipping duration - no more than 28 minutes; component temperature 35-40°C.

Key words: *protein products, cream-paste, viscosity, consistency, recipe, technological factors.*

UDC 577.152.31

IMPROVEMENT OF FATTY SYSTEMS INTERESTERIFICATION WITH IMMOBILIZED ENZYME PREPARATION USAGE

A. Belinska, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

O. Varankina, Ph.D, National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute;

L. Myronenko, Ph.D, National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute.

This work research object was fat systems interesterification biotechnology using the Lipozyme TL IM immobilized enzyme preparation. The problem of enzyme preparation activation by moistening with sodium bicarbonate aqueous solution with 7.4 ... 7.7 (3 % wt.) pH was solved in the work. The obtained results made it possible to minimize the interesterification process duration with high-quality product obtaining. The proposed enzyme preparation processing made it possible to reduce the duration of the biointeresterification process in a model fat mixture (palm stearin, coconut and soybean oils in a ratio of 1:1:1, respectively) to 3.5...3.7 hours. The product with high quality indicators, namely up to 0.26 mg KOH/g acid number, up to 0.60 mmol ½ O/kg peroxide number and 1.70 c.u. anisidine number, was obtained as a result. The obtained data can be explained by a fact that effective biocatalysis with lipolytic enzymes as the protein molecules requires the existence of two phases – lipid and water. This fact was provided by the activation parameters justified in the study. The obtained results feature was possibility of enzyme preparation activation, which is not provided under industrial conditions due to the threat of raw materials and finished products hydrolytic processes, which leads to the finished product quality deterioration. The research results made it possible to minimize hydrolytic processes in fat system during interesterification with simultaneous process efficiency increase. From a practical point of view, the discovered activation mechanism made it possible to adjust the enzyme preparation processing conditions in fat systems interesterification technology. The applied aspect of scientific result using was the possibility of improving the typical technological process of fat interesterification.

Key words: *biotechnological interesterification, immobilized enzyme preparation, interesterification duration, interesterified fat quality indicators.*

UDC 663.16

INDUSTRIAL TECHNOLOGY OF BETA-CAROTINE FROM BLAKESLEA TRISPORA

A. Belinska, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

I. Petik, Ph.D, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

O. Varankina, Ph.D, National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute.

The technological parameters, namely temperature and duration of β-carotene extraction process from the biomass of filamentous fungus Blakeslea trispora with vegetable oils of various fatty acid compositions and with various contents of natural antioxidants (refined deodorized sunflower, viso-oleic sunflower, corn and sesame) have been investigated. Statistical models of dependences of β-carotene, as well as analytical numbers, characterizing the content of free fatty acids (acid number) and primary products of lipid oxidation (peroxide number) content, in oil extracts of the specified refined deodorized oils, from temperature and extraction

*duration have been built. Rational parameters of β -carotene extraction from *Blakeslea trispora* biomass with selected extractants (refined deodorized sunflower, high oleic sunflower, corn and sesame oils) have been determined for the extracts technological properties control. It has been proven that the use of these refined deodorized oils as extractants practically does not affect the content of the target product in oil extracts of biomass, but it does affect the analytical numbers of extracts characterizing the content of free fatty acids, peroxides and hydroperoxides. The highest content of free fatty acids in β -carotene containing biomass extraction with sunflower oil has been observed. The minimum content of free fatty acids in extracts with corn and sesame oils using has been achieved. The highest content of primary products of lipid oxidation (peroxides and hydroperoxides) during β -carotene containing biomass extraction by sunflower oil has been observed. The minimum content of free fatty acids in extracts with sesame oil using has been achieved. It is possible to predict β -carotene content, as well as acid and peroxide numbers of oil extracts from biomass in specified refined deodorized oils, depending on temperature and extraction process duration using the obtained approximation dependences.*

Key words: *filamentous fungus *Blakeslea trispora*, industrial biotechnology, β -carotene, extractant, technological properties, process control and operations management.*

UDC 665.1

STUDY OF THE INFLUENCE OF CHEMICAL TRANSESTERIFICATION ON THE CHANGE OF TRIACYLGLYCEROL COMPOSITION OF TROPICAL OILS

N.S. Sytnik, PhD, senior researcher, Ukrainian Research Institute of oils and fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

V.S. Mazaeva, PhD, researcher, Ukrainian Research Institute of oils and fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

Z.P. Fedyakina, head of the oil and fat processing research department, Ukrainian Research Institute of oils and fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

The article presents a comparison of the equilibrium triacylglycerol composition of palm oil and palm olein samples with that obtained after transesterification. Using differential scanning calorimetry, changes in the composition of triacylglycerols of initial and transesterified palm olein are shown, which are represented by the characteristics of melting and crystallization peaks on DSC - grams.

Key words: *chemical transesterification, palm oil, palm olein, triacylglycerol composition, differential scanning calorimetry.*

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗМІСТ

Аналіз сучасного стану виробництва олій та продуктів їх переробки в Україні. <i>В.Ю. Папченко, П.Ф. Петік</i>	3
Інактивація інгібіторів протеолітичних ферментів кунжуту для підвищення харчової цінності. <i>А.П. Белінська, І.П. Петік, С.В. Бочкарев</i>	12
Стабілізація окиснення ліпідів у напої на основі шротів олійних культур. <i>І.П. Петік, А.П. Белінська</i>	22
Розробка борошняних комбінованих систем з використанням шротів олійних культур. <i>Т.В. Матвєєва, В.Ю. Папченко</i>	31
Дослідження впливу концентрації рослинних антиоксидантів на показники псування соняшникової олії. <i>Н.С. Ситнік, В.С. Мазаєва, З.П. Федякіна</i>	40
Визначення вмісту олеїнової кислоти олій насіння соняшнику високоолеїнових гібридів. <i>В.Ю. Папченко, Т.В. Матвєєва</i>	46
Дослідження впливу технологічних факторів на в'язкість та консистенцію крем-паст. <i>Т.В. Матвєєва, З.П. Федякіна</i>	51
Удосконалення переестерифікації жирових систем з використанням іммобілізованого ферментного препарату. <i>А.П. Белінська, О.О. Варанкіна, Л.С. Мироненко</i>	58
Промислова технологія бета-каротину з <i>Blakeslea Trispora</i> . <i>А.П. Белінська, І.П. Петік, О.О. Варанкіна</i>	73
Дослідження впливу хімічного переестерифікування на зміну триацилгліцерольного складу тропічних олій. <i>В.С. Мазаєва, Н.С. Ситнік, З.П. Федякіна</i>	84
Реферати.....	91
Рефераты.....	96
Abstracts.....	102

Адреса редакційної колегії проспект Дзюби, 2А, м. Харків, 61019
 УкрНДІОЖ НААН , тел.: 050-345-03-91; 063-943-92-56
 E-mail: direktor.fatoil@gmail.com; nti@fatoil.com.ua
 Сайт: <http://fatoil.com.ua>