

УДК 664.34

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.5.11>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЗИМІВ НА СТУПІНЬ ОБРОБКИ СОНЯШНИКОВОГО ФУЗУ

Ряполова І. О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7672-6639
Scopus-Author ID: 57207853973

Остапчук А. А. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету.
ORCID ID: 0000-0002-7722-5692

Стаття присвячена висвітленню особливостей роботи ферментативних препаратів у олійно-жировій сфері для проведення обробки побічного продукту переробки олії – фузу; для визначення можливості збільшення виходу кінцевого продукту та зменшення кількості промислових відходів. Ферменти дуже різноманітні за своїми властивостями, що дає змогу ситуативно підбирати комплекс препаратів виходячи із параметрів вхідної сировини, майже або зовсім не змінюючи хід технологічної обробки.

Вивчення питання використання ензимів у харчових технологіях дозволило прийти до висновку про широке застосування ферментативних препаратів у багатьох сферах харчової промисловості, однак їх додавання при переробці рослинної олії для підприємств України ще не має широкого впровадження і знаходиться на достатньо низькому рівні. Використання ензимів може дозволити значно спростити технологію віджиму побічних продуктів та забезпечити біологічно-безпечну технологію обробки. Ферменти обираються виходячи із вхідних параметрів сировини і вони здатні значно покращити хімічні показники вихідної олії. Ферментативний метод також контролює кількість фосфоліпідів в готовій продукції, що дуже важливо при виготовленні і харчової, і технічної олії.

В даній роботі наведено приклад обробки соняшникового фузу фосфоліпазами групи А1, А2 та їх одночасного використання для порівняння виходу олії та кінцевих показників у продукті. Отримані результати свідчать про доцільність одночасного використання фосфоліпаз групи А1, А2 та перспективність технологічної обробки для виготовлення рослинної олії. Використання ензимів для переробки олії є економічно вигідним рішенням, яке значно збільшує вихід готового продукту, забезпечує оптимальні фізико-хімічні показники, спрощує умови та хід гідратації олії. Ферменти можуть стати важливою частиною технологічної обробки вторинних продуктів, що дозволить значно збільшити вихід олії та мінімізувати кількість відходів.

Ключові слова: ферменти, ензими, рослинна олія, фуз, харчові технології, фосфоліпази.

Ryapolova I. O., Ostapchuk A. A. Study of the influence of enzymes on the processing stage of sunflower oil

The article is devoted to highlighting the peculiarities of the work of enzymatic preparations in the oil-fat sector for the treatment of the by-product of oil processing – fuzz, to determine the possibility of increasing the yield of the final product and reducing the amount of industrial waste. Enzymes are very diverse in their properties, which makes it possible to situationally select a complex of drugs based on the parameters of the input raw materials, almost or not at all changing the course of technological processing.

The study of the issue of the use of enzymes in food technology allowed us to come to the conclusion about the widespread use of enzymatic preparations in many areas of the food industry; however, their addition during the processing of vegetable oil for Ukrainian enterprises has not yet been widely implemented and is at a sufficiently low level. The use of enzymes can significantly simplify the technology of pressing by-products and provide a biologically safe processing technology. Enzymes are selected based on the input parameters of raw materials and they are

able to significantly improve the chemical parameters of the starting oil. The enzymatic method also controls the amount of phospholipids in the finished product, which is very important in the production of both edible and technical oil.

This paper provides an example of processing sunflower fuzz with phospholipases of group A1, A2 and their simultaneous use to compare oil yield and final parameters in the product. The obtained results indicate the expediency of the simultaneous use of phospholipases of groups A1 and A2 and the prospects of technological processing for the production of vegetable oil. The use of enzymes for oil processing is an economically beneficial solution that significantly increases the yield of the finished product, provides optimal physicochemical parameters, and simplifies the conditions and process of oil hydration. Enzymes can become an important part of the technological treatment of secondary products, which will allow to significantly increase the yield of oil and minimize the amount of waste.

Key words: *enzymes, enzymes, vegetable oil, fuzz, food technologies, phospholipases.*

Вступ. Ферменти, або ензими – це біологічні каталізатори білкової природи, які синтезуються в клітинах живих організмів, прискорюють і координують біохімічні реакції, що регулюють обмін речовин. Вони широко застосовуються у різних сферах харчових технологій, а також у фармацевтиці та медицині. Використання ферментів значно оптимізує технологічні процеси виготовлення харчових продуктів, забезпечуючи спрощений та більш економічно вигідний технологічний результат.

Згідно даних прес-служби Асоціації «Укроліяпром» [1], за сезон з 2021 по 2022 рік підприємствами України було вироблено 5 мільйонів тонн соняшникової олії на внутрішній та зовнішній ринок. У 2021 році експорт олійно-жирової продукції з України становив 12,6% від загального експорту товарів та 31% від експортованої продукції сільського господарства. Не дивлячись на високий виробничий потенціал, аналітики «Укроліяпром» зазначають, що олійноекстраційні заводи України завантажені лише на 50 %.

Зазначені данні вказують на надзвичайну актуальність олійно-жирової сфери для загального економічного та виробничого стану держави. Використання ферментативних препаратів може дозволити спростити технологію віджиму олії та зменшити кількість відходів, що дозволить задіяти у процесі виробництва олійної продукції більшу кількість підприємств.

Постановка проблеми. В залежності від сфери застосування і бажаних результатів технологічного процесу використовують різні ензими. Деякі розм'якшують волокна в плодах та фруктах при виготовленні соків, інші – прискорюють визрівання тіста тощо.

Такі технології за останні п'ять років стали звичними, або навіть очевидними для підприємств. Наприклад, у вищезазначеній технології використання ферментів у сокових напоях, використання ферментів у виготовленні яблучного соку підвищує вихід готової продукції на 25-35%, що, враховуючи відносну невелику ціну на фермент, дозволило широко розповсюдити дану методику.

Попри це, досить незвичним для підприємств України є використання технології переробки рослинної олії та тваринних жирів за допомогою ферментів. Одним із найбільш розповсюдженим продуктом переробки олійно-екстраційних підприємств є фуз, і зменшення його кількості лінійно впливає на вихід харчової олії та економічну зацікавленість виробників. Тому, досить перспективним напрямом вважається дослідження з ферментативної обробки залишку після первинного віджиму соняшникової олії – фузу.

Мета роботи. Дослідження направлені на вивчення можливості використання ферментів фосфоліпази A1 та A2 та їх комбінації для обробки продукту переробки рослинної олії – фузу в умовах підприємства Товариство з обмеженою

відповідальність «Науково-виробниче підприємство «Текоіл». За параметри визначення якості олії після обробки буде взято кінцеве кислотне число, отримане титруванням згідно загальної методики визначення кислотного числа ліпідів, органолептичні показники (колір, запах, прозорість) та вихід олії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковці із кафедри біології і хімії Державного університету Марінга, Бразилія, проводили дослідження щодо застосування ферментативних препаратів у соняшниковій олії. Дослідники особливо акцентували увагу на екологічності даної технології та потенційне зниження собівартості продукту після обробки. Вони дійшли до висновку, що в деяких випадках ферментативна обробка не тільки підвищує вихід продукту, а й покращує хімічні показники субстрату (в тому числі кислотне число та кількість фосфоліпідів) [2].

Також, А.О. Черства [3] експериментально довела продуктивність впровадження у технологію пресування ріпакової олії, стадії ферментативної обробки. У своїй роботі вона дійшла до висновку, що використання ферментів протилітичної та целюлозолітичної дії при попередній обробці ріпакової м'ятки значно збільшує кількість розкритих клітин і покращує вихід готового продукту.

Дослідники із Національного університету харчових технологій у Києві займалися вивченням технології пресування гарбузового насіння і зазначили, що попередня ферментативна обробка гарбузової м'ятки зберігає корисність кінцевого продукту, майже не змінюючи його хімічні показники (окрім значного підвищення вмісту токоферолів на 68%), а вихід збільшується у діапазоні від 1,9 до 10,7% [4].

Одним із основних параметрів для готової до вживання олії є кислотне число – кількість міліграмів гідроксиду калію (KOH), яка необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот, що містяться в 1 грамі жиру. Згідно дослідів науковців, ферментативна обробка показує гарні результати щодо значень кислотного числа у готовій продукції. В таблиці 1 наведені параметри кислотного числа, які отримані при ферментативній та при хімічній рафінації іншими дослідниками [5].

Таблиця 1

Зміна кислотного числа олії після рафінації при використанні хімічних реагентів та ферментів

Сировина	Вхідне КЧ, мг	КЧ, мг при хімічній рафінації	КЧ, мг при ензимній рафінації
Соняшник	3,2	0,1-0,2	>0,01
Соя	4,2	0,2-0,3	>0,02
Ріпак	5,2	0,05-0,2	>0,01

Виклад основного матеріалу дослідження. Як відомо, за проходження гідратації в олії відповідають ферменти групи гідролаз та трансфераз, а саме фосфоліпази А1 та А2. Тому, ці групи ферментів були обрані для дослідження ефективності переробки відходів соняшnikової олії.

При технологічній обробці ферментами рослинної олії та тваринних жирів необхідно враховувати специфічність певних ензимів – тобто який тип реакції він здійснює та на яку саме речовину (або групу речовин схожої структури) діє.

Ф.Ф. Гладкий, С.В. Волошенко [6], вважають, що обрати певний ферментативний препарат можна виходячи з таких параметрів:

1) Залишкова кількість фосфоліпідів (масова частка фосфоровмісних речовин має складати щонайменше 0,1% за стеаролеолецитином).

2) Найбільш продуктивне зменшення промислових відходів при переробці олії під час гідратації.

3) Специфічність певного ферменту (ензим в технологічному процесі мас каталізувати розщеплення наявної в досліджуваній олії групи фосфоліпідів).

4) Активність ферменту (швидкість та продуктивність розщеплення фосфоліпідів).

5) Регенерація (можливість використання ферменту декілька разів).

6) Доступність (ціна та наявність на території України).

Для кожного ензиму притаманні ліміти технологічних параметрів, за яких препарат показує оптимальний результат. До таких параметрів відносяться:

– Робоча температура – оптимальні показники температури, за яких ензим діє. Якщо обробка проводиться при недостатній температурі, фермент не активується, тобто не вступає в реакцію гідратації. При перевищенні робочої температури фермент денатурується.

– Дозування – перевищення оптимальної кількості ферменту може в деяких випадках прискорити виробничий процес, проте підвищити економічні витрати на сировину за рахунок ціни ферментного препарату.

– Кількість води, яку необхідно додати для проходження реакції гідратації.

– Час обробки.

– рН сировини.

Ферментативний метод також контролює кількість фосфоліпідів в готовій продукції, що дуже важливо при виготовленні і харчової, і технічної олії. До того ж використання ферментів дає змогу використовувати м'які режими пресування – при значно нижчих температурах та атмосферному тиску, що суттєво зменшує виробничі витрати [7]. Використання для проведення рафінації активних ферментів-фосфоліпаз дає можливість зменшити витрати води на процес, а також зменшити відходи олії при вилученні фосфоліпідів.

На підприємстві використання ферментативних препаратів не потребує особливого обладнання. Головне під час роботи з ензимами враховувати необхідні певному ферменту температури та рН середовища, для оптимального проходження реакції розщеплення. Тобто введення методики ферментативної обробки не тягне за собою суттєву перебудову виробничої лінії [8; 9; 10].

У нашому дослідженні для переробки соняшникового фузу в умовах виробничої лабораторії ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Текоіл» були використані зразки ферментного препарату типу фосфоліпази А1 і А2 та їх суміш у рівній пропорції, надані лабораторією по переробці технічної рослинної олії.

За робочі параметри кожного зразка обирали середній показник, вказаний підприємством-виробником препарату, враховуючи оптимальні параметри дії ферменту: рН, температуру, рекомендоване дозування, необхідну кількість води та час обробки (табл. 2).

Таблиця 2

Оптимальні параметри дії обраних ферментів

Оптимальний показник дії ферменту	Ферментні препарати	
	Фосфоліпаза А1	Фосфоліпаза А2
рН	5.5-5.9	5.5-5.9
Температура, °С	65-75	45-55
Дозування, г/л	0,03-0,8	0,03-0,8
Кількість води, %	1,5-2,5	1,5-2,5
Час обробки, годин	4-5	4-5

Фосфоліпаза А1 – щільна, темно-коричневого забарвлення рідина з різким ароматом. Фосфоліпаза А2 має рідку консистенцію, коричневе забарвлення та специфічний аромат.

Об'єктом дослідження є побічний продукт переробки соняшникової олії – фузу. Параметри сировини: кислотне число наближене до 1, вологість 0,6%, коричневе забарвлення, консистенція текуча, рідина непрозора, аромат притаманний насінню, присмний.

Для обробки ферментними препаратами ми використовували магнітну мішалку з функцією нагрівання. Три наважки масою по 450 г заливали у термостійкі лабораторні стакани і вносили магніт для перемішування. В кожний стакан вносили 3 грами води та додавали 0,2 грами ферменту. У перший дослідний зразок (зразок № 1) – фермент групи А1, у другий дослідний зразок (зразок № 2) – фермент групи А2, у третій (зразок № 3) – суміш двох ферментів у пропорції 1:1. Зазначені зразки нагрівали з постійним перемішуванням до рекомендованої виробником температури і обробляли 2 години. Зразок № 3 спочатку нагрівали до температури 50°C, обробляючи 1 годину, а потім витримували температуру 70°C протягом ще однієї години. Після закінчення обробки залишили всі зразки в термостаті на 4 години для відділення осаду. Після закінчення дії препаратів, визначили органолептичні показники, кислотне число та вихід олії з вторинного продукту – фузу (табл. 3).

Таблиця 3

Результати обробки дослідних зразків соняшникового фузу ферментами

Дослідні зразки	Показники				
	кислотне число	колір	запах	прозорість	вихід олії, %
Зразок № 1	>	коричневий	притаманний	непрозорий	65,0
Зразок № 2	>	коричневий	притаманний	прозорий	71,0
Зразок № 3	>	світло-коричневий	притаманний	прозорий	75,5

Як видно з даних таблиці, найкращий результат показало використання обох ферментів одночасно, вихід олії склав 75,5%, що перевищує перший зразок на 14%, а другий на 6%. Також, при використанні ферментів у другому і третьому зразку було зафіксовано покращення прозорості продукту, а в третьому досліді також незначне освітлення олії після відстоювання.

Отже, застосовуючи комбінацію фосфоліпази А1 та А2 у рівних пропорціях для обробки продукту переробки соняшникової олії – фузу в умовах підприємства ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Текоїл», підприємство може отримати більший вихід якісної сировини, підвищити кількість готового продукту та значно зменшити вторинні відходи.

Висновки. На даний момент застосування ферментів у технологічному процесі виготовлення олії ще не знаходить широкого застосування на переробних підприємствах в Україні. Ферменти дуже різноманітні за своїми властивостями, що дає змогу ситуативно підбирати комплекс препаратів виходячи із параметрів вхідної сировини, майже, або зовсім не змінюючи хід технологічної обробки. Використання ензимів для переробки олії є економічно вигідним рішенням, яке значно збільшує вихід готового продукту, забезпечує оптимальні фізико-хімічні показники, спрощує умови та хід гідратації олії.

Також, ферментні препарати можуть стати важливою частиною технологічної обробки вторинних продуктів, що дозволить значно збільшити вихід олії та мінімізувати кількість відходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Частка України у світовому виробництві олії скоротиться до 21 відсотка. Видання Bizagro. 2022. URL: <https://bizagro.com.ua/chastka-ukrayini-u-svitovomu-virobnitstvi-ta-eksporti-oliyi-u-2022-23-marketingovomu-rotsi-skorotitsya-do-21-i-35-vidsotkiv-vidpovidno-usda/> (дата звернення 23 жовтня 2022).
2. Suellen A. O. Ribeiro, Antonio E. Nicacio, Ana B. Zanqui. Application of Enzymes in Sunflower Oil Extraction: Antioxidant Capacity and Lipophilic Bioactive Composition. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. № 5. 2016. С. 835-839.
3. Черства А.О. Удосконалення технології пресового вилучення ріпакової олії з використанням ферментних препаратів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.06 «Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів» НУХТ: К., 2018. 18 с.
4. Вовк Г.О., Носенко Т.Т. Вплив попередньої ферментативної обробки гарбузового насіння на вихід пресової олії та її хімічний склад «Якість і безпека харчової продукції і сировини – проблеми сьогодення»: матеріали конференції присвячена 80-річчю Заслуженого діяча науки і техніки України, д.т.н., професора Львівського торговельно-економічного університету І.В. Сирохмана 2020. Київ : НУХТ, 2020. С. 207-209.
5. Гладкий Ф.Ф., Волошенко С.В. Можливість проведення реакції гідратації фосфоліпідів олій з використанням ферментного препарату фосфоліпази С. *Вісник національного технічного університету «ХПІ»*. Харків : НТУ «ХПІ». 2011. № 34. С. 32-37.
6. Гладкий Ф.Ф., Волошенко С.В. Нова ферментна технологія гідратації олій. Критерії вибору ферментних препаратів «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, оліє жирової та молочної галузей»: Міжнародна науково-технічна конференція 22–23 березня 2012 р. Київ : НУХТ, 2012. С. 82.
7. Волошенко С.В. Застосування ферментів класів гідролаз та ацилтрансфераз в технології гідратації олії *Технологический аудит и резервы производства*. 2012. № 3/2(5). С.11-12.
8. Носенко Т.Т., Жупанова Д.О. Огляд технології ферментативного рафінування рослинних олій. «Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК» матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції 2020 р. Київ : НУХТ, 2020. С. 53-54.
9. Гладкий Ф.Ф., Богодіст-Тимофєєва О.Ю. Модифікування фосфатидного концентрату за допомогою ферменту. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Харків : НТУ «ХПІ». 2002. № 9, т. 2. С. 35-38.
10. Демидова А.О., Гладкий Ф.Ф., Березка Т.О. Сучасні способи гідратування рослинних олій: аналітичний огляд. *Innov Biosyst Bioeng*. 2021. № 5(2). С. 105–116.

REFERENCES:

1. Chastka Ukrainy u svitovomu vyrobnytstvi oliyi skorotytsya do 21 vidsotka. Vydannya Bizagro 2022 [Ukraine's share in world oil production will decrease to 21 percent. Bizagro 2022 edition] Retrieved from URL: <https://bizagro.com.ua/chastka-ukrayini-u-svitovomu-virobnitstvi-ta-eksporti-oliyi-u-2022-23-marketingovomu-rotsi-skorotitsya-do-21-i-35-vidsotkiv-vidpovidno-usda/> (data zvernennya 23 zhovtynya 2022) [in Ukrainian].
2. Suellen A. O. Ribeiro, Antonio E. Nicacio, Ana B. Zanqui (2016) Application of Enzymes in Sunflower Oil Extraction: Antioxidant Capacity and Lipophilic Bioactive Composition. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 5, 835-839 [in Brazil].

3. Cherstva A.O. (2018) Udoskonalennya tekhnolohiyi presovoho vyluchennya ripakovoyi oliyi z vykorystanniam fermentnykh preparativ [Improvement of the technology of press extraction of rapeseed oil using enzyme preparations] Extended abstract of candidate's thesis NUHT [in Ukrainian].

4. Vovk H.O., Nosenko T.T. (2020) Vplyv poperedn'oyi fermentatyvnoyi obrobky harbuzovoho nasinnya na vykhid presovoyi oliyi ta yiyi khimichnyy sklad [The effect of pre-enzymatic treatment of pumpkin seeds on the yield of pressed oil and its chemical composition] «*Yakist' i bezpechnist' kharchovoyi produktsiyi i syrovyny – problemy s'ohodennya*»: *materialy konferentsiyi prysvyachena 80-richchyu Zasluzhenoho diyacha nauky i tekhniky Ukrainy, d.t.n., profesora L'vivs'koho torhovel'no-ekonomichnoho universytetu I.V. Syrokhmana* (2020 r. m. Kyiv: NUKHT) 207-209. [Quality and safety of food products and raw materials – today's problems": materials of the conference dedicated to the 80th anniversary of the Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor Lvivsky trade – University of Economics I.V. Syrokhman 2020 m. Kyiv: NUHT], 207-209 [in Ukrainian].

5. Hladkyy F.F., Voloshenko S.V. (2011) Mozhyvist' provedennya reaktsiyi hidratatsiyi fosfolipidiv oliy z vykorystanniam fermentnoho preparatu fosfolipazy S [The possibility of conducting the hydration reaction of phospholipids of oils using the enzyme preparation phospholipase S] *Visnyk natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPI»*. Kharkiv: NTU «KHPI» [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Kharkiv: NTU "KhPI"] no 34, 32-37 [in Ukrainian].

6. Hladkyy F.F., Voloshenko S.V. (2012) Nova fermentna tekhnolohiya hidratatsiyi oliy. Kryteriyi vyboru fermentnykh preparativ [New enzyme technology of oil hydration. Criteria for the selection of enzyme preparations] *Tekhnichni nauky: stan, dosyahnennya i perspektyvy rozvytku m"yasnoyi, oliye zhyrovoyi ta molochnoyi haluzey: Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiya* (22–23 bereznya 2012 r. Kyiv : NUKHT). 82 [Technical sciences: state, achievements and development prospects of the meat, oil, fat and dairy industries (march 22-23, 2012. Kyiv: NUHT)], 82 [in Ukrainian].

7. Voloshenko S.V. (2012) Zastosuvannya fermentiv klasiv hidrolaz ta atsyltransferaz v tekhnolohiyi hidratatsiyi oliyi [Application of hydrolase and acyltransferase enzymes in oil hydration technology] *Tekhnolohycheskyy audyt y rezervy proyzvodstva* [Technological audit and production reserves] no 3/2(5), 11-12 [in Ukrainian].

8. Nosenko T.T, Zhupanova D.O. (2020) Ohlyad tekhnolohiyi fermentatyvnoho rafinuvannya roslynnykh oily [Overview of the technology of enzymatic refining of vegetable oils] *Pidvyshchennya efektyvnosti diyal'nosti pidpryyemstv kharchovoyi ta pererobnoyi haluzey APK» materialy Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* (2020 r. m. Kyiv: NUKHT), 53-54. [Increasing the efficiency of the activities of enterprises of the food and processing sectors of the agro-industrial complex" materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference of (2020. Kyiv : NUHT)], 53-54 [in Ukrainian].

9. Hladkyy F.F., Bohodist-Tymofeyeva O.YU. (2002) Modyfikuvannya fosfatydnoho kontsentratu za dopomohoyu fermentu [Modification of phosphatide concentrate using an enzyme] *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «Kharkivs'kyy politekhnichnyy instytut»*. Kharkiv: NTU «KHPI» [Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Kharkiv: NTU "KhPI"] no 9 (2), 35-38 [in Ukrainian].

10. Demydova A.O., Hladkyy F.F., Berezka T.O. (2021) Suchasni sposoby hidratuvannya roslynnykh oliy: analitychnyy ohlyad [Modern methods of hydration of vegetable oils: an analytical review] *Innov Biosyst Bioeng* [Innov Biosyst Bioeng], no 5(2), 105–116 [in Ukrainian].