

INFLUENCE OF ENZYMATIC TREATMENT PARAMETERS ON THE PRESS PUMPKIN OIL YIELD AND ITS PROPERTIES

H. Vovk, T. Nosenko

National University of Food Technologies

Key words:

Pumpkin seeds oil
Protease
Cellulose
Antioxidant capacity

Article history:

Received 03.01.2023
Received in revised form
19.01.2023
Accepted 31.01.2023

Corresponding author:

T. Nosenko

E-mail:

tamara_nosenko@ukr.net

ABSTRACT

The influence of parameters of pumpkin seeds pretreatment with enzyme preparations of proteolytic and cellulolytic activity on the yield of press oil, its composition and quality parameters were studied in this work. The enzyme preparation PENICILOPEPSIN (Enzym Biotech, Ukraine) with proteolytic activity and CELLULAD (Enzym Biotech, Ukraine) with cellulolytic, hemicellulase and xylanase activity were used for pretreatment. Enzymatic treatment of seeds was carried out with a mixture of these preparations at a ratio of 7:3 for 2 h at a pH 5.2 and 48—54°C. The following parameters of enzymatic pretreatment were studied: the amount of the enzyme mixture, which varied from 0.3% to 2.4% of the weight of the seeds and the amount of moisture added together with the enzymes — from 15% to 50%.

It was established that the rational parameters of the enzymatic treatment of pumpkin seeds are the mass of the enzyme mixture of 0.6% and the amount of moisture added with enzymes — 35% of the seed mass. Under such technological parameters, the yield of press pumpkin oil was 65.6%, which is almost 6% higher than in the control sample. The acid and anisidine value of the control oil sample and the oil extracted after the enzymatic treatment of the seeds did not differ significantly. However, the content of peroxide compounds in the oil extracted after enzymatic treatment of seeds was lower. The total antioxidant activity of the oil, determined by the reaction of the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radicals quenching within 30 min, was higher in the oil samples after seed pretreatment at the maximum tested moisture (50%).

The obtained results indicate that the enzymatic pretreatment of pumpkin seeds with proteolytic and cellulolytic enzyme preparations is a promising method of oil yield increasing.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАТИВНОЇ ОБРОБКИ НА ВИХІД ПРЕСОВОЇ ГАРБУЗОВОЇ ОЛІЇ ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

Г. О. Вовк, Т. Т. Носенко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив параметрів попередньої обробки гарбузового насіння ферментними препаратами протеолітичної та целюлолітичної дії на вихід пресової олії, її показники складу та якості. Для попередньої обробки були використані ензимний препарат ПЕНІЦИЛОПЕПСИН («Ензим Біотех», Україна) з протеолітичною активністю та ЦЕЛЮЛАД («Ензим Біотех», Україна) з целюлолітичною, геміцелюлазною та ксиланазною активністю. Ферментативну обробку насіння проводили сумішшю цих препаратів при співвідношенні 7:3 протягом 2 год при рН 5,2 і 48–54 °С. Досліджено вплив таких параметрів ферментативної обробки: кількості ферментної суміші, яку змінювали в межах від 0,3%, до 2,4% від маси насіння, та маси, внесеної разом з ферментами вологи в діапазоні від 15% до 50%.

Встановлено, що раціональними параметрами ферментативної обробки гарбузового насіння в дослідженому діапазоні є маса суміші ферментних препаратів ПЕНІЦИЛОПЕПСИН і ЦЕЛЮЛАД 0,6% від маси насіння та кількість внесеної з ферментами вологи 35% від маси насіння. За таких технологічних параметрів вихід пресової гарбузової олії становив 65,6%, що майже на 6% вище, ніж у контролі. Кислотне й анізидинове число контрольного зразка олії та олії, вилученої після ферментативної обробки насіння, суттєво не відрізнялись. Проте вміст пероксидних сполук в олії, вилученій після ферментативної обробки насіння, був нижчим. Загальна антиоксидантна активність олії, визначена за реакцією гасіння радикалів 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилу протягом 30 хв, була вищою в зразках олії після обробки насіння за максимальної дослідженої вологості (50%).

Одержані результати свідчать, що попередня ферментативна обробка насіння гарбуза протеолітичними та целюлолітичними ферментними препаратами є перспективним методом підвищення виходу олії.

Ключові слова: гарбузова олія, протеази, целюлази, антиоксидантна здатність.

Постановка проблеми. Актуальним завданням переробки насіння олійних культур є підвищення ефективності пресового вилучення олії. Переробка олійного насіння пресуванням — технологія сталого розвитку, оскільки для добування олії не використовується органічний розчинник (гексан, чи екстракційний бензин), енергетичні витрати суттєво нижчі порівняно із екстракцією олії розчинником, підвищується безпечність виробництва (вибухо- та пожежобезпечність). Крім того, пресова олія та макуха не містять залишків розчинника, така олія не потребує обов'язкового рафінування. Одним із методів підвищення виходу пресової олії є використання попередньої обробки олійного насіння пектолітичними, протеолітичними, геміцелюлолітичними та целюлолітичними фермен-

тами, які гідролізують вуглеводи клітинних стінок і протеїни мембран, сприяючи «звільненню» олеосом з рослинних клітин. Проте технології такої обробки потребують розроблення для кожної олійної сировини з урахуванням особливостей хімічного складу клітинних стінок, біологічних мембран і специфічності ферментних препаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наукових працях було запропоновано використання ензимів для руйнування клітинних стінок насіння канולי перед екстракцією олії (Sosulski, Sosulsky, & Coxworth, 1988, Sosulski, & Sosulsky, 1993), кокосової копри (Cintra, Lopez-Munguia, & Vernon, 1986), соєвих бобів та насіння соняшнику (Dominguez, Nunez, & Lema, 1993). Використання цього методу перед пресуванням насіння сої вперше запропоновано у (Smith, Agrawal, Sarkar, & Singh, 1993). Згодом особливого розвитку набули дослідження щодо використання ферментативної обробки для підвищення ефективності так званого водного фракціонування олійного матеріалу (EAAE). Механізм такого процесу полягає в екстрагуванні олії з олійного насіння за рахунок ізолювання олеосом, виділення білків олійного насіння й твердого нерозчинного залишку насіння.

Високого виходу екстрагованої олії (88—99%) в присутності протеаз з екструдованих розмелених соєвих бобів або пластівців було досягнуто в (Lamsal, Murphy, & Johnson, 2006; de Moura та ін., 2008; de Moura, & Johnson, 2009; de Moura, Almeida, & Johnson, 2009; de Moura та ін., 2010; Freitas та ін., 1997). Механізм дії протеаз полягає в гідролізі нерозчинних білків, їх розчиненні, внаслідок чого звільняється додаткова кількість олії, заблокованої в окремих компартментах (Jung, & Mahfuz, 2009; Jung, Mahfuz, & Maurer, 2009). У (Yoon, 1991) автори вважають, що протеази руйнують протеїновий каркас, який оточує ліпосоми. У (Campbell, & Glatz, 2009) збільшення виходу олії під дією протеаз пояснюється тим, що вони запобігають утворенню адсорбційних шарів на поверхні ліпосом або ж у разі утворення низькомолекулярних пептидів швидше дифундують з міжфазних поверхонь і таким чином спричиняють руйнування жирових крапель. Отже, важливу роль у процесі водного екстрагування олії із соєвих бобів відіграє розчинність білків.

У разі використання целюлаз для водного екстрагування олії з екструдованих пластівців у дослідженнях (de Moura, 2008, Freitas, 1997) не було виявлено збільшення виходу олії, а в (Rosenthal, Pyle, & Niranjana, 1998) виявлено зменшення частки екстрагованої олії і білків під дією обробки целюлозами за значення рН 5, що, очевидно, пояснюється незворотною денатурацією білків.

Незважаючи на значну кількість досліджень щодо використання гідролітичних ферментів у процесах водного фракціонування олійного насіння, наразі ця технологія не знайшла практичного використання.

Попередня ензимна обробка олійного насіння може бути використана також для підготовки матеріалу до пресового вилучення олії. Позитивний вплив гідролітичних ферментів на вихід пресової бавовняної олії був виявлений у (Taha, & Hassanein, 2007), лляної олії (Anwar, Zreen, Sultana, & Jamil, 2013), бурячнику (Soto, Chamy, & Zuniga, 2007), ріпакової (Cherstva, Lastovetska, & Nosenko, 2016), гарбузової (Nosenko, Vovk, & Koroluk, 2019), абрикосових кісточок (Candan, & Arslan, 2021; Rajaram, Kumbhar, Singh, Lohani, & Shahi, 2012). У той же час у (Candan, & Arslan, 2021) не виявлено збільшення виходу олії холодного віджиму

після попередньої обробки насіння льону і виноградних кісточок пектолітичними, целюлолітичними та геміцелюлолітичними ферментами.

Мета статті: розроблення раціональних параметрів пресового вилучення гарбузової олії з використанням попередньої обробки насіння гарбузів сумішшю ферментативних препаратів з протеолітичною, целюлолітичною, геміцелюлолітичною та ксиланазною активністю.

Матеріали і методи. Пеніцилопепсин — сухий ферментний препарат грибної протеази, отриманої шляхом спрямованої ферментації селекційного штаму *Pen. canescens* з подальшим очищенням і концентруванням («ЕнзимБіотех», Україна). Пеніцилопепсин каталізує гідроліз високомолекулярних білків з утворенням низькомолекулярних пептидів, є стабільним у присутності хелатуючих агентів, таких як EDTA, і має низьку сприйнятливість до триполіфосфатів, наявність іонів кальцію збільшує стабільність при 30 °С. Робочий діапазон температур та рН — 20—60 °С та 3,0—6,0 відповідно, оптимальні діапазони температур та рН — 40—50 °С та 4,0—5,0 відповідно, активність — 50 од/г.

Целюлад — сухий ферментний препарат, одержаний згідно з ТУ У 24.1-32813696-016:2008 («Ензим», Україна). Крім основної активності целюлази, препарат також містить значні кількості геміцелюлази та ксиланаз. Робочий діапазон температур та рН — 40—50 °С та 5,5—6,5 відповідно, активність — не менше 10000 од/г.

Дослідження проводились зі зразками насіння гарбуза звичайного.

Вилучення олії з насіння пресовим методом проводили за допомогою лабораторного шнекового пресу «Маслячок» ПШУ-4. Пресування проводили за температури (80 ± 20) °С залежно від виду олійного матеріалу та способу його попередньої обробки. Вилучену олію зважували та визначали вихід олії у відсотках до маси насіння в перерахунку на олійність насіння.

Визначення олійності насіння проводили вичерпною екстракцією в апараті Соксклета NZ 45/40 з використанням петролейного ефіру. Тривалість екстракції становила 8 годин.

Кислотне число одержаної гарбузової олії визначали згідно з ДСТУ EN ISO 660:2019 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення кислотного числа та кислотності».

Пероксидне число пресової гарбузової олії визначали згідно з ДСТУ 4570:2006 «Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа».

Анізидинове число гарбузової олії визначали згідно з ДСТУ EN ISO 6885:2019 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення анізидинового числа».

Визначення антиоксидантної активності одержаної гарбузової олії проводили за реакцією гасіння радикалів 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилу (DPPH) (Носенко, Музика, Циганкова, Левчук, & Маринченко, 2019). Для реакції використовували розчин 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилу концентрацією 3 мг/100 мл в етилацетаті, який мав значення оптичної густини на довжині хвилі 520 нм в межах 0,7—0,9.

Для приготування реакційної суміші до 100 мг олії додавали розчин DPPH в етилацетаті, ретельно перемішували та визначали початкове значення оптичної густини реакційної суміші на довжині хвилі 520 нм (D_0). Реакційну суміш витримували без доступу світла та визначали оптичну густину на 520 нм (D_1) через заданий інтервал часу. Антиоксидантну активність (А) розраховували за зміною

оптичної густини протягом 30 хв (Носенко, Музика, Циганкова, Левчук, & Маринченко, 2019):

$$A = \left[1 - \frac{D_1}{D_0} \right] \cdot 100.$$

Викладення основних результатів дослідження. Досліджено вплив таких параметрів попередньої ферментативної обробки гарбузового насіння, як кількість ферментної суміші та вологості, що вносились для обробки. Волога — важливий фактор, необхідний не лише для волого-теплової обробки насіння, але й без якого була б неможливою реакція гідролізу компонентів клітин насіння під час його обробки протеазами та целюлазами. Водночас надмірна кількість внесеної з ферментами води є вкрай небажаною, оскільки вона значно збільшить витрати часу та енергії на висушування матеріалу, аби довести його до необхідного для пресування значення вологості. Через це процес стане технологічно складнішим і економічно не вигідним.

Дослідні зразки подрібненого гарбузового насіння попередньо були оброблені водними розчинами сумішей ферментних препаратів з протеолітичною та целюлолітичною активністю при співвідношенні 7:3 протягом 2 год при рН 5,2 та 48—54 °С. Було досліджено вплив кількості ферментної суміші та вологості, внесеної для попередньої обробки гарбузового насіння, на ефективність пресування матеріалу. Кількість ферментів коливалась в межах від 0,3%, до 2,4% від маси насіння, кількість внесеної разом з ферментами води — від 15% до 50%. Після ферментативної обробки насіння висушували у сушильній шафі за температури 100—105 °С протягом 30—150 хв до кінцевої вологості подрібненого насіння 6—7%. Контрольні зразки насіння були оброблені за тих самих умов, але без внесення ферментів. Кількості протеолітичних і целюлолітичних ферментів, внесених для обробки гарбузового насіння, а також кількості води, внесеної разом з ферментами, наведено в табл. 1.

Було виявлено, що найвищий вихід олії (65,6%) досягнутий при загальній кількості доданої під час обробки ферментної суміші (0,6 %) від маси зразка насіння та кількості внесеної з ферментами води (35 %).

Таблиця 1. Вплив попередньої ферментативної обробки гарбузового насіння на вихід пресової олії

Маса ферментної суміші для обробки насіння, % від маси насіння	Кількість внесеної з ферментами води, %	Вихід олії, % від вмісту олії в насінні
1	2	3
0,3	50	60,5 ± 0,1
0,6	50	63,0 ± 0,1
1,2	50	62,2 ± 0,1
1,8	50	62,6 ± 0,2
2,4	50	61,6 ± 0,1
0,6	35	65,6 ± 0,1
1,2	35	60,0 ± 0,1
0,6	25	62,8 ± 0,1

1	2	3
1,2	25	60,5 ± 0,2
0,6	15	60,4 ± 0,2
1,2	15	60,7 ± 0,1
0	50	59,9 ± 0,1
0	35	59,9 ± 0,1
0	25	60,1 ± 0,1
0	15	60,3 ± 0,2

Відомо, що тривалий контакт олійного матеріалу з вільною вологою може викликати процеси гідролізу олії, що негативно впливає на якість олії. У багатьох дослідженнях, присвячених розробці технології попередньої ферментативної обробки перед пресуванням для насіння різних олійних культур, кількість доданої до субстрату води під час ферментативного гідролізу намагалися максимально скоротити, зокрема, до співвідношення субстрат:вода — 1:1, або до 45—50% від маси субстрату (Kaseke, Opara, & Fawole, 2021; Kubaychuk, Nosenko, & Cherstva, 2016; Latif, Anwar, & Ashraf, 2007; Bargale, Sosulski, & Sosulski, 2000; Latif, & Anwar, 2009). Одержані дані свідчать, що при зменшенні кількості внесеної з ферментами води від 25 до 15% вихід олії поступово знижується з 62,81% до 60,41% відповідно, тоді як при підвищенні кількості доданої води від 35 до 50% збільшення виходу олії не спостерігалось. У (Rajaram, Kumbhar, Singh, Lohani, & Shahi, 2012) проводили попередню ферментативну обробку абрикосових кісточок пектоллітичними та целюлолітичними ферментами при кількості внесеної під час гідролізу води від 20% до 32%. Найбільше зростання виходу олії (2,53%) було одержано при 23% внесеної води щодо маси субстрату. Ферментативний гідроліз насіння борщівника ферментними препаратами Olivex та Celluclast здійснювали за вологості від 20% до 50% (Soto, Chamy, & Zuniga, 2007). Найвищий вихід олії 85,5% був виявлений при кількості доданої води 20%. Під час ферментативної обробки насіння ріпаку, соняшнику, кунжуту, бавовни, коноплі, *Moringaoleifera* та *Moringaconcanensis* було встановлено, що оптимальною для більшості з цих культур виявилася кількість внесеної води під час гідролізу в діапазоні від 35 до 45% (Candan, & Arslan, 2021).

Іншим важливим параметром попередньої ферментативної обробки насіння є кількість доданої ферментної суміші. Відомо, що зі збільшенням концентрації ферменту швидкість і глибина проходження реакції, яку він каталізує, зростає. Однак ця закономірність зберігається лише до моменту повного насичення ферментом відповідних хімічних зв'язків субстрату, після чого збільшення кількості ферменту вже не буде ефективним (Kumar та ін., 2017). До того ж надмірне підвищення концентрації ферментів буде економічно не вигідним у зв'язку з їх високою вартістю. Надлишкова кількість ферменту також може призвести до гідролізу полісахаридів та утворення вільних редуруючих цукрів, які будуть карамелізуватися під час сушіння олійного матеріалу безпосередньо перед пресуванням і можуть перешкоджати вилученню олії, що, відповідно, призведе до зменшення її виходу. Крім того, надмірне збільшення концентрації ферментів може призвести до погіршення органолептичних властивостей готового продукту, спричинити виникнення сторонніх запахів і гіркоти.

Як свідчать одержані результати дослідження (табл. 1), в дослідженому діапазоні оптимальною кількістю внесеної ферментної суміші є 0,6% від маси насіння. Збільшення чи зменшення кількості доданих ферментів супроводжувалось зниженням виходу олії. Аналогічно, під час попередньої ферментативної обробки перед пресуванням насіння ріпаку з використанням суміші ферментних препаратів Protolad та Celulad в кількості від 0,4% до 1,4% від маси субстрату найбільш оптимальною виявилась концентрація ферментів 0,4%, вихід олії при цьому коливався в межах від 32,2 до 45,9% залежно від інших параметрів, таких як тривалість ферментації та вміст води перед пресуванням (Cherstva, Lastovetska, & Nosenko, 2016; Kubaychuk, Nosenko, & Cherstva, 2015). У праці (Nosenko, Vovk, & Koroluk, 2019) попередню ферментативну обробку гарбузового насіння було здійснено із застосуванням концентрації ферментної суміші 0,6% від маси насіння, одержаний вихід пресової олії становив 28,2%.

Дослідження фізико-хімічних показників одержаної пресової олії (табл. 2) показали, що попередня ферментативна обробка гарбузового насіння не має істотного впливу на кислотність олії та вміст карбонільних сполук (анізидинове число).

Таблиця 2. Вплив попередньої ферментативної обробки гарбузового насіння на фізико-хімічні показники якості олії

Маса ферментної суміші для обробки насіння, % від маси насіння	Кількість внесеної з ферментами води, %	Фізико-хімічні показники якості пресової олії		
		кислотне число, мг КОН/г	пероксидне число, ммоль ½ О/кг	анізидинове число
0,3	50	1,20 ± 0,13	0,55 ± 0,07	1,60 ± 0,04
0,6	50	1,30 ± 0,11	0,67 ± 0,04	1,20 ± 0,03
1,2	50	1,50 ± 0,08	0,47 ± 0,05	1,40 ± 0,05
1,8	50	1,30 ± 0,10	0,38 ± 0,08	1,30 ± 0,02
2,4	50	1,60 ± 0,11	0,97 ± 0,02	1,30 ± 0,03
0,6	35	1,30 ± 0,13	0,62 ± 0,06	1,20 ± 0,02
1,2	35	1,40 ± 0,12	0,51 ± 0,03	1,10 ± 0,02
0,6	25	1,20 ± 0,13	0,64 ± 0,04	1,20 ± 0,04
1,2	25	1,50 ± 0,09	0,54 ± 0,05	1,30 ± 0,06
0,6	15	1,20 ± 0,11	0,70 ± 0,06	1,00 ± 0,03
1,2	15	1,30 ± 0,10	0,49 ± 0,02	1,10 ± 0,05
0	50	1,60 ± 0,12	0,98 ± 0,02	1,60 ± 0,02
0	35	1,30 ± 0,13	0,74 ± 0,07	1,50 ± 0,04
0	25	1,20 ± 0,10	0,83 ± 0,03	1,40 ± 0,03
0	15	1,30 ± 0,09	0,69 ± 0,05	1,40 ± 0,02

Варто зазначити, що в працях, присвячених ферментативній обробці ріпакового та гарбузового насіння перед пресуванням, не було виявлено суттєвих змін кислотного числа одержаних олій порівняно з оліями, одержаними традиційним способом пресування (Cherstva, Lastovetska, & Nosenko, 2016; Nosenko, Vovk, & Koroluk, 2019). Водночас спостерігається незначне зменшення пероксидного числа в зразках олії, одержаної з ферментованих зразків насіння, порівняно з контрольними зразками олії. Це може бути пов'язано з імовірним підвищенням анти-

окисидантних властивостей олії внаслідок попередньої ферментативної обробки насіння, оскільки, під час ферментації, як відомо, руйнуються комплексні сполуки, утворені полісахаридами й токоферолами насіння, які є потужними природними антиоксидантами, що спричиняє вилучення токоферолів у олійну фазу (Latif, & Anwar, 2009).

Під час визначення загальної антиоксидантної активності олії за реакцією гасіння радикалів 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилу (DPPH) протягом 30 хв було виявлено, що зменшення кількості внесеної ферментної суміші та вологи одночасно призводить до зниження антиоксидантної активності (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив попередньої ферментативної обробки гарбузового насіння на антиоксидантні властивості олії

Маса ферментної суміші для обробки насіння, % від маси насіння	Кількість внесеної з ферментами вологи, %	Антиоксидантна активність олії (DPPH після 30 хв), %
0,3	50	26,61 ± 0,03
0,6	50	33,14 ± 0,08
1,2	50	30,56 ± 0,05
1,8	50	32,35 ± 0,03
2,4	50	22,84 ± 0,03
0,6	35	18,79 ± 0,04
1,2	35	20,45 ± 0,01
0,6	25	22,18 ± 0,04
1,2	25	27,15 ± 0,05
0,6	15	19,88 ± 0,02
1,2	15	19,93 ± 0,02
0	50	29,74 ± 0,06
0	35	16,26 ± 0,01
0	25	26,97 ± 0,01
0	15	20,11 ± 0,03

Збільшення антиоксидантної активності олії, одержаної після попередньої ферментативної обробки гарбузового насіння, підтверджено також кінетикою реакції гасіння вільних радикалів DPPH' розчинами олії, одержаної з контрольних і проферментованих зразків гарбузового насіння при кількості внесеної з ферментами вологи 35% (див. рисунок).

Антиоксидантна активність олії, одержаної шляхом ферментації гарбузового насіння (кількість внесеної вологи 35%), та контрольних зразків олії була практично однаковою протягом першої («швидкої») стадії реакції та вища в кожній точці вимірювання в олії з проферментованого насіння порівняно з контролем під час другої («повільної») стадії.

Це, імовірно, пов'язано з тим, що для руйнування комплексів полісахаридів і токоферолів насіння необхідний більш інтенсивний перебіг реакції гідролізу, що, у свою чергу, вимагає внесення до реакційної суміші більшої кількості ферментів і вологи.

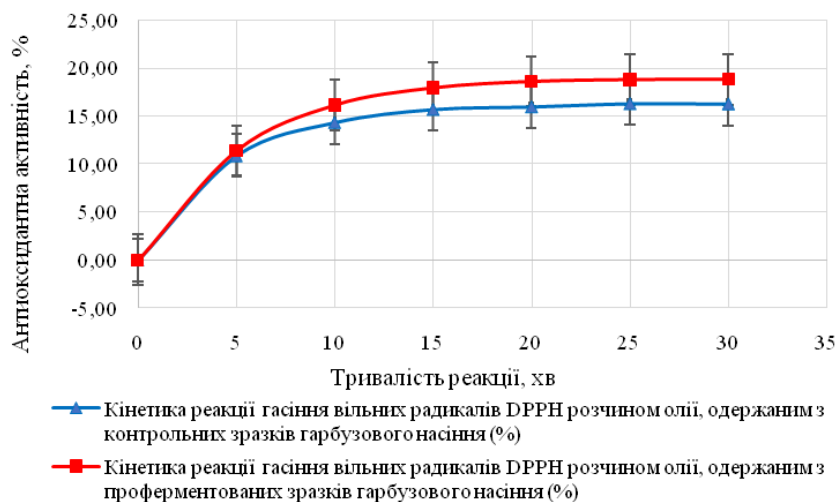


Рис. Кінетика реакції гасіння вільних радикалів DPPH розчинами олії, одержаними з контрольних і проферментованих зразків гарбузового насіння при кількості внесеної ферментної суміші 0,6% та вологи 35%

Висновки

З огляду на одержані результати, раціональними параметрами для попередньої ферментативної обробки насіння гарбузів сумішшю ферментних препаратів з протеолітичною та целюлолітичною активністю при співвідношенні 7:3 протягом 2 год при рН 5,2 та 48—54 °С є: кількість внесеної ферментної суміші 0,6% та кількість внесеної з ферментами вологи 35% від маси насіння. Використання таких технологічних параметрів надало можливість вилучити 65,6% олії, що майже на 6% вище, ніж у контролі. Гарбузова олія, вилучена за таких умов, мала вищу окиснювальну стійкість.

Отже, попередня ферментативна обробка насіння гарбузів протеолітичними та целюлолітичними ферментними препаратами є перспективним методом підвищення виходу олії.

Подяка. Робота виконана за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України (Договір № М/51-2022, 24.05.2022).

Література

- Носенко, Т. Т., Музика, О. С., Циганкова, Г. А., Левчук, І. В., Маринченко, І. О. (2019). Особливості складу олії із насіння ненаркотичних конопель вітчизняної селекції. *Наукові праці НУХТ*, 25(5), 173—180.
- Anwar, F., Zreen, Z., Sultana, B., Jamil, A. (2013). Enzyme-aided cold pressing of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.): Enhancement in yield, quality and phenolics of the oil. *Grasas y Aceites*. 64(5), 463—471.
- Bargale, P. C., Sosulski, K., Sosulski, F. W. (2000). Enzymatic hydrolysis of soybean for solvent and mechanical oil extraction. *Journal of Food Process Engineering*. 23, 321—327.
- Campbell, K. A., Glatz, C. E. (2009). Mechanisms of aqueous extraction of soybean oil. *J. Agric. Food Chem.*, 57(22), 10904—10912.

- Candan, A., Arslan, D. (2021). Enzymatic pre-treatment in cold pressing: Influence on flaxseed, apricot kernel and grape seed oils. *Grasas y Aceites*, 72(4).
- Cintra, M. O., Lopez-Munguia, A., Vernon, J. (1986). Coconut oil extraction by a new enzymatic process. *Journal of Food Science*, 51, 695—697.
- Cherstva, A., Lastovetska, A., Nosenko, T. (2016). Using of enzymes to extract of rapeseed oil by pressing. *Ukrainian Journal of Food Science*, 4(1), 85—93.
- Dominguez, H., Nunez, M. J., Lema, J. M. (1993). Oil extractability from enzymatically treated soybean and sunflower: range of operational variables. *Food Chemistry*, 46, 277—284.
- Freitas, P. S., Couri, L., Janklonka, F. (1997). The combined application of extrusion and enzymatic technology for extraction of soybean oil. *Lipid/Fett*, 99(9), 333—337.
- Jung, S., Mahfuz, A. (2009). Low temperature dry extrusion and high-pressure processing prior to enzyme-assisted aqueous extraction of full fat soybean flakes. *Food Chemistry*, 14(3), 947—954.
- Jung, S., Mahfuz, A., Maurer, D. (2009). Structure, protein interactions and in vitro protease accessibility of extruded and pressurized full-fat soybean flakes. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 86(3), 475—483.
- Kaseke, T., Opara, U. L., Fawole, O. A. (2016). Effects of enzymatic pretreatment of seeds on the physicochemical properties, bioactive compounds, and antioxidant activity of pomegranate seed oil. *Molecule*, 26, 4575.
- Kubaychuk, O., Nosenko, T., Cherstva, A. (2016) Optimization of enzymatic processing of rapeseed. *Int. J. Adv. Res.*, 4(9), 1736—1740.
- Kumar, S. P. J., Prasad, S. R., Banerjee, R., Agarwal, D. K., Kulkarni, K. S., Ramesh, K. V. (2017). Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds. *Chemistry Central Journal*, 11(9), 1—7.
- Lamsal, B. P., Murphy, P. A., Johnson, L. A. (2006). Flaking and extrusion as mechanical treatments for enzyme-assisted aqueous extraction of oil from soybeans. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 83(11), 973—979.
- Latif, S., Anwar, F. (2009). Physicochemical studies of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil using enzyme-assisted cold-pressing. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 111, 1042—1048.
- Latif, S., Anwar, F., Ashraf M. (2007). Characterization of enzyme-assisted cold-pressed cottonseed oil. *Journal of Food Lipids*, 14, 424—436.
- De Moura, J. M., Almeida, N. M., Johnson, L. A. (2009). Scale-up of enzyme-assisted aqueous extraction processing of soybeans. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 86(8), 809—815.
- De Moura, J. M., Almeida, N. M., Jung, S. (2010). Flaking as a pretreatment for enzyme-assisted aqueous extraction processing of soybeans. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 87(12), 1507—1515.
- De Moura, J. M., Campbell, K. A., Mahfuz, A. (2008). Enzyme-assisted aqueous extraction of oil and protein from soybeans and cream de-emulsification. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 85, 985—995.
- De Moura, J. M., Johnson, L. A. (2009). Two-stage countercurrent enzyme-assisted aqueous extraction processing of oil and protein from soybeans. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 86(3), 283—289.
- Nosenko, T., Vovk, G., Koroluk, T. (2019). Effect of hydrolytic enzymes pretreatment on the oil extraction from pumpkin seeds. *Ukrainian Food Journal*, 8(1), 80—88.
- M. R. Rajaram, B. K. Kumbhar, A. Singh, U. C. Lohani, N. C. Shahi. (2012). Optimization of parameters for enhanced oil recovery from enzyme treated wild apricot kernels. *J. Food Sci. Technol.*, 49(4), 482—488.
- Rosenthal, A., Pyle, D. L., Niranjana, K. (1998). Simultaneous aqueous extraction of oil and protein from soybean: mechanisms for process design. *Food Bioprod. Proc.*, 76(4), 224—230.
- Smith, D. D., Agrawal, Y. C., Sarkar, B. C., Singh, B. N. P. (1993). Enzymatic hydrolysis pretreatment for mechanical expelling of soybeans. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 70, 885—890.
- Sosulski, K., Sosulsky, F. W., Coxworth, E. (1988). Carbohydrate hydrolysis of canola oil prior to oil extraction with hexane. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 65, 357—361.

Sosulski, K., Sosulsky, F. W., (1993). Enzyme-aided vs. two-stage processing of canola: technology, product quality and cost evaluation. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 70, 825—829.

Soto, C., Chamy, R., Zuniga, M. E. (2007). Enzymatic hydrolysis and pressing conditions effect on borage oil extraction by cold pressing. *Food Chemistry*, 102, 834—840.

Taha, F. S., Hassanein, M. M. (2007). Pretreatment of cottonseed flakes with proteases and an amylase for higher oil yields. *Grasas y Aceites*, 58(3), 297—306.

Yoon, S. H., Kim, I. H., Kim, S. H. (1991). Effects of enzyme treatments and ultrasonification on extraction yields of lipids and proteins from soybean by aqueous process. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23(6), 673—676.