

Leshchenko Katerina, Postgraduate student of the Department of Food Technologies in the Restaurant Industry, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: +380669955845; e-mail: katerina.leshenko2020@gmail.com.

Серік Максим Леонідович, канд. техн. наук, доц., директор Навчально-наукового інституту харчових технологій та бізнесу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051. Тел.: (057)349-45-40.

Serik Maksym, PhD in Tech. Science, Associate Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Food Technology and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-40.

Пивоваров Євген Павлович, д-р техн. наук, проф., Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051. Тел.: (057)349-45-55.

Pyvovarov Yevgen, Doctor of Science, Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-55.

DOI: 10.5281/zenodo.5036042

УДК 637:523

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТИСКУ ТА ФРАКЦІЇ СИРОВИНИ ЕКСТРАГУВАННЯ СУБКРИТИЧНОЮ ВОДОЮ ЛУШПИННЯ ЦИБУЛІ

В.О. Сукманов, А.В. Супрун

Метою дослідження є визначення оптимальних параметрів тиску та фракції сировини екстрагування біологічно активних речовин із лушпиння цибулі субкритичною водою в статичному режимі. Визначення оптимальних значень параметрів проводили шляхом їх зміни: тиск екстрагування $P = (8 \pm 0,5) - (16 \pm 0,5)$ МПа, фракція сировини $s = 0,5 - 1,5$ мм. Інші параметри факторів залишалися незмінними для кожного експерименту, а саме: температура екстрагування $t = 165$ °С, тривалість екстрагування $\tau = 15$ хв, гідромодуль $g = 1:30$. В отриманих зразках екстрактів визначали вміст сухих

речовин, загальний вміст поліфенолів та загальний вміст флавоноїдів. Установлено, що тиск екстрагування не є значущим. Вихід біологічно активних речовин із лушпиння цибулі під час екстрагування субкритичною водою збільшувався зі зменшенням фракції сировини.

Ключові слова: лушпиння, цибуля, екстрагування, субкритична вода, речовини, реактор, поліфеноли, флавоноїди.

DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF PRESSURE AND FRACTION OF RAW MATERIALS EXTRACTION SUBCRITICAL WATER BY ONION PEELS

V. Sukmanov, A. Suprun

*This work is devoted to the study of the use of subcritical water as a solvent for the extraction of biologically active substances from the peel of yellow onions (*Allium cepa*). The expediency of using onion peel as a raw material for extraction of biologically active substances is substantiated. The aim of the study is to determine the optimal parameters of pressure and fraction of raw materials for extraction of biologically active substances from onion peel by subcritical water in static mode. Determination of optimal values of parameters was performed by changing them: extraction pressure $P = (8 \pm 0,5) - 16 \pm 0,5$ MPa, raw material fraction $s = 0,5-1,5$ mm. Other parameters of factors remained unchanged for each experiment, namely: extraction temperature $t = 165$ °C, extraction duration $\tau = 15$ min, hydromodule $g = 1:30$. To obtain samples of extracts of onion peel was used an experimental installation based on a high pressure reactor "РВД-2-500". In the obtained samples of extracts were determined dry matter content, total polyphenol content and total flavonoid content. Static processing of experimental data was performed using the software package STATISTICA 10. In order to optimize the response function, regression equations were obtained. With a well-obtained equation, it is concluded that the interaction between the factors is absent. The values of the coefficients of determination and correlation are close to unity, which led to the conclusion that the equations are adequate. The extraction pressure was found to be insignificant. The yield of biologically active substances from onion peel when extracted with subcritical water, increased with decreasing raw material fraction. The optimal values of the parameters of extraction of biologically active substances with subcritical water from onion peel were: extraction pressure $P = (8 \pm 0,05)$ MPa, raw material fraction $s = (0,5 \pm 0,02)$ mm. The values of indicators for these parameters were: dry matter content – 1,01%; the total content of polyphenols – 130,5 mg/ml; the total content of flavonoids is 6,53 mg/ml. Subcritical water extraction is an environmentally friendly and efficient method of extracting biologically active substances from onion peel.*

Keywords: onion, peel, extraction, subcritical water, substances, reactor, polyphenols, flavonoids.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Цибуля (*Allium cepa*) є важливим харчовим інгредієнтом у світі, її вирощування та переробка постійно збільшуються протягом минулих років [1]. Харчова промисловість щороку утворює понад 0,5 млн т відходів цибулі [2], що включають лущиння цибулі (ЛЩ), верхні та нижні відрізи та цибулини, не придатні до споживання. Це стало проблемою навколишнього середовища, оскільки відходи цибулі не придатні для годівлі тварин через характерний запах, також їх не можливо використовувати як органічні добрива через розвиток фітопатогенних агентів [3]. ЛЩ – відходи, що утворилися під час висихання та самовільного відлущення поверхневого шару цибулини в ході зберігання. Доведено, що ЛЩ містить велику кількість біологічно активних речовин (БАР), зокрема поліфенольних сполук [4], що включають флавоноїди, такі як кверцетин та його похідні, що є природними антиоксидантами, мають антигістамінну, протизапальну, протипухлинну, антитромбозну здатність, запобігають серцево-судинним захворюванням [5–8]. Основним недоліком цих поліфенольних сполук є слабка розчинність у воді, що обмежує їх біодоступність і здатність до екстрагування.

Поліфенольні сполуки містяться в ЛЩ у вільній та зв'язаній формі. Зв'язані поліфеноли є нерозчинними у воді компонентами клітинної стінки [9]. Цибулина має близько 10% зв'язаних фенольних речовин [10]. Тому, щоб збільшити розчинність і зменшити тривалість екстрагування поліфенольних сполук, використовують органічні розчинники, такі як етанол та метанол. Ці розчини води та спиртових розчинників широко застосовуються для традиційних методів екстрагування [11] та інтенсифікованих методів, таких як екстрагування з використанням ультразвуку [12] або мікрохвиль [13]. Усі ці методи екстрагування, засновані на використанні органічних розчинників, потребують складних подальших операцій для їх видалення, а використання мікрохвиль та ультразвуку може призвести до деградації БАР [14]. Альтернативою цим методам є екстрагування субкритичною водою (СКВ).

Екстрагування СКВ – ефективний та екологічно безпечний метод, що характеризується коротким часом отримання біологічно активних речовин із твердої сировини, де основними параметрами є температура і тиск. Тиск застосовується для утримання розчинника в рідкому стані при температурі вище точки кипіння, а також для збільшення контакту між розчинником і екстрагованою речовиною. За цих температур руйнація аналіт-матричних зв'язків полегшується. Крім того, температура може мати значний вплив на властивості

розчинника і приводити до зміни його діелектричної проникності, тим самим впливаючи на селективність екстракції. СКВ як розчинник у цьому процесі екстрагування має низку переваг: поєднання властивостей газів за високого тиску (низька в'язкість, високий коефіцієнт дифузії) і рідин (висока розчинна здатність); поєднання нехтувано малого міжфазного натягу з низькою в'язкістю і високим коефіцієнтом дифузії, що дозволяє СКВ проникати в пористі структури легше порівняно з рідинами; висока чутливість розчинної здатності СКВ до зміни тиску або температури; простота поділу СКВ і розчинених у ній речовин у разі скидання тиску; технологічна й екологічна безпека виробництва; низька собівартість [15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що дослідження, пов'язані з екстрагуванням СКВ БАР з ЛЦ, уже проводилися [16–19]. Було досліджено вплив на ефективність екстрагування таких параметрів: температура екстрагування [16–19], тривалість екстрагування [16–19], рН у середовищі СКВ [16], фракція сировини [16] та інтенсивність імпульсного світла [19]. Усі дослідження проведено в динамічному режимі процесу екстрагування СКВ. Отримано такі оптимальні параметри факторів: температура екстрагування 160...170 °С, тривалість екстрагування 15–20 хв, фракція 0,1–0,2 мм. Установлено, що зі збільшенням інтенсивності імпульсного світла ефективність екстрагування СКВ ЛЦ збільшується. Однак у цих дослідженнях недостатньо вивчено вплив тиску, при якому відбувається процес. Це пов'язано зі складністю регулювання тиску екстрагування за динамічного режиму екстрагування СКВ [17]. Інтервал параметрів варіювання не має необхідного обґрунтування [16] та, на нашу думку, є відносно малим. Отже, в наявних працях недостатньо інформації щодо екстрагування СКВ БАР із ЛЦ, тому необхідно і далі досліджувати процес екстрагування СКВ із ЛЦ із метою отримання нових даних.

Метою статті є визначення оптимальних параметрів тиску та фракції сировини екстрагування БАР ЛЦ СКВ.

Виклад основного матеріалу дослідження. ЛЦ отримано від магазину продуктових товарів у м. Суми. ЛЦ було проінспектовано, а саме видалено занадто забруднені землею та пилом, пошкоджені шкідниками, хворобами та мікроорганізмами частини ЛЦ. Проінспектоване ЛЦ поміщали в посудину та замочували у воді протягом 5 хв для розмочування пилу та бруду. Далі воду, в якій замочували, видаляли шляхом віджиму через перфоровану посудину та промивали ЛЦ проточною водою доти, доки вода, що стікає через

отвори перфорованої посудини з ЛЦ, не стане візуально чистою. ЛЦ висушували в лабораторній сушарці при 60 °С до 5% вмісту вологи. Висушене ЛЦ подрібнювали в кухонному блендері та за допомогою розділювача типу «грохот» отримали три фракції: $s_1 = \dots 0,5$ мм; $s_2 = 0,5 \dots 1,0$ мм; $s_3 = 1,0, 1,5$ мм по діагоналі.

Усі реактиви, хімічні речовини, включаючи деіонізовану воду та стандартні БАР, що використовувалися для проведення дослідів, були придбані в ТОВ «ХІМЛАБОРРЕАКТИВ» (м. Бровари). Для отримання екстрактів використовували реактор високого тиску РВД-2-500 (НПП «УКРОРГСИНТЕЗ», м. Київ, Україна). Для фотоколориметричного аналізу зразків екстрактів використовували фотоелектричний концентраційний колориметр КФК-2-УХЛ4.2 (АТ «ЗОМЗ», м. Сергієв Посад, РФ). Для визначення вмісту сухих речовин використовувалася сушильна шафа СЭШ-ЗМК (ТОВ «Украаналітика», м. Харків, Україна).

Екстрагування проводили на експериментальній установці, на базі РВД-2-500 [20]. Деіонізовану воду розігрівали до температури 95 °С та відміряли необхідну кількість, паралельно зважували ЛЦ для встановлення гідромодуля 1:30. Стакан реактора розігрівали до температури 95 °С на електромагнітній мішалці з підігрівом «РІВА-04.3». У стакан реактора заливали необхідну кількість розігрітої води, поміщали обертовий елемент магнітної мішалки, туди ж додавали потрібну кількість ЛЦ, суміш перемішували. Насосом нагнітали тиск, відповідний умовам експерименту. РВТ установлювали на магнітну мішалку з підігрівом та підігрівали до заданої температури. По завершенні екстрагування вимикали магнітну мішалку та підігрів, знімали РВТ. Охолоджували РВТ до температури 90...95 °С. Повільно спускали тиск та знімали кришку реактора. Вміст стакана переливали в ємність для збирання готових екстрактів, видаляли обертовий елемент магнітної мішалки. Екстракти охолоджували до кімнатної температури. Охолоджені екстракти фільтрували крізь фільтрувальний папір та піддавали подальшим дослідженням.

В екстрактах визначали вміст сухих речовин (ВСР), загальний вміст поліфенолів (ЗВПФ) [21] та загальний вміст флавоноїдів (ЗВФ) [22].

Оптимізація параметрів і планування експерименту. Для оптимізації параметрів тиску та фракції сировини екстрагування БАР СКВ із ЛЦ використано методологію поверхні відгуку. Ця методологія є сукупністю статистичних і математичних прийомів для моделювання процесів отримання експериментальних рядів прогнозованих параметрів із метою оптимізації функції відгуку. У загальному вигляді описується многочленом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_{11}x_1^2 + b_2x_2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2, \quad (1)$$

де y – параметр оптимізації; b – коефіцієнт регресії; x_n – фактор експерименту.

Визначення коефіцієнтів регресії шляхом застосування алгоритмів регресійного аналізу.

Критеріями оптимізації параметрів екстрагування БАР СКВ із ЛЦ обрано ВСР, ЗВПФ, ЗВФ (табл. 1). Фактори, що варіювалися: тиск ($P = 8-16$ МПа) та фракція подрібнення ЛЦ ($s = 0,5-1,5$ мм). Незмінні фактори: температура ($t=165$ °С), тривалість екстрагування ($\tau = 15$ хв), гідромодуль ($g = 1:30$). Дослідження впливу цих параметрів на екстрагування БАР СКВ із ЛЦ уже проводилися в динамічному режимі [16–19]. Ці параметри факторів були обрані як оптимальні.

Таблиця 1

Матриця планування експерименту

№ досл.	Фактори					Параметри оптимізації		
	Тиск P, МПа	Фракція s, мм	Температура t, °С	Час τ , хв	Гідромодуль W	ВСР, %	ЗВПФ, мг/мл	ЗВФ, мг/мл
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3
1	8	0,5	165	15	1:30	1,01	130,5	6,53
2	8	1,0				0,923	116	6,12
3	8	1,5				0,815	108,4	3,061
4	12	0,5				1,011	131	7,142
5	12	1,0				0,914	114,5	5,102
6	12	1,5				0,819	110	4,081
7	16	0,5				1,013	140,5	8,016
8	16	1,0				0,932	124	6,53
9	16	1,5				0,811	106,5	2,653

Кожен набір параметрів був повторений у трьох однакових експериментах. Для дослідження використовували дробовий факторний план. Статична обробка експериментальних даних проводилася за допомогою програмного пакета STATISTICA 10.

Результати та обговорення. Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії побудовано діаграми Парето (рис. 1) (L – лінійний ефект, K – квадратичний ефект). На вказаних діаграмах

наведено стандартні коефіцієнти, відсортовані за абсолютним значенням. Аналіз цих діаграм показує, що фактор (лінійний та квадратичний) тиск перебігу процесу майже не впливає на показники ВСП, ЗВПФ, ЗВФ. Рівняння з розрахунковими коефіцієнтами регресії мають такий вигляд:

$$\text{ВСП}=1,0982-0,0366P+0,016667P^2-0,117667s-0,039338s^2+0,018643Ps, \quad (2)$$

$$\text{ЗВПФ}=168,44-30,5417P+15,5208P^2+49,567s+11,9333s^2+11,5113Ps, \quad (3)$$

$$\text{ЗВФ}=6,81811-0,03P+0,27683P^2+1,39s-2,68067s^2+2,4108Ps. \quad (4)$$

За отриманими рівняннями можна зробити висновок, що взаємодія між факторами відсутня. Адекватність розроблених рівнянь (5–7) перевіряли методом дисперсійного аналізу.

Значення коефіцієнтів детермінації ($R^2_{\text{ВСП}}=0,99701$; $R^2_{\text{ЗВПФ}}=0,94137$; $R^2_{\text{ЗВФ}}=0,89528$) та кореляції ($r_{\text{ВСП}}=0,99850$; $r_{\text{ЗВПФ}}=0,97024$; $r_{\text{ЗВФ}}=0,94619$), близькі до одиниці, дозволяють зробити висновок, що рівняння (2–4) адекватно описують відгук.

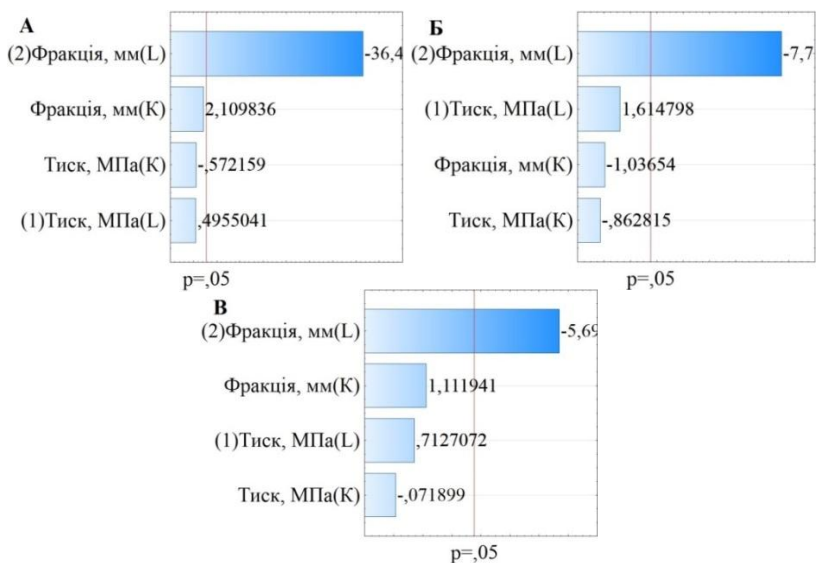


Рис. 1. Діаграма Парето впливу факторів А – на ВСП; Б – на ЗВПФ; В – на ЗВФ

Описаний рівняннями (2–4) вплив факторів (тиску та фракції сировини) під час екстрагування СКВ ЛЦ на показники ВСР, ЗВПФ, ЗВФ подано на рис. 2 у графічному вигляді.

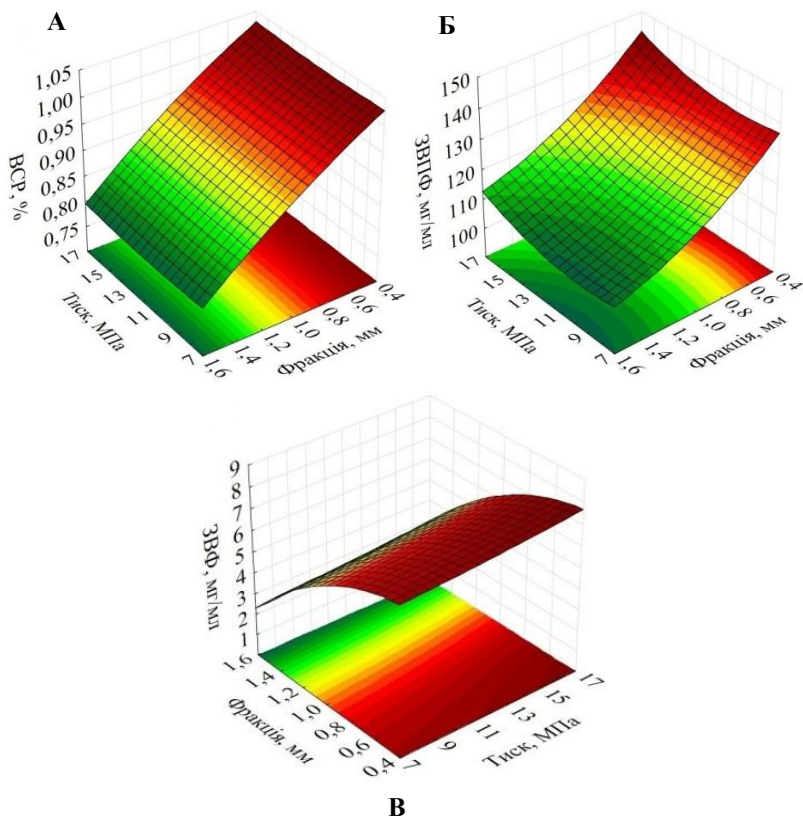


Рис. 2. Залежність показників ВСР (А), ЗВПФ (Б), ЗВФ (В) екстрактів, отриманих екстрагуванням СКВ із ЛЦ, від тиску та фракції сировини

Зі збільшенням фракції сировини показники ВСР, ЗВПФ, ЗВФ у екстрактах, отриманих екстрагуванням СКВ із ЛЦ, зменшувалися. Тиск екстрагування майже не впливав на ці показники. ВСР зі збільшенням тиску P від 8 МПа до 16 МПа збільшився на 0,003%, ЗВПФ – на 8 мг/мл, ЗВФ – на 0,41 мг/мл відповідно (при фракції сировини $s = 0,5$ мм).

При фракції сировини $s=0,5$ мм та тиску екстрагування $P = 8$ МПа показники екстрактів ЛЦ дорівнювали: ВСР = 1,01%;

ЗВПФ = 130,5 мг/мл; ЗВФ = 6,53 мг/мл; за цієї фракції при тискові $P = 16$ МПа: ВСР = 1,013%, ЗВПФ=140,5 мг/мл, ЗВФ = 8,016мг/мл. При фракції сировини $s = 1,5$ мм та тиску екстрагування $P = 8$ МПа показники екстрактів ЛЦ становили: ВСР = 0,815%; ЗВПФ = 108,4 мг/мл; ЗВФ = 3,061 мг/мл; за цієї фракції при тискові $P = 16$ МПа: ВСР = 0,811%, ЗВПФ = 106,5 мг/мл, ЗВФ = 2,653 мг/мл. Збільшення значень показників екстрактів ЛЦ зі зменшенням фракції сировини пов'язане зі збільшенням площі взаємодії екстрагента із сировиною [23].

Рівняння (2–4), статистичний аналіз даних та діаграми Парето (рис. 1) вказують на те, що тиск екстрагування майже не впливає на вихід БАР у разі екстрагування СКВ ЛЦ. Однак цей фактор є невід'ємним у процесі екстрагування СКВ для підтримання екстрагента в рідкому стані. Високий тиск дозволяє розчиннику швидко проникати в матрицю. Підвищена температура і тиск руйнують зв'язки між аналітом і матрицею, тобто водневі зв'язки, дипольні взаємодії розчинених молекул і активних центрів матриці [24]. Отже, оптимальні параметри факторів екстрагування становили: тиск екстрагування $P = 8$ МПа, фракція сировини $s = 0,5$ мм. За цих параметрів показники екстрактів становили: ВСР = 1,01%; ЗВПФ = 130,5 мг/мл; ЗВФ = 6,53 мг/мл.

Висновки. Екстрагування СКВ у статичному режимі було успішно використане для екстрагування БАР із ЛЦ. Встановлено, що зі збільшенням тиску екстрагування вихід БАР із ЛЦ майже не збільшився. Вихід БАР із ЛЦ у разі екстрагування СКВ збільшувався зі зменшенням фракції сировини. У всіх зразках отриманих екстрактів визначали ВСР, ЗВПФ та ЗВФ. Оптимальні значення параметрів екстрагування СКВ БАР із ЛЦ становили: тиск екстрагування $P = (8 \pm 0,5)$ МПа; фракція сировини $s = (0,5 \pm 0,02)$ мм. Показники отриманих екстрактів за цих параметрів дорівнювали: ВСР = 1,01%; ЗВПФ = 130,5 мг/мл; ЗВФ = 6,53 мг/мл.

Список джерел інформації / References

1. Choi, I.S., Cho, E.J., Moon, J.H., Bae, H.J. (2015), "Onion skin waste as a valorization resource for the by-products quercetin and biosugar", *Food Chemistry*, Vol. 188, pp. 537-542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.028>
2. Sharma, K., Mahato, N., Nile, S.H., Lee, E.T., Lee, Y.R. (2016), "Economical and environmentally-friendly approaches for usage of onion (*Allium cepa* L.) waste", *Food & function*, Vol. 7(8), pp. 3354-3369.
3. Roldán, E., Sánchez-Moreno, C., de Ancos, B., Cano, M.P. (2008), "Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties", *Food Chemistry*, Vol. 108(3), pp. 907-916. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.058>

4. Piechowiak, T., Grzelak-Błaszczyk, K., Bonikowski, R., Balawejder, M. (2020), "Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production", *LWT*, Vol. 117, pp. 108614. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108614>
5. Karak, P. (2019), "Biological activities of flavonoids: an overview". *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, Vol. 10(4), pp. 1567-1574. DOI: [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10\(4\).1567-74](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10(4).1567-74)
6. Xu, D., Hu, M.J., Wang, Y.Q., Cui, Y.L. (2019), "Antioxidant activities of quercetin and its complexes for medicinal application", *Molecules*, Vol. 24(6), pp. 1123.
7. Nile, S.H., Nile, A.S., Keum, Y.S., Sharma, K. (2017), "Utilization of quercetin and quercetin glycosides from onion (*Allium cepa* L.) solid waste as an antioxidant, urease and xanthine oxidase inhibitors", *Food chemistry*, Vol. 235, pp. 119-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.043>
8. Nayak, A., Bhushan, B. (2019), "An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes", *Journal of environmental management*, Vol. 233, pp. 352-370. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.041>
9. Acosta-Estrada, B.A., Gutiérrez-Urbe, J.A., Serna-Saldívar, S.O. (2014), Bound phenolics in foods, a review, *Food chemistry*, Vol. 152, pp. 46-55.
10. Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X., Liu, R.H. (2002), "Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits", *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 50(25), pp. 7449-7454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.093>
11. Wach, A., Pyrzyńska, K., Biesaga, M. (2007), "Quercetin content in some food and herbal samples", *Food chemistry*, Vol. 100(2), pp. 699-704. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.028>.
12. Jang, M., Asnin, L., Nile, S.H., Keum, Y.S., Kim, H.Y., Park, S.W. (2013), "Ultrasound-assisted extraction of quercetin from onion solid wastes", *International journal of food science technology*, Vol. 48(2), pp. 246-252. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03180.x>
13. Routray, W., Orsat, V. (2012), "Microwave-assisted extraction of flavonoids: a review", *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 5(2), pp. 409-424.
14. Zhao, L., Zhao, G., Chen, F., Wang, Z., Wu, J., Hu, X. (2006), "Different effects of microwave and ultrasound on the stability of (all-E)-astaxanthin", *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 54(21), pp. 8346-8351. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf061876d>
15. Sukmanov, V., Ukrainets, A., Zavyalov, V., Marynin, A. (2017), "Research of extraction of biologically active substances from grape pomace by subcritical water", *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5(11), pp. 70-80.
16. Munir, M.T., Kheirkhah, H., Baroutian, S., Quek, S.Y., Young, B.R. (2018), "Subcritical water extraction of bioactive compounds from waste onion skin", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 183, pp. 487-494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.166>
17. Ko, M.J., Cheigh, C.I., Cho, S.W., Chung, M.S. (2011), "Subcritical water extraction of flavonol quercetin from onion skin", *Journal of Food Engineering*, Vol. 102(4), pp. 327-333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.09.008>

18. Извлечение биофлавоноидов из шелухи лука в среде субкритической воды / А. В. Лекарь и др. // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. – 2012. – Т. 7, № 4. – С. 4–15.

Lekary, A.V., et al. (2012), “Extraction of bioflavonoids from onion husks in subcritical water” [“Izvlachenie bioflavonoidov iz shaluki luka v srede subcriticheskoi vodi”], *Supercritical Fluids: Theory and Practice* No. 7.4 pp. 4-15.

19. Kim, S.W., Ko, M.J., Chung, M.S. (2019), “Extraction of the flavonol quercetin from onion waste by combined treatment with intense pulsed light and subcritical water extraction”, *Journal of cleaner production*, Vol. 231, pp. 1192-1199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.280>

20. Створення апаратурного комплексу для дослідження процесів екстрагування субкритичною водою / В. О. Сукманов и др. // Збірник наукових праць професорсько-викладацького складу академії за підсумками науково-дослідної роботи в 2019 році / Полтавська державна аграрна академія. – 2020. – С. 325.

Sukmanov, V.O., et al. (2020), “The establishment of an apparatus complex for the advancement of processes of extracting by subcritical wate” [“Stvorenniya aparaturnogo kompleksu dlya doslidjennya procesiv extraguvannya subcritichnoyu vodoyu”], *Collection of scientific works of the teaching staff of the academy based on the results of research work in 2019. Poltava State Agrarian Academy*, pp. 325.

21. Антиоксидантная и антирадикальная активность in vitro экстрактов травы *sanguisorbaofficinalisl.*, собранной в различные фазы развития / Е. М. Мальцева и др. // Медицина в Кузбассе. – 2017. – № 2.

Maltseva, E.M., et al. (2017), “Antioxidant and antiradical activity in vitro of extracts of the herb *sanguisorbaofficinalisl*” [“Antioksidantnaya I antiradicalybayta aktivnosty in virto travi *sanguisorbaofficinalisl*”], *Collected in different stages of development. Medicine in Kuzbass*, No. 2.

22. Maltseva, E.M., Egorova, N.O., Egorova, I.N. (2011), “Quantitative determination of total content of flavonoids in the grass of Burnet”, *Bulletin of the Ural medical academic science*, Vol. 3(1), pp. 68.

23. Gião, M.S., Pereira, C.I., Fonseca, S.C., Pintado, M.E., Malcata, F.X. (2009), “Effect of particle size upon the extent of extraction of antioxidant power from the plants *Agrimonia eupatoria*, *Salvia sp.* and *Satureja Montana*”, *Food Chemistry*, Vol. 117(3), pp. 412-416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.020>

24. Субкритична екстракція біологічно активних речовин із виноградних вичавок : моногр. / В. О. Сукманов та ін. – К. : НУХТ, 2019. – 100 с.

Sukmanov, V.O., et al. (2019), *Subcritical extraction of biologically active substances from grape pomace* [Subcritichna ekstrakcia biologichno aktivnih rechovin z vinogradnih vichavok], NUHT, Kyiv, pp. 100.

Сукманов Валерій Олександрович, д-р техн. наук, проф., кафедра інженерних технологій харчових виробництв, Сумський національний аграрний університет. Адреса: вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021. Тел.: 0503680306; e-mail: sukmanovvaleri@gmail.com. ID ORCID: <http://orcid.org/http://orcid.org/0000-0003-1248-4068>.

Sukmanov Valerii, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Engineering Technologies of Food Production, Sumy National Agrarian University. Address: Gerasim Kondratiev str., 160, Sumy, Ukraine, 40021. Tel.: 0503680306; e-mail: sukmanovvaleri@gmail.com.
ID ORCID: <http://orcid.org/http://orcid.org/0000-0003-1248-4068>.

Супрун Андрій Вікторович, асп., кафедра інженерних технологій харчових виробництв, Сумський національний аграрний університет. Адреса: вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021. Тел.: 0950116584; e-mail: suprun9111@gmail.com.

Suprun Andriy, graduate student, Department of Engineering Technologies of Food Production, Sumy National Agrarian University. Address: Gerasim Kondratiev str., 160, Sumy, Ukraine, 40021. Tel.: 0950116584; e-mail: suprun9111@gmail.com.

DOI: 10.5281/zenodo.5036048

УДК 641.553:635.6

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ШРОТУ КОНОПЛЯНОГО НАСІННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ РИБНИХ СІЧЕНИХ ВИРОБІВ

Н.В. Олійник, Т.Ю. Суткович, Ю.Г. Наконечна

Розглянуто можливість використання шроту конопляного насіння в технології рибних січених виробів. Наведено результати дослідження структурно-механічних властивостей напівфабрикатів рибних зі шротом конопляного насіння та тривалості теплового оброблення готових виробів. Описано та обґрунтовано органолептичне оцінювання виробу «Тефтелі рибні» з урахуванням коефіцієнта вагомості показників якості. Надано рекомендації щодо доцільності використання в харчуванні населення розроблених виробів із рибної січеної маси зі шротом конопляного насіння.

Ключові слова: функціональне харчування, шрот конопляного насіння, рибні січені вироби, тефтелі рибні, органолептична оцінка якості, кулінарна готовність.