

САЛЄБА Л. В.

<https://orcid.org/0000-0002-8290-4163>e-mail: lyudmilasaleba@gmail.com

САРІБЄКОВА Д. Г.

<https://orcid.org/0000-0002-7678-2841>e-mail: dina15box@gmail.com

МЕЛЕХОВА Н. А.

Херсонський національний технічний університет

e-mail: morecok98@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕРОБКИ СОЇ МЕТОДОМ ФОРПРЕСУВАННЯ – ЕКСТРАКЦІЯ

В роботі проведено дослідження впливу фізико-хімічних показників різних сортів соєвого насіння на процеси екстрагування олії при переробці сої, а також визначення якісних показників продуктів переробки сої – пелюстки, шроту і олії. Для дослідження обрано зразки насіння сої трьох сортів: Мрія, Скеля і Українка, – різної вологості та ступеню засміченості. Для визначення показників якості насіння сої в роботі використовували інфрачервоний аналізатор Perten DA 7250 та фізико-хімічні методи у відповідності до ДСТУ. Використано схему переробки сої методом форпресування – екстракція гексаном на підприємстві ТОВ «Таврія Агроінвест». Показано, що зі зволоженої сировини (18,5%) одержують олію з більшим кислотним і пероксидним числами. Йодне число та температура помутніння соєвої олії такого зразка також вищі за показники, отримані для сухого насіння. Визначено показники якості соєвого шроту для досліджених сортів соєвого насіння. Шрот з насіння сої сорту Мрія є менш очищеним від вологи та сирого жиру, а його підвищене кислотне число може скоротити термін зберігання.

Ключові слова: екстрагування, насіння сої, соєва олія, соєвий шрот, гексан.

LUDMILA SALEBA, DIANA SARIBEKOVA, NATALIJA MELEKHOVA

Kherson National Technical University

INVESTIGATION OF SOYBEAN PROCESSING BY FORCING – EXTRACTION METHOD

The study of the influence of physicochemical parameters of different sorts of soybean on the extraction of oil in soybean processing, as well as determining the quality of soybean products – petal, meal and oil. Soybean seed samples of three sorts were selected for the study: Mriya, Skelya and Ukrainka, of different humidity and degree of contamination. The Perten DA 7250 infrared analyzer and physicochemical methods in accordance with DSTU were used to determine the quality indicators of soybean seeds. Skelya sort was noted as more oily (20.36%), and Ukrainka sort as more protein (38.49%), the mass fraction of fiber in the samples is from 5.9 to 6.5%. The scheme of soybean processing by the method of forcing – extraction with hexane at the enterprise of «Tavria Agroinvest» was used. Soybean oil is extracted according to the technological regime of the enterprise. After the process of extraction and distillation of the solvent in the evaporator tank, unrefined soybean oil and soybean meal are obtained. According to the scheme of the extraction process, the quality of the final product will depend on the degree of grinding of raw materials and the quality of the petal. Organoleptic and physicochemical parameters of unrefined soybean oil and soybean meal obtained at «Tavria Agroinvest» from three sorts of soybean seeds were determined. It is shown that from moist materials (18.5%) is obtained oil with higher acid and peroxide numbers. The iodine number and cloud point of soybean oil of this sample are also higher than those obtained for dry seeds. The quality indicators of soybean meal for the studied soybean seed sorts were obtained. Mass fraction of crude protein in terms of absolute dry matter is the largest for the Skelya sort and is 46.2%. Soybean meal sort Mriya is less purified from moisture and crude fat, and its high acid number can shorten the shelf life.

Key words: extraction, soybean seeds, soybean oil, soybean meal, hexane.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

За останні роки за обсягами вирощування в Україні соя займає другу позицію серед основних олійних культур. Вирощування сої економічно вигідно для аграріїв, оскільки вироблена продукція має стабільний попит на ринку. Споживання соєвої олії та соєвих продуктів збільшилося переважно через підвищення зацікавленості в здоровому харчуванні, перехід від тваринних жирів до рослинних олій, споживання продуктів багатих клітковиною, збільшення чисельності населення в країнах Азії та розвиток галузі тваринництва зі стійким попитом на білкові кормові добавки [1].

Особливістю насіння сої є високий вміст білка, який добре збалансований за амінокислотним складом, а також високий вміст олії, у складі якої велика доля незамінних поліненасичених жирних кислот у сприятливому для організму людини співвідношенні. Вміст основних жирних кислот, %: мононенасичених – близько 24; поліненасичених – 60; насичених – 16. Співвідношення поліненасичених і мононенасичених жирних кислот, що характеризує біологічну цінність олії, складає 0,39:1, а ω -6: ω -3 – 7,65:1. В насінні наявні біологічно активні компоненти – фосфоліпіди, токофероли, вітамін К, вітаміни групи В, мікроелементи – залізо, магній, цинк і кальцій. Завдяки специфічним компонентам насіння: лектинам, фітатам, сапонінам, фітоестрогенам та олігосахаридам соя відноситься до культур, які використовуються для профілактики та лікування ряду захворювань. До недоліків сої відноситься наявність у її насінні антипоживних речовин – інгібіторів протеолітичних ферментів.

Продукти переробки соєвого насіння відомі своїми корисними якостями і мають широкий спектр використання: харчовий, кормовий, технічний і медичний. На ринку харчових технологій можна зустріти

соеву олію, лецитин, ферментовані або кисломолочні продукти (соус, натто, місо, темпі, сир, йогурт); неферментовані продукти (борошно, волокно, молоко); соєві добавки (концентрат білка, ізолят білка, текстурований соєвий білок); комбікорми та шрот.

Аналіз останніх джерел

Останнім часом спостерігаються тенденції до удосконалення технологій переробки сої. Вони направлені на збільшення ефективності видобування олії та використання всіх цінних компонентів сировини. Існує декілька способів вилучення олії: механічний, в основі якого лежить пресування подрібненої сировини, хімічний (екстракційний), за якого спеціально підготовлену сировину обробляють органічними розчинниками, та сумісний метод пресування і екстрагування. Шляхом пресування олія вилучається з сировини під дією стискаючих зовнішніх сил, створених в пресах. Цей метод забезпечує вилучення олії високої якості, разом з тим при пресуванні біла 8–14 % олії залишається в макусі. Екстракція розчинниками дозволяє вилучити олію, залишаючи в сировині 0,5–0,7 %, і може використовуватись для сировини з низьким вмістом олії, а також для остаточного вилучення олії з макухи після пресування. Оскільки насіння сої відносяться до олійних культур з вмістом жиру 18 – 23 %, найбільш ефективним способом вилучення олії є спосіб прямої екстракції. Відомі роботи, в яких наводяться результати використання як чистих розчинників, так і їх сумішей. На сьогоднішній день немає розчинників, які б задовольняли всім вимогам. У якості екстрагентів найчастіше використовують вуглеводневі розчинники (гексан, гептан, бензин тощо), а також етиловий спирт, ізопропіловий спирт, хлористий метилен і надкритичні рідини (двоокис вуглецю, пропан, етан). Останнім часом набули поширення дослідження нових методів вилучення олії з сировини, таких як ультразвукова екстракція, мікрохвильова екстракція і екстракція з використанням можливостей електромагнітного поля [2, 3].

Процес екстрагування розглядають як такий, що відбувається за складними дифузійними механізмами. Відомо, що на перебіг процесу екстрагування впливають різноманітні фактори: стан сировини (вологість, розмір подрібнених частинок); природа екстрагенту та його фізико-хімічні властивості; температура та тривалість процесу. Саме їх використовують для дослідження кінетики процесу і виявлення оптимальних умов його проведення. Під час екстрагування соєва олія, яка знаходиться в насінні, переміщується за рахунок внутрішньої дифузії через поверхневі та клітинні оболонки до поверхні фазового контакту, а від поверхні фазового контакту в основну масу розчинника за рахунок зовнішньої дифузії. Найповільнішою стадією екстрагування є внутрішньо-дифузійне перенесення олії в порах подрібненого насіння, яке можна інтенсифікувати, збільшуючи ступінь подрібнення, пористість та здатність розчинника швидко розчиняти олію. Інтенсифікувати процес у зовнішньо-дифузійній області можна збільшенням швидкості руху розчинника. Так, авторами [2, 4] вивчена залежність ефективності екстрагування олії сої, ріпаку та соняшника від розміру частинок зерна та природи використаного розчинника, а саме параметрів діелектричної проникливості розчинників, на кінцевий вихід цільового компоненту. Відзначено, що серед найвпливовіших факторів інтенсифікації екстракції є ступінь подрібнення сировини. Тому процеси удосконалення виробництва соєвої олії методом екстрагування є актуальними і на теперішній час.

Формулювання цілей статті

Мета роботи полягала у визначенні впливу фізико-хімічних показників різних сортів соєвого насіння на процес екстрагування олії при переробці сої, а також у дослідженні якісних показників продуктів переробки сої – пелюстки, шроту і олії.

Виклад основного матеріалу

Селекціонерами проводяться дослідження в напрямку збільшення олійності сої та зменшення у складі олії ненасичених жирних кислот. Співвідношення жирних кислот залежить від сорту та умов вирощування, а вміст білка – від зони вирощування та метеорологічних умов. В роботі проведено визначення фізико-хімічних показників насіння сої, які в подальшому мають вплив на вихід та якість соєвої олії та інших продуктів соєвого виробництва. Серед досліджених зразків обрано три різновиди рослини: № 1 – насіння сої сорту Мрія, № 2 – насіння сої сорту Скеля, № 3 – насіння сої сорту Українка. Сучасні сорти сої української селекції характеризуються новою архітектонікою рослин. Для них характерне високе прикріплення бобів нижнього ярусу, що зменшує втрати насіння під час збирання врожаю сої, насіння має високі якісні показники. Результати визначення органолептичних та фізико-хімічних показників насіння сої, обраного для експерименту, наведені у табл. 1.

Вміст вологи в олійній сировині – один з найважливіших показників оцінки її якості, оскільки добре зберігатися може тільки сухе насіння. При підвищенні вмісту вологи в сировині відбувається активізація розвитку присутніх в ній мікроорганізмів, посилюється дихання насіння, зменшується кількість запасних речовин насіння, перш за все ліпідів, різко зростає швидкість гідролітичних та окисних процесів і, як результат, знижується якість насіння. Вологість насіння також суттєво впливає на умови його технологічної переробки, а саме на процеси очищення і дроблення.

Показники якості сировини, які наведені у табл. 1, свідчать, що зразок № 3 має значну кількість сміттової домішки – 4,01% (норма 3%), а також всі зразки мають олійну домішку у кількості від 9,69% до 11,54%. Слід звернути увагу, що насіння сорту Мрія має вологість 18,5% і за своїм станом відноситься до

сирого насіння, а насіння сої сортів Скеля і Українка мають вологість 11,2 і 8,6% відповідно та належать до категорії сухого насіння.

Таблиця 1

Органолептичні та фізико-хімічні показники насіння сої

Назва показника	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	ДСТУ 4964:2008
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Стан зерна	Вологе, чисте	Сухе, чисте	Сухе, засмічене	Вологе, сухе, чисте, засмічене
Однорідність партії	Однорідна	Однорідна	Однорідна	Однорідна, не однорідна
Колір	Властивий	Властивий	Властивий	Властивий, не властивий
Запах	Властивий	Властивий	Властивий	Властивий, не властивий
Вологість*, %	18,50	11,20	8,60	Сухе не більше 12,0.
Зморщеність, %	-	0,23	0,12	Не більше 2,0%
Зараженість	-	-	-	Не дозволено
Амброзія	-	-	-	Не дозволено
Склероція	-	-	-	Не дозволено
Смітна домішка, %				
Крупна домішка	0,03	0,04	0,06	
Прохід сита	0,89	1,11	3,07	
Органічна	0,15	0,18	0,65	
Мінеральна	0,08	0,06	0,08	
Зіпсовані	0,11	0,08	0,12	
Шкідлива	-	-	-	Не дозволено
Зерна культурних рослин	0,04	-	0,03	
Разом, %	1,30	1,47	4,01	3,0
Олійна домішка, %				
Бите	8,12	10,11	9,23	
Поїдене	0,06	0,08	0,12	
Пошкоджене	1,32	1,13	0,09	
Недозріле	0,32	0,22	0,19	
Соняшник	0,04	-	0,06	2,0
Разом, %	9,86	11,54	9,69	7,0

Примітка: * визначення для зразків проводили методом висушування

Для визначення фізико-хімічних показників якості насіння сої в роботі використовували інфрачервоний аналізатор Perten DA 7250. Результати представлено у табл. 2. Найважливішими показниками якості олійного насіння є: вміст вологи в олійній сировині, засміченість насіння та вміст ліпідів.

Таблиця 2

Показники якості, визначені аналізатором Perten DA 7250

Назва показника	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	ДСТУ 4964:2008
Масова частка вологи, %	18,20	11,00	8,20	не більше 12,0
Масова частка білка, %	37,15	37,53	38,49	не менше 35,0
Олійність, %	16,17	20,36	19,73	не менше 12,0
Клітковина, %	6,12	6,47	5,89	-

Серед показників якості, визначених аналізатором Perten DA 7250, що наведені у табл. 2, слід відмітити сорт Скеля як більш олійний (20,36%), а сорт Українка як більш білковий (38,49%), масова частка клітковини у зразках знаходиться від 5,9 до 6,5%.

Таким чином, зважаючи на основні показники якості насіння, можемо зробити припущення, що соєва олія, одержана з насіння сорту Скеля, буде більш якісною.

На рис. 1 представлено схему переробки сої методом форпресування–екстракція на ТОВ «Гаврія Агроінвест», вилучення олії відбувається за технологічним режимом підприємства з використанням у якості екстрагенту гексану.

У відповідності до схеми ведення процесу екстрагування якості кінцевого продукту буде залежати від ступеня подрібнення сировини і якості пелюстки. Важливими показниками підготовки пелюстки є насипна щільність, яка повинна бути не менше 400 кг/м³, вміст вологи 5–6 %, ступінь лушення не більше 10% та кількість дрібних частинок з розміром менше 2,8 мм, не більше 3%. Після процесу екстрагування та відгону розчинника у чанному випарнику отримують нерафіновану соєву олію та соєвий шрот.

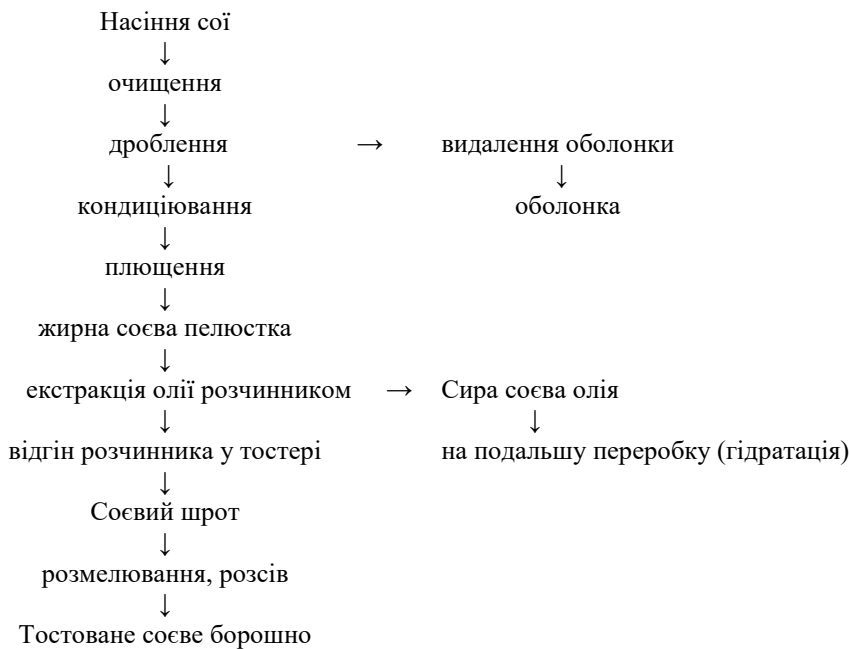


Рис. 1. Схема переробки сої методом форпресування – екстракція

Важливо контролювати якість та склад екстрагованої олії. Для характеристики якості і властивостей олії використовують число омилення, за яким визначають чистоту і природу олії, пероксидне число, йодне число та вміст ненасичених жирних кислот і кислотне число, яке вказує на вміст в олії вільних жирних кислот [5]. Важливими показниками при визначенні якості соєвої олії є також фізико-хімічні показники – масова частка вологи і летких речовин, кольорове число, показник заломлення та густина, температура спалаху; до органолептичних показників якості відносять прозорість, наявність (відсутність) осаду, колір, запах, смак, які тісно пов'язані зі ступенем очищення олії. В даний час кислотне і пероксидне числа для всіх видів рослинних олій є також показниками безпеки, оскільки нормуються в Технічному регламенті (є показниками окислювального псування). Кислотне число показує кількість вільних кислот, які виникають під час розпаду жирів та можуть скорочувати термін зберігання продукту. Пероксиди – первинні продукти окислення жирів киснем, вкрай нестійкі, легко вступають у вторинні реакції, продуктами яких є альдегіди, кетони та низькомолекулярні жирні кислоти. Початкова стадія пероксидного окиснення жирів не призводить до зміни органолептичних показників. Однак пероксидні сполуки є токсичними для людини, а гідропероксиди є ініціаторами подальшого окиснення.

Соєвий шрот також є товарним продуктом і може випускатися у гранульованій формі, та використовуватись як кормовий або харчовий, в залежності від його властивостей. У складі соєвого шроту є амінокислоти, значна кількість протеїну, фосфору, заліза і кальцію, а також багатьох інших корисних елементів. В залежності від вмісту протеїну шрот буває низькопротеїновий і високопротеїновий.

В роботі проведено визначення органолептичних і фізико-хімічних показників нерафінованої соєвої олії, отриманої на виробництві ТОВ «Таврія Агроінвест» з трьох різновидів соєвого насіння. Показники якості нерафінованої соєвої олії представлені у табл. 3, а соєвого шроту – у табл. 4.

Слід відмітити, що з вологості сировини (початкова вологість зразка 1 – 18,5%; зразка 2 – 11,2%; зразка 3 – 8,6%) одержують олії з більшим кислотним і пероксидним числами. Так у першого зразка кислотне число на 15% і 35% більше ніж у другого і третього зразків, перекисне число більше на 15% і 39% відповідно. Йодне число першого зразка теж вище за таке у другого і третього на 3% та 5% відповідно, що свідчить про більшу кількість ненасичених зв'язків. Температура помутніння першого зразка знаходиться біля верхньої межі -9°C.

Таблиця 3

Відповідність досліджуваних зразків нерафінованої олії вимогам стандарту

Назва показника	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	ДСТУ 4534
1	2	3	4	5
Колір, запах, прозорість	Властивий	Властивий	Властивий	Перший гаунок*
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	0,34	0,29	0,25	4,0
Масова частка вологи та летких речовин, %	0,14	0,11	0,10	0,30
Пероксидне число, ммоль ½ О/кг олії	2,17	1,89	1,56	10
Масова частка нежирових домішок, %, не більше	0,02	0,01	0,012	0,1
Колірне число, мг йоду, не більше	40	40	40	70,0

1	2	3	4	5
Масова частка фосфоровмісних речовин, % у перерахунку на стеароолеолецитин	0,2	0,25	0,23	4,0
Йодне число, г J ₂ /100 г	131	127	125	120 – 140
Число омилення	192	190	189	170 – 195
Температура помутніння, °С, не більше	-9	-6	-5	-10
Відносна густина, г/см ³	0,9234	0,9275	0,9249	0,922 – 0,934
Температура спалаху, °С, не нижче	243	251	240	255

Примітка: * Прозора, допускається легке помутніння, без осаду, без стороннього запаху та присмаку.

Результати, наведені в табл. 3, свідчать, що незважаючи на різну ступінь очищення і зволоження насіння сої одержана нерафінована соєва олія характеризується високими показниками якості, що відповідають вимогам стандарту.

Таблиця 4

Відповідність досліджуваних зразків шроту вимогам стандарту

Назва показника	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	ДСТУ 4593
Колір, запах, смак	Властиві соєвому шроту*			
Масова частка вологи та летких речовин, %	9,9	9,2	8,6	8,5 – 10,0
Масова частка сирого жиру в перерахунку на абсолютно суху речовину, %	1,3	1,2	1,0	1,5
Вміст сторонніх домішок (камінчики, скло, земля)	-	-	-	не дозволено
Кислотне число жиру, мг КОН/г, не більше	0,98	0,86	0,63	2,0
Зараженість шкідниками або наявність слідів	-	-	-	не дозволено
Масова частка загальної золи в перерахунку на абсолютно суху речовину, %	4,3	3,8	2,9	6,0
Прохід крізь сито з вічками діаметром 10 мм, %	100,0	100,0	100,0	100,0
Масова частка сирого протеїну в перерахунку на абсолютно суху речовину, %, не менше	45,0	46,2	45,3	50,0

Примітка: * Від білого до кремового. Запах властивий, без сторонніх запахів (затхлого, пліснявого, горілого). Смак властивий соєвому шроту без стороннього присмаку.

Таким чином, результати наведені у табл. 4, свідчать про відмінну якість шроту для всіх зразків, оскільки всі показники відповідають вимогам стандарту.

Слід відмітити, що масова частка сирого протеїну в перерахунку на абсолютно суху речовину найбільша для другого зразка і становить 46,2 %. Масова частка жиру більша для першого зразка на 9% ніж для другого і на 37% ніж для третього, летких речовин і вологи на 7,6% і 15% відповідно, а масова частка золи більша у першого зразка на 13% і 48% відповідно. Отже, перший зразок є менш очищеним від вологи та сирого жиру. Підвищене кислотне число зразку № 1 може в подальшому впливати негативно на термін зберігання шроту.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Показано, що фізико-хімічні показники якості насіння сої та ступінь підготовки пелюстки впливають на якість екстрагованої нерафінованої соєвої олії. Зі зволоженої сировини (18,5%) одержують олію з більшим кислотним і пероксидним числами. Йодне число та температура помутніння соєвої олії такого зразка також вищі за показники, отримані для сухого насіння. Серед показників якості, визначених аналізатором Perten DA 7250, слід відмітити сорт Скеля як більш олійний (20,36%), а сорт Українка як більш білковий (38,49%), масова частка клітковини у зразках знаходиться від 5,9 до 6,5%.

2. Отримані показники якості шроту свідчать, що масова частка сирого протеїну в перерахунку на абсолютно суху речовину найбільша для сорту Скеля і становить 46,2%. Масова частка жиру більша для сорту Мрія на 9% ніж для сорту Скеля і на 37% ніж для сорту Українка, летких речовин і вологи на 7,6% і 15% відповідно. Таким чином шрот з насіння сої сорту Мрія є менш очищеним від вологи та сирого жиру, а його підвищене кислотне число може в подальшому впливати негативно на термін зберігання шроту.

Література

1. Бабич А. О. Стратегічна роль сої в розв'язанні глобальної продовольчої проблеми / А. О. Бабич, А. А. Бабич-Побережна // Корми і кормовиробництво. – 2011. – Вип. 69. – С. 11-19. – URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2011_69_4.
2. Semenyshyn, Ye., Atamanyuk, A., Rymar, T. et al. Mass transfer in the solid-liquid system: mechanism and kinetics of the extraction/ Chemistry and Chemical Technology. 2020. 14 (1). P. 121-128.
3. Коляновська Л.М. Вплив електромагнітного поля на екстрагування олії із насіння сої / Л.М. Коляновська, В.М. Бандура // 36. наук. пр. Вінницького національного аграрного університету/ – Вінниця : ВНАУ, 2012. – Вип. 10, т. 1 (58). – С. 137–141.

4. Семенишин Є. М. Дослідження кінетики екстрагування олії з рослинної сировини органічними розчинниками / Є. М. Семенишин, О. С. Іващук, Т. І. Рymar // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування : збірник наукових праць / МОН України. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. – № 886. – С. 177-183.
5. Паронян В.Х. Технология жиров и жирозаменителей / В.Х. Паронян. – М. : ДеЛипринт, 2006. – 760 с.

References

1. Babych A. O., Babych-Poberezhna A. A. Stratehichna rolj soji v rozv'jazanni ghlobaljnoji prodovoljchoji problem. Kormy i kormovyrobnyctvo. 2011. Vyp. 69. S. 11-19. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2011_69_4.
2. Semenyshyn Ye., Atamanyuk A., Rymar T. et al. Mass transfer in the solid-liquid system: mechanism and kinetics of the extraction. Chemistry and Chemical Technology. 2020. 14 (1). P. 121-128.
3. Koljanovs'jka L.M., Bandura V.M. Vplyv elektromagnitnoho polja na ekstrahuvannya oliji iz nasinnja soji. Zb. nauk. pr. Vinnyc'kogho nacional'nogho aghramogho universytetu. Vinnycja: VNAU, 2012. Vyp. 10, t.1 (58). S. 137–141.
4. Semenyshyn Je. M., Ivashuk O. S., Rymar T. I. Doslidzhennja kinytyky ekstrahuvannya oliji z roslynnoji syrovyny orghanichnymy rozchynnykamy. Visnyk Nacional'nogho universytetu «Ljvivs'jka politekhnika». Serija: Khimija, tekhnologhija rechovyn ta jikh zastosuvannya : zbirnyk naukovykh pracj. MON Ukrajinjy. Ljviv: Vyd-vo Ljvivs'jkoji politekhniky, 2018. № 886. S. 177-183.
5. Paronyan V.Kh. Technology of fats and fat substitutes. M.: DeLiprint, 2006. 760 p.