

Встановлення раціональних умов вилучення олії з відходів гідратації олій

**О. М. Близнюк, Н. Ю. Масалітіна, Л. С. Мироненко, О. В. Жулінська,
Т. О. Денисенко, С. С. Некрасов, С. В. Станкевич, О. М. Брагін,
О. В. Романов, Т. А. Романова**

В результаті гідратації олій утворюється відхід – концентрат фосфатидний, що є багатокомпонентною системою. Цінними складовими концентрату є олія та фосфатиди, розділення яких є актуальним завданням для промисловості.

Досліджено процес обробки концентрату фосфатидного соняшникового лимонною кислотою (гідратацію) з метою більш повного перетворення негідратованих форм фосфатидів на гідратовані та відділення олії від концентрату.

Особливістю роботи є дослідження залежності виходу та масової частки вологи у вилученій олії від технологічних параметрів гідратації.

Досліджено зразок концентрату фосфатидного з нестандартними показниками якості згідно СОУ 15.4-37-212:2004 (CAS 3436-44-0): масова частка вологи та летких речовин – 4,0 %, масова частка фосфатидів – 37,0 %.

Концентрат піддавали обробці розчином лимонної кислоти за температури 45 °С (концентрація розчину 10 %). Встановлено раціональні умови обробки концентрату: тривалість (25 хв.) та концентрацію лимонної кислоти по відношенню до маси концентрату фосфатидного (25 %). За цих умов вихід олії склав 76,1 %, масова частка вологи в олії склала 18,6 %. Показники, що характеризують придатність олії до вживання в їжу та її безпечність для організму, є у межах норм (кислотне число 3,7 мг КОН/г, пероксидне число 5,1 ½ О ммоль/кг) для олії соняшникової нерафінованої невимороженої першого ґатунку за ДСТУ 4492. Така олія може бути направлена на рафінацію, одержання жирних кислот та біодизелю, а після додаткового очищення - на переробку на харчові продукти.

Результати дослідження дають можливість раціонально використовувати ресурси та прогнозувати вихід та якість олії, виділеної з концентрату фосфатидного. Одержана олія може бути доступною сировиною для різних галузей промисловості.

Ключові слова: відхід гідратації, концентрат фосфатидний, лимонна кислота, кислотне число, пероксидне число.

1. Введення

Вторинні ресурси переробних галузей агропромислового комплексу мають великий потенціал. Промисловість, переробляючи багатокомпонентну сировину, в основному вилучає з неї один компонент. При цьому сировина використовується на (15–40) %. Решта залишається у вигляді вторинних ресурсів, які містять значну кількість цінних складових, які можуть бути використані за різними напрямками [1]. Залучення до господарського обігу вторинних ресурсів проми-

словості, зокрема, олієжирової галузі, доцільно здійснювати для вироблення додаткової продукції харчового, кормового та технічного призначення або додаткових компонентів до неї.

Олієжирова галузь має значні резерви підвищення рівня комплексного використання сировини та вторинних ресурсів. Реалізація ефективної технології виробництва пов'язана з спрямованим впливом на капілярно-пористу структуру олійного насіння фізичними та біологічними методами. Так, розвиток олієжирової галузі передбачає селекцію високоолійних, хворобостійких сортів олійних культур; вдосконалення технології вирощування, збирання та післяприбиральної обробки. Велике значення має створення високоефективних мало- та безвідходних технологій одержання рослинних олій, розробка нового удосконаленого обладнання та апаратурного оформлення для вилучення та обробки олій та ін. Актуальним питанням є розробка та впровадження приладів та систем автоматизації у виробництві якісної продукції олієжирової галузі [2].

Типовими побічними продуктами процесу гідратації є фосфатидна емульсія та фосфатидний концентрат – продукт зневоднення емульсії при температурі (75-90) °С і залишковому тиску 2,66 кПа [3]. Ці продукти через особливості технологічного процесу містять високу кількість нейтральної олії. Удосконалення технології переробки відходів гідратації в напрямку максимального вилучення олії з фосфатидного концентрату дозволить зменшити відходи, оптимізувати режими виробництва, раціонально використовувати матеріальні ресурси.

Таким чином, з метою підвищення техніко-економічних показників процесу гідратації фосфоліпідів рослинних олій доцільно удосконалити технологію високоякісних фосфатидних концентратів з вилученням нейтральної олії. Велике значення має підвищення концентрації фосфоліпідів у товарній формі продукту. Цей напрямок наукових досліджень є важливим для промисловості, оскільки в багатьох галузях існує потреба у доступній сировині жирової природи.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Основним продуктом підприємств олієжирової галузі є олія різного ступеня очищення. При цьому обмежена кількість виробників випускають як товарну продукцію фосфатидні концентрати або лецитини. До сировини, що переробляється на ці цілі, відносяться соняшник, ріпак, соя. При цьому підприємства олієжирової галузі мають значні об'єми побічних продуктів рафінації рослинних олій шляхом гідратації [4].

Рослинні олії містять значну кількість фосфатидів: соняшникова (0,2–1,4) %, бавовняна (0,5–2,5) %, соєва до 3,5 %. При гідратації жири обробляють водою або слабкими розчинами солей, кислот, лугів, таніну та деяких інших речовин. Вода, взаємодіючи з гідрофільними групами фосфатидів, викликає утворення специфічних подвійних шарів: з одного боку, у кожному їх перебуває мономолекулярний шар ацилгліцеринів, з другого – шар гідратованих молекул фосфатидів. Цей шар, що утворюється при гідратації жирів, так званий гідратаційний осад, або фуз, поряд з фосфатидами, містить ацилгліцерини, і призводить до утворення на підприємствах значної кількості бакових відстоїв. Побічний продукт майже не має реалізації, а при тривалому зберіганні підлягає

утилізації. Вилучення фосфоліпідів із олій можливе різними способами, але всі вони призводять до значних втрат нейтральної олії з гідратаційним осадом. В технології рафінації фосфатидна емульсія зазвичай змішується з соапстоками, що суттєво знижує споживчу цінність суміші. Фосфатиди легко окислюються киснем повітря. Вони містять у молекулі ненасичені кислоти, що інтенсифікує псування рослинних жирів. При зберіганні рослинних олій відбувається гідроліз фосфатидів на жирні кислоти, гліцерин та фосфорну кислоту. При гідролізі лецитину утворюється триметиламін, який має запах риб'ячого жиру, що псує продукт [5].

Більшість фосфоліпідів, що виробляються, не допускають тривалого зберігання, мають невідповідну кольоровість, кислотність і в'язкість [6].

Рослинні фосфоліпіди є комплексом індивідуальних груп фосфоліпідів, кожна з яких виявляє унікальну фізіологічну активність і відрізняється специфічною спрямованістю функціональних властивостей [7]. Відповідно до [8], лецитин – це складна органічна речовина групи фосфоліпідів, яка за хімічною структурою є складним ефіром гліцерину й жирних кислот, що включають фосфорну кислоту та азотовмісні речовини. Лецитини одержують фізичними методами з тварин або харчових речовин рослинного походження. Ці природні енергосубстрати мають унікальний біопотенціал і можуть бути використані для виробництва препаратів есенціальних фосфоліпідів та фракціонованих лецитинів, для виробництва функціональних продуктів харчування, біологічно-активних добавок, а також субстанцій фосфоліпідів. Такі харчові концентрати використовують при виробництві маргарину, кондитерських, хлібобулочних та інших виробів [9].

Відомий спосіб, в якому фосфатидний концентрат, отриманий за стандартною технологією, може бути додатково "покращений" для отримання продукту з більш високими якісними показниками [10]. Для цього фосфатидний концентрат обробляється пероксидно-ферментною системою з подальшим перерозчищенням у дезодорованій олії. Це дозволяє отримати фосфатидний концентрат з кислотним числом олії, виділеної з нього – менше 10 мг КОН/г, кольоровим числом – менше 3 мг I₂. В результаті отримання фосфатидного концентрату на олійновидобувних заводах дозволяє збільшити вихід олії в основному процесі і отримати багатофункціональний продукт – фосфатидний концентрат. Недоліком цього способу є висока вартість і тривалість процесу переробки. Крім того, відсутні дані щодо способів вилучення олії як цінного продукту.

В роботі [11] запропоновано технологію знежирення фосфатидного концентрату ізопропіловим спиртом. Фосфатидний концентрат обробляють ізопропіловим спиртом у співвідношенні 1:2 на першій стадії екстракції, а далі 1:1 при температурі (50–70) °С і інтенсивному перемішуванні ще на трьох стадіях. Дана технологія дозволяє значно скоротити витрату екстрагенту. Але відсутні дані щодо якості та кількості олії, відділеної від фосфоліпідів. Відомо також спосіб відокремлення фосфоліпідів від олії розчиненням їх в гексані з наступною гідратацією водою [12]. Але також не показано впливу цього способу та технологічних режимів на процес вилучення олії.

Автори роботи [13] пропонують спосіб, що передбачає обробку олії гідратуючим агентом, експозицію суміші, відділення фосфатидної емульсії від гідратованої олії та висушування фосфатидної емульсії. Причому після відділення фосфатидної емульсії до неї вводять молочну сироватку у кількості (3,0–7,0) % до маси фосфатидної емульсії. Далі нагрівають до температури (70–80) °С, поділяють на водну та жирову фази, відокремлюють жирову фазу та висушують з отриманням фосфатидного концентрату. Технологія дозволяє отримати фосфатидний концентрат високої якості з низьким кислотним та пероксидним числами. Недоліком дослідження є спрямованість лише на одержання фосфатидів. Але при цьому важливою складовою фосфатидної емульсії є також олія.

Відомий спосіб [14] отримання фосфатидного концентрату, що включає змішування нерафінованої олії з гідратуючим агентом у кількості, необхідній для повного виведення фосфоліпідів. Далі проводять експозицію суміші, відділення фосфатидної емульсії від гідратованої олії, висушування гідратованої олії і фосфатидної емульсії. До недоліків способу відносяться високі кислотні та пероксидні числа олії, виділеної з фосфоліпідного продукту, і тривалий час сушіння емульсії.

В роботі [15] розроблено безперервну технологію доочищення фосфатидного концентрату магнітоакустичним способом для поділу модифікованих погонів соняшникової олії з отриманням лецитинів з підвищеним вмістом фосфатидилхолінів. В роботі застосували дистиляцію селективного розчинника – етилового спирту, і адсорбцію силікагелем, причому для збільшення їх розчинної та поглинаючої здатності був накладений ультразвук інтенсивністю 10 Вт/м². Така обробка в потоці забезпечує отримання суттєво знебарвленого гранульованого лецитинвмісного продукту у вигляді мікрогранул нерозчинної у спирті фракції і рідкої жировмісної частини, що частково поглинається силікагелем. Але в роботі досліджено спосіб отримання лише фосфатидів. Відсутні дані щодо використання результатів роботи для вилучення олії.

Відомі технології переробки фосфатидного концентрату з вилученням із суміші фосфоліпідів. Зокрема, перспективним способом одержання якісних фосфатидних продуктів є екстракція їх етиловим спиртом із фосфатидних концентратів. Процес поділу фосфатидних концентратів відбувається в етиловому спирті при концентрації до 1:12 та підвищеній температурі суміші близько 60 °С з отриманням спирторозчинної та спиртонерозчинної фракцій. Після сушіння під вакуумом отримують концентрований олійно-жировий фосфатидний продукт, з характерним запахом та підвищеною кольоровістю [16].

Таким чином, обґрунтування підходів до вдосконалення хіміко-технологічних процесів поділу фосфатидних емульсій та підвищення глибини переробки фосфатидних фракцій, що входять до складу нерафінованих рослинних олій, є актуальною задачею. При цьому недостатньо даних щодо розробки технологій вилучення олії з фосфатидних емульсій, а також впливу технологічних параметрів обробки емульсій на якість та кількість олії. Важливим питанням є раціональні умови обробки відходів гідратації олій, які дозволять ефективно застосовувати ресурси підприємств для одержання високоякісних продуктів, зокрема, олії, для різних галузей промисловості.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка раціональних умов обробки концентрату фосфатидного соняшникового розчином лимонної кислоти. Це дозволить підвищити ефективність обробки відходу гідратації олій (концентрату фосфатидного) лимонною кислотою з одержанням цінної складової – олії, яка може бути використана за різними напрямками.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- визначити органолептичні та фізико-хімічні показники дослідного зразку концентрату фосфатидного соняшникового;
- встановити вплив технологічних умов обробки концентрату фосфатидного на вихід та масову частку вологи виділеної олії та визначити раціональні умови обробки концентрату фосфатидного;
- встановити якісні показники олії, вилученої з концентрату фосфатидного за раціональних умов.

4. Матеріали та методи дослідження

4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті

Використовувалися наступні реактиви та матеріали:

- концентрат фосфатидний соняшковий згідно СОУ 15.4-37-212:2004 (CAS 3436-44-0);
- кислота лимонна харчова згідно з ДСТУ ГОСТ 908:2006 (CAS 77-92-9).

4.2. Методика визначення органолептичних та фізико-хімічних показників дослідного зразку концентрату фосфатидного

Органолептичні та фізико-хімічні показники дослідного зразку концентрату фосфатидного визначено за стандартними методиками згідно СОУ 15.4-37-212:2004.

4.3. Методика обробки концентрату фосфатидного розчином лимонної кислоти

Наважку концентрату фосфатидного розміщували у термостійкий стакан, встановлений на електричну плитку. У стакані розміщували мішалку та термометр. Додавали розчин лимонної кислоти з концентрацією 10 %. Гідратацію проводили за температури 45 °С за умов перемішування. Кількість лимонної кислоти по відношенню до маси концентрату фосфатидного та тривалість процесу у проведених дослідах відповідали плану експерименту. Після закінчення гідратації масу відстоювали протягом 3 год. за температури 45 °С, після чого відділяли верхній шар (олію), середній шар (фосфатиди) та нижній шар (водна складова з лимонною кислотою).

4.4. Методика визначення якісних показників олії, виділеної з концентрату фосфатидного

Прозорість, смак та запах олії визначено за стандартними методиками згідно ДСТУ 8842:2019(АОС Сg 2-83). Кислотне число, пероксидне число, масо-

ву частку фосфоровмісних речовин, масову частку вологи та летких речовин визначено за стандартними методиками згідно ДСТУ 4350 (ISO 660), ДСТУ 4570 (ISO 3960), ДСТУ 7082 (ISO 10540-3), ДСТУ 4603 (ISO 662) відповідно.

4. 5. Планування досліджень та обробка результатів

Для планування досліджень та математичної обробки даних використано повний факторний експеримент другого порядку. Обробку наукових результатів, побудування графічних залежностей виконано у середовищі Stat Soft Statistica v6.0 (USA). Для кожного досліду виконано двократне повторення.

5. Результати досліджень впливу умов обробки концентрату фосфатидного на ефективність вилучення олії

5. 1. Визначення органолептичних та фізико-хімічних показників концентрату фосфатидного соняшникового

Органолептичні та фізико-хімічні показники дослідного зразку концентрату фосфатидного соняшникового наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Органолептичні та фізико-хімічні показники зразку концентрату фосфатидного

Найменування показника	Характеристика
Органолептичні показники	
Запах та смак	Запах притаманний олії соняшниковій, без затхлості та іншого стороннього запаху. Смак притаманний фосфатидам.
Консистенція	Пастоподібна
Фізико-хімічні показники	
Масова частка вологи та летких речовин, %	4,0
Масова частка фосфатидів, %	37,0
Масова частка олії, %	65,5
Масова частка речовин, що нерозчинні в етиловому ефірі, %	5,2
Кислотне число олії, яка виділена з концентрату, мг КОН/г	18,2
Пероксидне число олії, яка виділена з концентрату, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг	24,7

Отже, дослідний зразок концентрату фосфатидного соняшникового за СОУ 15.4-37-212:2004 за показниками є наближеним до концентрату фосфатидного кормового (марка СнК). Але показники зразка (крім кислотного та пероксидного чисел) відхиляються від норми. Таким чином, використано нестандартний зразок концентрату фосфатидного з метою вилучення цінного продукту – олії.

5. 2. Встановлення впливу технологічних умов обробки концентрату фосфатидного на ефективність вилучення олії

З метою виділення олії з концентрату фосфатидного використано розчин лимонної кислоти з концентрацією 10 %. Лимонна кислота використовується під час гідратації олій для більш повного концентрування фосфатидів та пере-

ведення негідратованих форм фосфатидів у гідратовані. В дослідженні лимонну кислоту використано для більш ефективного відділення олії від концентрату. Встановлено вплив умов обробки концентрату фосфатидного лимонною кислотою (гідратації) на вихід та масову частку вологи виділеної олії. Умови факторного експерименту: кількість факторів – 2, кількість рівнів варіювання факторів – 5, кількість дослідів – 25. Фактори та інтервали варіювання:

– x_1 – концентрація лимонної кислоти по відношенню до маси концентрату фосфатидного: від 5 до 25 % (5, 10, 15, 20, 25 %);

– x_2 – тривалість гідратації: від 5 до 45 хв. (5, 15, 25, 35, 45 хв.).

Функціями відгуку є вихід (у відсотках від наявного вмісту олії у концентраті фосфатидному) та масова частка вологи в олії.

Результати досліджень оброблено у середовищі пакета Stat Soft Statistica v6.0 (USA). Розраховано регресійні рівняння другого порядку, що являють собою залежності функцій відгуку від технологічних параметрів гідратації.

Регресійна залежність виходу олії (y_1) від умов гідратації у реальних перемінних має вигляд:

$$y_1 = 33,116 + 0,585 \cdot x_1 + 0,699 \cdot x_2 + 0,031 \cdot x_1^2 - 0,009 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,005 \cdot x_2^2. \quad (1)$$

Регресійна залежність масової частки вологи у вилученій олії (y_2) від умов гідратації у реальних перемінних має вигляд:

$$y_2 = 31,499 - 0,457 \cdot x_1 - 0,164 \cdot x_2 + 0,015 \cdot x_1^2 - 0,013 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,003 \cdot x_2^2. \quad (2)$$

Визначено рівень значущості коефіцієнтів рівнянь ($p > 0,05$) та коефіцієнти детермінації, які склали 0,967 та 0,912 для рівнянь (1) та (2) відповідно.

У табл. 2 наведено матрицю планування експерименту, експериментальні та розрахункові значення функцій відгуку. Розрахункові значення функцій відгуку отримано за рівняннями (1) та (2).

Побудовано графічні залежності функцій відгуку від умов гідратації (поверхні відгуку), представлені на рис. 1, 2.

З даних табл. 2, рівняння (1) та рис. 1 встановлено, що із збільшенням значень концентрації лимонної кислоти та тривалості гідратації вихід олії збільшується. Концентрація лимонної кислоти більш суттєво впливає на вихід олії, ніж тривалість. За умов концентрації лимонної кислоти 25 % при підвищенні тривалості від 5 до 45 хв., починаючи з 15 хв., не відбувається суттєвого підвищення функції відгуку. Отже раціональними умовами в даному випадку є концентрація лимонної кислоти 25 %, тривалість гідратації 15 хв.

Як свідчать дані табл. 2, рівняння (2) та рис. 2, із збільшенням значень факторів варіювання масова частка вологи в олії зменшується, що вказує на збільшення ефективності розділення фосфатидів та олії. При цьому тривалість більш суттєво впливає на функцію відгуку. Найбільший вплив тривалості спостерігається за умов концентрації кислоти 25 %. При переході від 25 до 35 хв. зниження масової частки вологи уповільнюється. Беручи до уваги вплив трива-

лості за умов інших значень концентрацій кислоти, раціональними умовами є концентрація лимонної кислоти 25 %, тривалість гідратації 25 хв. За цих умов вихід олії склав 76,1 %, масова частка вологи в олії – 18,6 %.

Таблиця 2

Матриця планування та значення функцій відгуку

№ дос- ліду	Фактори варіювання		Експеримента- льні значення функцій відгуку		Розрахункові значення функ- цій відгуку	
	Концентрація лимонної ки- слоти, %	Тривалість гід- ратації, хв.	Ви- хід олії, %	Масова частка вологи в олії, %	Ви- хід олії, %	Масова частка вологи в олії, %
1	5	5	39,1	29,1	41,7	31,0
2	5	15	47,9	28,3	46,5	28,2
3	5	25	52,5	27	50,3	26,0
4	5	35	54,2	26,2	53,1	24,6
5	5	45	54,8	25,2	55,0	23,8
6	10	5	42,9	25,7	45,9	28,3
7	10	15	49,2	23,6	50,7	25,5
8	10	25	54,8	22,3	54,4	23,3
9	10	35	54,3	22,2	57,3	21,8
10	10	45	56,9	21,2	59,2	21,0
11	15	5	53,8	25,2	51,7	26,3
12	15	15	58,4	23,3	56,4	23,5
13	15	25	62,4	21,3	60,2	21,3
14	15	35	66,9	21,1	63,0	19,8
15	15	45	71,1	20,9	64,9	19,1
16	20	5	56,5	27,8	59,0	25,1
17	20	15	60,1	23,9	63,7	22,2
18	20	25	64,2	19,3	67,5	20,1
19	20	35	67,5	17,6	70,4	18,6
20	20	45	72,2	17,7	72,3	17,8
21	25	5	73,4	27,3	67,9	24,5
22	25	15	75,1	22,8	72,6	21,7
23	25	25	76,1	18,6	76,4	19,6
24	25	35	77,8	17,4	79,3	18,1
25	25	45	78,5	13,5	81,2	17,3

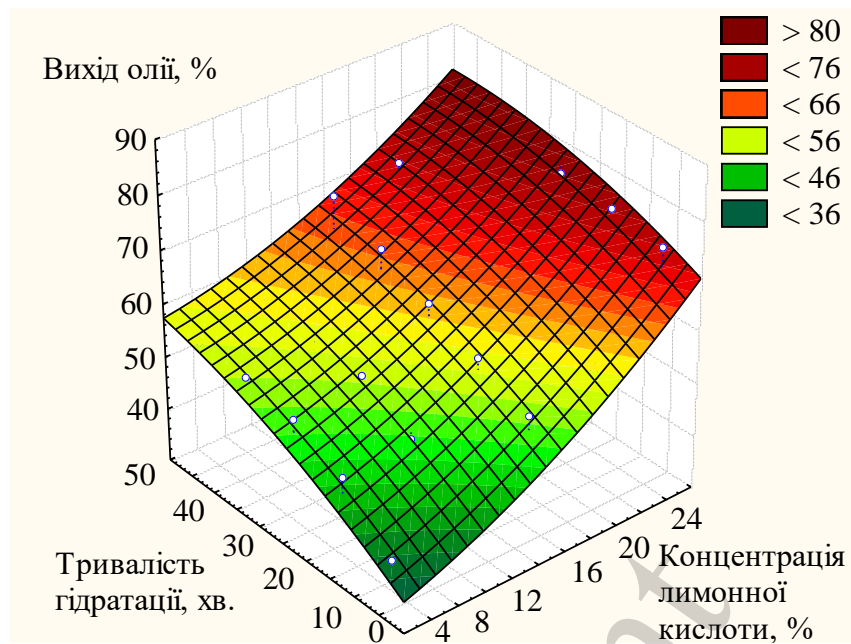


Рис. 1. Залежність виходу вилученої олії від концентрації лимонної кислоти та тривалості гідратації (поверхня відгуку)

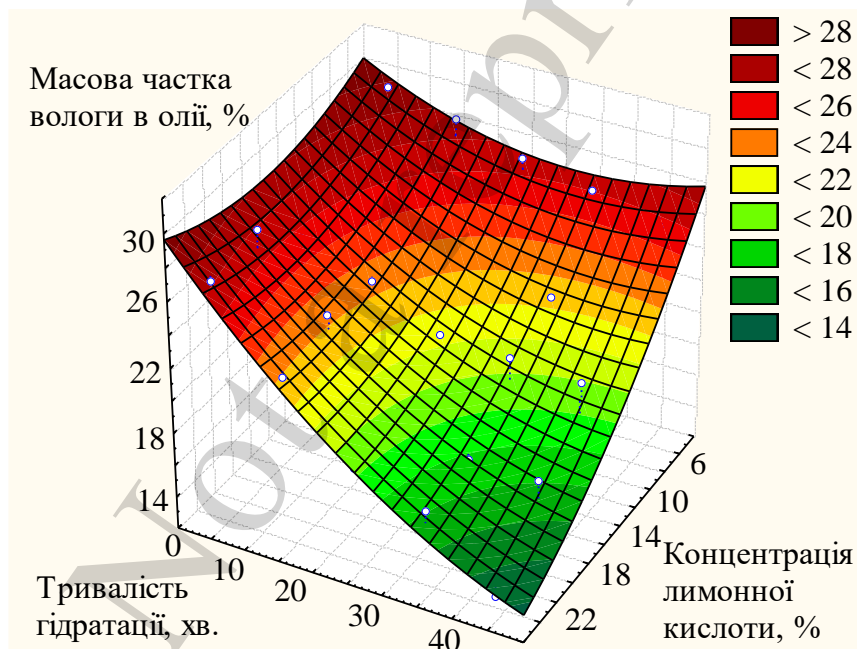


Рис. 2. Залежність масової частки води у виділеній олії від концентрації лимонної кислоти та тривалості гідратації

5. 3. Встановлення якісних показників олії, вилученої з концентрату фосфатидного

Олію, вилучену із концентрату фосфатидного, проаналізовано на основні органолептичні та фізико-хімічні показники. Перед аналізуванням олію піддавали промиванню водою з температурою 45 °С для видалення залишків лимонної кислоти. Після цього олію відстоювали протягом 4 год., висушували у вакуумі за температури (85–90) °С до значення масової частки води 0,15 % та досліджували. Результати дослідження наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Органолептичні та фізико-хімічні показники олії, вилученої із концентрату фосфатидного (після висушування)

Найменування показника	Характеристика
Прозорість	Прозора без осаду
Смак та запах	Притаманні олії соняшниковій. Присмак легкої гіркоти.
Кислотне число, мг КОН/г	3,7
Пероксидне число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг	5,1
Масова частка фосфоровмісних речовин, в перерахунку на стеароолеолецитин, %	2,8
Масова частка вологи та летких речовин, %	0,15

Таким чином, олія, вилучена із концентрату фосфатидного, відповідає олії соняшниковій нерафінованій невимороженій першого гатунку за ДСТУ 4492. Але значення масової частки фосфоровмісних речовин перевищує стандартні значення. Така олія може бути направлена на рафінацію, на технічні цілі, одержання жирних кислот та біодизельного пального. Після додаткового очищення олія може бути направлена на промислову переробку на харчові продукти. Показники, що у першу чергу характеризують придатність олії до вживання в їжу (кислотне та пероксидне числа), є у межах норм для олії соняшnikової нерафінованої невимороженої першого гатунку за ДСТУ 4492.

6. Обговорення результатів дослідження впливу умов обробки концентрату фосфатидного на ефективність вилучення олії

Досліджено технологію вилучення олії із концентрату фосфатидного соняшnikового із нестандартними показниками якості, яка передбачає обробку концентрату розчином лимонної кислоти. Визначено вплив технологічних параметрів обробки концентрату фосфатидного лимонною кислотою (гідратації) на вихід та масову частку вологи у вилученій олії. Аналізуванням даних табл. 2, рис. 1, 2 та рівнянь (1), (2) встановлено раціональні умови обробки концентрату: тривалість (25 хв) та концентрацію лимонної кислоти по відношенню до маси концентрату фосфатидного (25 %). За цих умов вихід олії збільшився та склав 76,1 %, масова частка вологи в олії зменшилася та склала 18,6 %. Як свідчать результати огляду наукових досліджень [10–16], основним завданням обробки концентратів фосфатидних є отримання фосфатидів. Але при цьому відсутні дані щодо розробок та оптимізації технологій вилучення олії з концентратів. Отже, дослідження процесу вилучення олії з концентратів, встановлення раціональних умов для максимального виходу олії та зменшення вмісту вологи в олії є важливим напрямком наукових розробок. Раціональні умови обробки концентрату визначено за результатами дослідів, передбачених у табл. 2.

Від існуючих наукових досліджень [10–16] робота відрізняється встановленням раціональних умов кислотної гідратації концентрату фосфатидного з нестандартними показниками (масова частка вологи та летких речовин, масова

частка фосфатидів, масова частка олії, масова частка речовин, що нерозчинні в етиловому ефірі) з метою вилучення олії. Ця технологія дозволить ефективно проводити розділення фосфатидів та олії з раціональним використанням ресурсів та прогнозувати вихід та якість вилученої олії.

Фосфоліпіди мають будову по типу складних ефірів, до молекул яких входять залишки жирних кислот, фосфорної кислоти та додаткова група атомів, що містить азот. Молекули фосфоліпідів мають дифільний характер; гідрофобна частина представлена радикалами жирних кислот, а гідрофільна – полярними групами. Тому фосфоліпіди є поверхнево-активними речовинами. Гідратація – хімічний метод рафінації олій, під час якого олію обробляють водою або розчином кислоти. В першому випадку фосфоліпіди приєднують воду, втрачають розчинність та виділяються із олії. У другому випадку виводяться негідратовані форми фосфоліпідів (які є кальцієвими та магнієвими похідними фосфоліпідів). При цьому фосфоліпіди руйнуються. Для інтенсифікації відділення фосфоліпідів використовують слабкі розчини електролітів, зокрема натрій хлорид. Отже, обробка лимонною кислотою є перспективною з точки зору використання для ефективного розділення олії та фосфоліпідів.

При підвищенні концентрації лимонної кислоти та тривалості процесу вихід олії збільшується, масова частка вологи в олії – зменшується. Концентрація лимонної кислоти більш суттєво впливає на вихід, а тривалість – на масову частку вологи в олії. Найбільший вплив тривалості на масову частку вологи в олії спостерігається за умов концентрації кислоти 25 %. За умов концентрації кислоти 25 % при підвищенні тривалості від 5 до 45 хв., починаючи з 15 хв., підвищення виходу відбувається лише у 1,1 рази, а масової частки вологи зменшується у 2 рази. При переході від 25 до 35 хв. зниження масової частки вологи уповільнюється. Беручи до уваги вплив тривалості за умов інших значень концентрацій кислоти, раціональними умовами визначено концентрацію лимонної кислоти 25 %, тривалість гідратації - 25 хв.

Підвищення тривалості процесу сприяє більш ефективній та повній взаємодії фосфоліпідів з кислотою та, як наслідок, більш повному відділенню олії. Концентрація лимонної кислоти впливає на повноту процесу руйнування фосфоліпідів та руйнування емульсії, що відображається на ефективності розділення фосфоліпідів та олії.

Одержані дані встановлюють залежність між параметрами обробки фосфатидного концентрату та показниками ефективності вилучення олії, що дозволить раціонально та ефективно переробляти відхід гідратації олій на цінну продукцію. Результати роботи сприяють забезпеченню різних галузей промисловості доступною сировиною (олією) та вирішенню проблеми утилізації жировмісних відходів. Зокрема, олія, вилучена з відходів гідратації, може бути сировиною для виробництва біодизельного пального на основі ефірів жирних кислот.

Виробниче використання отриманих наукових результатів має обмеження. Обробку концентрату фосфатидного необхідно проводити за розроблених раціональних умов. Адже фактори варіювання мають суттєвий вплив на вихід та вологість вилученої олії. Слід урахувати необхідність промивання олії від лимонної

кислоти та висушування. Наявність кислоти може спотворити результати досліджень показників олії та обмежувати використання олії за різними напрямками.

Недоліком дослідження є встановлення впливу параметрів гідратації лише на процес одержання олії. Фосфоліпіди є також важливою складовою концентрату фосфатидного, які використовуються за різними напрямками (у хімічній, харчовій промисловості тощо). Доцільно провести досліді щодо якісних показників фосфоліпідів, одержаних за даною технологією.

Перспективними напрямками досліджень є визначення впливу параметрів гідратації на інші показники олії, а також на якість та вихід фосфоліпідів. Це дозволить комплексно охарактеризувати технологію розділення концентрату фосфатидного на цінні складові, а також надати інформацію щодо використання цих складових у різних цілях.

7. Висновки

1. Визначено органолептичні та фізико-хімічні показники дослідного зразку концентрату фосфатидного соняшникового. Масова частка вологи та летких речовин – 4,0 %, фосфатидів – 37,0 %, олії – 65,5 %, речовин, що нерозчинні в етиловому ефірі – 5,2 %. Кислотне число олії, яка виділена з концентрату становить 18,2 мг КОН/г, пероксидне число олії, яка виділена з концентрату – 24,7 $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг. За показниками якості концентрат фосфатидний є нестандартним за СОУ 15.4-37-212:2004 (CAS 3436-44-0).

2. Встановлено вплив технологічних умов обробки концентрату фосфатидного на вихід та масову частку вологи виділеної олії. Визначено раціональні умови обробки концентрату: тривалість (25 хв.) та концентрацію лимонної кислоти по відношенню до маси концентрату фосфатидного (25 %). За цих умов вихід олії склав 76,1 %, масова частка вологи в олії склала 18,6 %.

3. Встановлено якісні показники олії, вилученої з концентрату фосфатидного за раціональних умов. Кислотне число – 3,7 мг КОН/г, пероксидне число – 5,1 $\frac{1}{2}$ О ммоль/кг, масова частка фосфоровмісних речовин, в перерахунку на стеароолеолецитин – 2,8 %, масова частка вологи та летких речовин – 0,15 %. Вилучена олія відповідає олії соняшниковій нерафінованій невимороженій першого гатунку за ДСТУ 4492. Але значення масової частки фосфоровмісних речовин перевищує стандартні значення. Олія може бути направлена на рафінацію, технічні цілі, одержання жирних кислот та біодизельного пального, після додаткового очищення – на промислову переробку на харчові продукти.

Література

1. Galstyan, A. G., Aksyonova, L. M., Lisitsyn, A. B., Oganesyants, L. A., Petrov, A. N. (2019). Modern Approaches to Storage and Effective Processing of Agricultural Products for Obtaining High Quality Food Products. Herald of the Russian Academy of Sciences, 89 (2), 211–213. doi: <https://doi.org/10.1134/s1019331619020059>
2. Rani, R., Badwaik, L. S. (2021). Functional Properties of Oilseed Cakes and Defatted Meals of Mustard, Soybean and Flaxseed. Waste and Biomass Valorization, 12 (10), 5639–5647. doi: <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01407-z>

3. Casado, V., Martín, D., Torres, C., Reglero, G. (2012). Phospholipases in Food Industry: A Review. *Methods in Molecular Biology*, 495–523. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-61779-600-5_29
4. Stepycheva, N. V., Makarov, S. V., Kucherenko, P. N. (2012). Secondary material resources of oil-producing plants. *Russian Journal of General Chemistry*, 82 (5), 969–976. doi: <https://doi.org/10.1134/s1070363212050301>
5. Küllenberg, D., Taylor, L. A., Schneider, M., Massing, U. (2012). Health effects of dietary phospholipids. *Lipids in Health and Disease*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/1476-511x-11-3>
6. Ghouila, Z., Sehailia, M., Chemat, S. (2019). Vegetable Oils and Fats: Extraction, Composition and Applications. *Plant Based “Green Chemistry 2.0”*, 339–375. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3810-6_12
7. Lu, F. S. H., Nielsen, N. S., Baron, C. P., Jensen, L. H. S., Jacobsen, C. (2012). Physico-chemical Properties of Marine Phospholipid Emulsions. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 89 (11), 2011–2024. doi: <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2105-z>
8. Winkler-Moser, J. K., Mehta, B. M. (2015). Chemical Composition of Fat and Oil Products. *Handbook of Food Chemistry*, 365–402. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_32
9. Begić, M., Nezirević-Nizić, E., Čorbo, S., Podrug, S., Ašimović, Z., Muminović, Š. (2020). Fatty Acid Composition and Stability of Cold-Pressed Vegetable Oils. *IFMBE Proceedings*, 303–312. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-40049-1_39
10. К вопросу о фосфатидном концентрате. АПК Информ. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/oilprocessing/9778>
11. Демидов, И. Н., Крамаренко, А. А. (2008). Способы получения фосфолипидных продуктов. *Вопросы химии и химической технологии*, 2, 58–63. URL: <https://udhtu.edu.ua/public/userfiles/file/VHHT/2008/2/Demidov.pdf>
12. Мельников, К. А. (2000). Выделение лецитинов из фосфатидного концентрата подсолнечного масла. *Масложировая промышленность*, 2, 21–22.
13. Мартовщук, В. И., Мартовщук, Е. В., Багров, А. А., Заболотный, А. В. (2012). Пат. № 2487162 RU. Способ получения фосфатидного концентрата. заявл. 05.03.2012; опубл. 10.07.2013.
14. Kaya, D., Hung, Y.-T. (2021). Advances in Treatment of Vegetable Oil Refining Wastes. *Environmental and Natural Resources Engineering*, 325–375. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54626-7_8
15. Шестакова, Е. А., Распопов, Д. С., Верболоз, Е. И. (2019). Разработка поточной технологии очистки и получения пищевых подсолнечных фосфолипидов. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 81 (1), 125–131. doi: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-125-131>
16. Cerminati, S., Paoletti, L., Aguirre, A., Peirú, S., Menzella, H. G., Castelli, M. E. (2019). Industrial uses of phospholipases: current state and future applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103 (6), 2571–2582. doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09658-6>