

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ГІДРАТАЦІЇ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

Осадчук П. І. кандидат технічних наук, доцент
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса

Анотація. Розглядається можливість та перспективи використання впливу фізичних полів на процес очищення соняшникової олії. Проведено аналіз існуючих досліджень використання обробки електромагнітним полем рідких харчових продуктів. У розрізі впливу протікання процесу розділення між двома або кількома неоднорідними середовищами в системах «рідина – рідина» та «рідина - тверде тіло». Розроблено математичну модель, яка описує процес впливу даного фізичного поля на рослинні олії при їх очищенні після отримання. За допомогою представленого математичного опису можна характеризувати вплив напруженості електромагнітного поля на рослинні олії, які протікають у експериментальній установці в залежності від її геометричних розмірів. На підставі цього розроблено експериментальну установку гідратації рослинних олій з обробкою міцели електромагнітним полем. Представлено експериментальні дослідження даного процесу, які були проведені з метою інтенсифікації та збільшення виділення кількості фосфоровмісних речовин, жирних кислот, восків та інших супутніх речовин. В процесі дослідів змінювали напруженість електромагнітного поля, температуру міцели та час гідратації рослинних олій. Отримані результати експериментальних досліджень підтвердили позитивні очікування. Наведено графічний матеріал, який описує фізичний експеримент, результатом чого є отримання рекомендованих параметрів використання електромагнітного поля, при якому досягається максимальний ефект по видаленню супутніх речовин і відповідно відбувається інтенсифікація процесу гідратації. При цих умовах отримується олія високої якості. За рахунок інтенсифікації процесу скорочуються енерговитрати. Порівнюючи проведення класичного технологічного процесу гідратації олій з запропонованим, визначено збільшення видалення фосфоровмісних речовин на 15 %

Ключові слова: рослинна олія, електромагнітне поле, гідратація, фосфатиди.

USING THE ELECTROMAGNETIC FIELD AT HYDRATING VEGETABLE OILS

Osadchuk P.I., PhD, associate professor
Odessa state agricultural university

Abstract. The possibility and prospects of using physical fields for the process of sunflower oil cleaning are considered. An analysis of existing studies on the use of liquid food processing by the electromagnetic field has been carried out. In the context of the influence of the process of separation between two or more inhomogeneous media in systems, liquid-liquid and liquid-solids. The mathematical model describing the process of the influence of this physical field on vegetable oils during their purification after obtaining is developed. With the help of the presented mathematical description one can characterize the effect of the intensity of the electromagnetic field on vegetable oils, which proceed in the experimental installation, depending on its geometric dimensions. On the basis of this, an experimental plant for hydration of vegetable oils was developed with the micaceous treatment of the electromagnetic field. Experimental studies of this process are presented. Which were conducted with the aim of intensifying and increasing the release of phosphorus-containing substances, fatty acids, waxes and other concomitant substances. With varying tensile strength of the electromagnetic field, the temperature of the micelles and the time of hydration of vegetable oils. The results of experimental studies confirmed positive expectations. The graphic material that describes the physical experiment is given. The result is the receipt of the recommended parameters of the use of the electromagnetic field at which the maximum effect on the removal of concomitant substances is achieved and, accordingly, the intensification of the hydration process takes place. Under these conditions, high quality oil is obtained. Due to the intensification of the process, a reduction in energy costs is obtained. Comparing the implementation of the classical technological process of hydration of oils with the proposed, removal of phosphorus-containing substances increased by 15%.

Keywords: vegetable oil, electromagnetic field, hydration, phosphatides

Вступ. Вміст супутніх речовин, у тому числі й фосфатидів, у рослинних оліях коливається в значних межах і залежить від їхнього виду, а також від способу і режиму їхнього одержання.

З фізіологічної точки зору вкрай бажано вживати в їжу олії з максимальним вмістом фосфатидів. Практично ж здійснити це не вдається, тому що фосфатиди, які легко розчиняються в оліях при температурах їхнього одержання, надалі при охолодженні мимовільно з них виділяються. Осад, що утворюється, швидко цеується за рахунок протікання інтенсивних окисних, ферментативних і гідролітичних процесів. Враховуючи це, у процесі виробництва і переробки соняшникова олія, як правило, піддається частковій або повній рафінації [1, 2].

Актуальність. У зв'язку з ростом споживчого попиту на рослинні олії у фасованому і нефасованому вигляді для домашньої кулінарії, мережі суспільного і дієтичного харчування. Однієї із найактуальніших задач в умовах ринкової економіки залишається підвищення якості і конкурентоздатності вітчизняних видів рослинних олій, які володіють підвищеною біологічною ефективністю і стабільністю у процесі тривалого зберігання.

Аналіз літературних джерел. В роботі [3] розглядається нове розуміння вилучення супутніх сполук з відходів і побічних продуктів, що утворюються в процесі виробництва оливкової олії. Представлено використання електромагнітних імпульсів для вилучення поліфенолів, жирних кислот, фарбувальних пігментів та інш. Однак у даному випадку електромагнітне поле не застосовується для очистки готового продукту.

В роботі [4] наведені досліді, які продемонстрували можливість використання імпульсних електричних полів для різноманітних технологій у харчовій промисловості. Акцентовано увагу, що дані технології є цінним інструментом, який може поліпшити функціональність і вивільнення цінних харчових речовин, а також біодоступність мікроелементів і компонентів в різноманітних харчових продуктах. Однак при тому, що висвітлюється позитивний ефект від використання електромагнітних полів, у роботі не наведено його застосування при очищенні рослинних олій.

В роботі [5] наведена перевага використання електромагнітних полів над термічними технологіями, які використовуються при обробці рідких харчових продуктів. Узагальнені основні результати, досягнуті в рамках інтегрованого проекту FP6 ЄС «NovelQ», який стосується впливу електромагнітних полів на основні сполуки, що впливають на властивості, пов'язані з якістю продукції. Однак досліді наведені для різноманітного роду не в'язких рідин.

В роботі [6] наведено явище електропорації, викликане після застосування імпульсних електричних полів при обробці харчових тканин, воно призводить до поліпшення зв'язку між клітинами, що дозволяє збільшити ймовірність утворення процесу коагуляції. Однак данні досліді проводились з метою інтенсифікації льодоутворення.

Опираючись на проаналізовані досліді, можна допустити, що використовуючи електромагнітне поле буде спостерігатись інтенсифікація процесу коагуляції при видаленні фосфатидів з рослинних олій. Підтвердження цьому також наводиться у роботах [7, 8], де показано, що для кожної стадії очищення (рафінації) соняшnikової олії характерна своя певна характеристична частота зовнішнього синусоїдального поля, при якій електропровідність олії залишається постійною, і вона називається характеристичною електропровідністю. Проведено дослідження використання електромагнітної обробки для отримання воску і воскоподібних речовин з соняшnikової олії. Отримані позитивні результати в інтенсифікації даного процесу.

Однак актуальним залишається проведення дослідів по впливу електромагнітного поля на процес гідратації рослинних олій з метою видалення фосфоровмісних речовин.

Мета досліджень. Метою дослідження є визначення технологічних параметрів електромагнітної обробки рослинних олій шляхом проведення математичного та експериментального моделювання процесу гідратації під дією електромагнітного поля.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- створити математичний опис впливу електромагнітного поля на процес гідратації олій;
- створити конструкцію експериментальної установки для обробки олії електромагнітним полем;
- розробити методіку визначення ефективної полоси напруженості електромагнітного поля, температури місцели та часу гідратації рослинних олій;
- провести експериментальні дослідження використання електромагнітного поля при гідратації олії, за допомогою яких рекомендувати раціональні технологічні параметри.

Результати експериментальних досліджень.

Як показали дослідження, у соняшnikовій пресовій нерафінованій олії кількість гідрофільних фосфоровмісних речовин досягає в середньому 0,4-0,6%. Молекули цих речовин складаються з двох частин: гідрофільні, утворені залишками фосфорної кислоти і спирту, і гідрофобні, що включають довгі ланцюги залишків жирних кислот.

Найбільш розповсюдженим методом витягу фосфатидів з олій є гідратація. Цей процес поєднує методи обробки олій водою або сильно розведеними водними розчинами лугів, солей і кислот. У виробничій практиці застосовують різноманітні режими, що відрізняються по кількості гідратуючого агента, його складу і т.д. Найчастіше для гідратації використовують воду.

Таким чином, завдяки наявності полярних угруповань фосфати мають спорідненість до води, вони мають властивості гідрофільних колоїдів, що дає можливість припустити на позитивний вплив електромагнітного поля при про-

веденні процесу гідратації [9]. Тому для інтенсифікації процесу гідратації і збільшення виділення кількості фосфатидів. Нами були проведені дослідження впливу електромагнітного поля на даний процес.

Для визначення магнітної індукції в рухомих шарах олії було застосовано рівняння (1).

$$\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} = \text{rot}[\bar{v} \times \bar{b}] + \frac{1}{\mu \delta} \nabla^2 \bar{B} \quad (1)$$

де: \bar{B} - вектор магнітної індукції; \bar{v} - вектор швидкості; μ - магнітна проникність; σ - провідність.

Вирішували крайову задачу щодо магнітної індукції \bar{B} для рівняння (1) з відповідними крайовими умовами в безрозмірних координатах. Для цього використовували такі критерії подібності:

Магнітне число Ейлера, $Eu_m = \frac{\mu_0 H_0^2}{\rho V_0^2}$; Магнітне число Рейнольдса, $Re_m = \frac{V_0 L_0}{\nu_m}$, де $\nu_m = \frac{1}{\mu_0 \sigma}$ - магнітна

в'язкість. Магнітне число Прандтля $Pr_m = \frac{\nu}{\nu_m}$; Магнітне число Гартмана $Ha = B_0 L_0 \sqrt{\frac{\sigma}{\eta}}$; Магнітне число Фу-

р'є $Fr_0 = \frac{V_m t_0}{l_0^2}$.

У всіх цих умовах прийняті позначення:

μ_0 - абсолютна магнітна проникність; H_0 - напруженість магнітного поля; ρ - щільність масла; V_0 - характерна швидкість; L_0 - характерний магнітний розмір; t_0 - характерний час гідратації.

Магнітне число Прандтля визначається тільки фізичними властивостями речовини. Магнітне число Ейлера дорівнює відношенню магнітного тиску до динамічного або відношенню щільності магнітної і кінетичної енергії. Очевидно, при числах $Eu_m \ll 1$ вплив магнітного поля на рух провідної рідини буде мало; при великих числах Eu_m роль магнітної енергії буде велика. Величини, що визначають число Eu_m , можуть змінюватися в дуже широких межах. В технічних і лабораторних установках можна отримати дуже великі значення напруженості. Число Ейлера істотно впливає на стійкість руху рідини. Магнітне число Рейнольдса характеризує відношення сил інерції до електричної об'ємної сили, отриманої в рухомій рідині при заданому зовнішньому магнітному полі. Магнітне число Фур'є є критерієм подібності в періоди включення і виключення установки, тобто в умовах не стаціонарних магнітних полів. Магнітне число Прандтля характеризує собою відношення дисипації механічної енергії (за рахунок в'язкості) до дисипації електромагнітної енергії (за рахунок наявності магнітної в'язкості).

Проводячи ряд математичних перетворень, задаючи одномірне відношення швидкостей проходження олії через електромагнітне поле отримали звичайне диференціальне рівняння другого порядку (2).

$$\frac{d^2 B_r}{dr^2} + \frac{\psi}{r} \frac{dB_r}{dr} + \frac{\psi}{r} \left(\frac{1}{r} + \frac{d\psi}{dr} \right) B_r = 0 \quad (2)$$

де $\psi = \frac{V_\varphi}{V_r}$ - відношення швидкостей.

Рівняння 2 характеризує вплив напруженості електромагнітного поля на рослині олії, які протікають у експериментальній установці в залежності від її геометричних розмірів.

Спираючись на математичний опис процесу електричного намагнічування олій при гідратації, провели експериментальні дослідження. Експеримент полягав в наступному. Для процесу гідратації використовувалося стандартне устаткування УГРМ – 20.2 із застосуванням електромагнітної установки.

Яка являє собою наступне. Апарат складається з двох концентричних труб різного діаметра, розташованих одна в іншій. Зовнішня труба - олієпровідна оцинкована, а внутрішня - латунна або нержавіюча.

У внутрішній трубі розташовані три котушки які утворюють імпульсне магнітне поле з полярністю, що чергується, між полюсами котушки і зовнішньою трубою. Центрування внутрішньої труби здійснюється трьома ребрами, розташованими під кутом 120° . Подача соняшникової олії здійснюється через нижній патрубок, а вихід через верхній. Омагнічування соняшникової олії відбувається в концентричному кільцевому зазорі між внутрішньою і зовнішньою трубою.

Технічна характеристика апарата.

Електромагнітний апарат може працювати в сирих опалювальних і не опалювальних приміщеннях при вологості повітря до 90%. Номінальна продуктивність – 1,5 м³/год. Номінальна швидкість олії – 0,3 м/с. Макси-

мальна напруженість магнітного поля – 200 кА/м. Максимальний струм апарата – 1,2 А. Максимальна потужність споживання – 25 Вт. Габарити: довжина – 750 мм. Діаметр труби – 48 мм. Довжина патрубків 60 мм. Діаметр патрубків – 1/2". Маса не більш – 15 кг.

Блок живлення імпульсний призначений для роботи в сухих опалювальних приміщеннях при температурі повітря 15-35 °С і вологості повітря не більш 80%. Напруга мережі харчування – 220 В. Максимальний струм навантаження – 1,2 А. Діапазон регулювання пульсацій струму – 2-10 Гц. Діапазон регулювання амплітуди пульсації струму – 0,5-1 А. Габарити: висота – 150 мм. Ширина – 150 мм. Довжина – 180 мм. Маса не більш – 2 кг.

При проходженні суміші олії з водою через електромагнітну установку змінювалася напруженість електромагнітного поля, а також температура самої місцели. При цьому фіксувався час випадання осаду і його маса в процентному відношенні, щодо загальної кількості фосфатидів у соняшниковій олії.

Результати проведених досліджень приведені на рисунках 1 - 3.

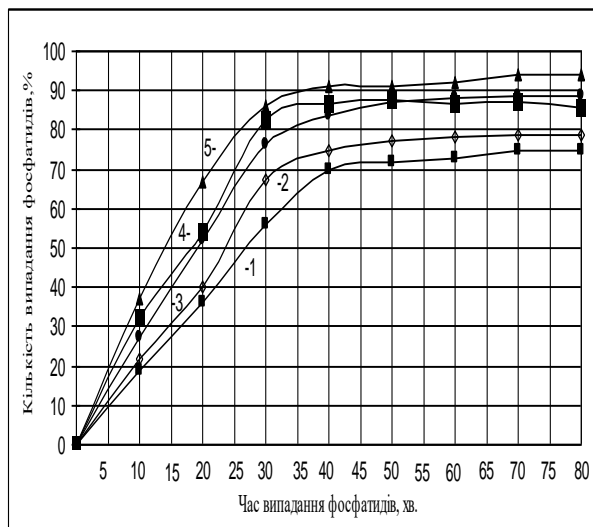


Рис. 1. Визначення кількості видалених фосфатидів при зміні напруженості магнітного поля: 1 – без електромагнітного поля, 2 – 115 кА/м; 3 – 135 кА/м; 4 – 155 кА/м; 5 – 175 кА/м.

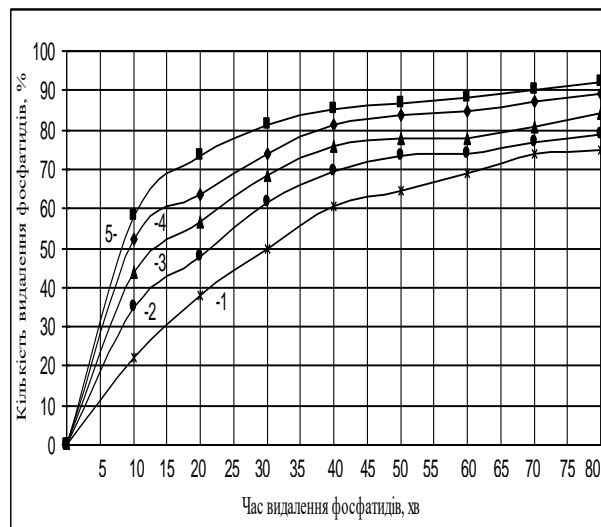


Рис. 2. Визначення кількості осаду при напруженості магнітного поля 155 кА/м., та різній температурі місцели: 1 – 20 °С, 2 – 30 °С, 3 – 40 °С, 4 – 50 °С, 5 – 60 °С.

Аналізуючи рис. 1 можна відзначити спостереження позитивного ефекту впливу електромагнітного поля на процес виділення фосфатидів. З сімейства кривих видно, що кількість та час видалення фосфатидів без використання електромагнітного поля менша на 15 %.

Порівнюючи проведення процесу гідратації з напруженістю магнітного поля від 115 кА/м до 175 кА/м бачимо збільшення цих показників. Однак різниця в діапазоні 155 – 175 кА/м незначна. Тому визначаємо раціональну напруженість магнітного поля 155 кА/м.

З сімейства кривих рис.2 видно, що кількість та час видалення фосфатидів при зміні температури місцели збільшується прямо пропорційно збільшенню температури. Різниця між видаленням осаду, при мінімальній та максимальній температурі місцели, складає 15 %.

Порівнюючи проведення процесу гідратації з температурою місцели від 20 °С до 60 °С при напруженості магнітного поля 155 кА/м бачимо збільшення швидкості коагуляції та кількості осаду. Однак різниця в діапазоні від 50 °С до 60 °С незначна, тому визначаємо раціональну температуру місцели 55 °С. Також опираючись на отримані експериментальні залежності можна визначити раціональний час обробки електромагнітним полем.

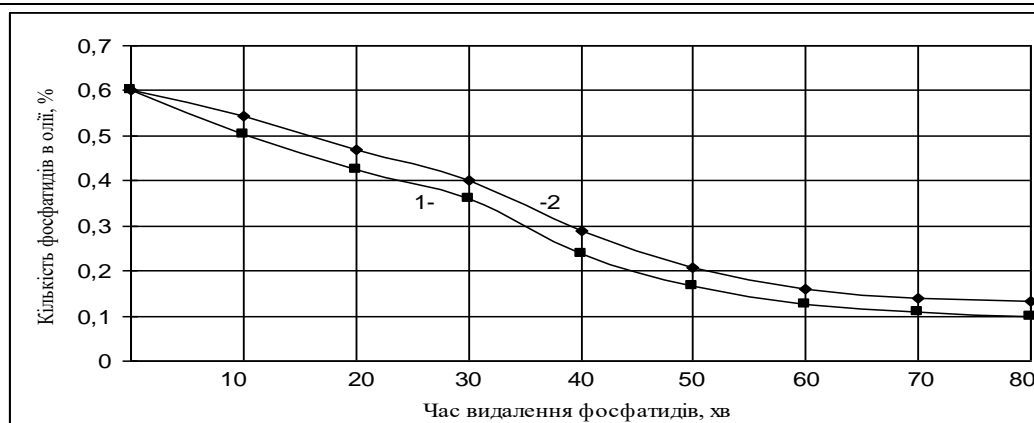


Рис. 3 Визначення часу видалення фосфатидів: 1 – з використанням електромагнітного поля; 2 – без використання електромагнітного поля.

З графіків наведених на рисунку 3 бачимо збільшення швидкості та кількості видалення фосфатидів при використанні електромагнітного поля з рекомендованими параметрами - напруженості магнітного поля 155 кА/м, температура місцели 55 °С, раціональний час проведення процесу складає одну годину.

Висновки.

1. Розроблено математичний опис, який характеризує вплив напруженості електромагнітного поля на місцелу у експериментальній установці в залежності від її геометричних розмірів
2. Створено конструкцію експериментальної установки гідратації олії з обробкою електромагнітним полем.
3. Наведена методика визначення ефективної полоси напруженості електромагнітного поля, температури місцели та часу гідратації рослинних олій;
4. Визначені рекомендовані технологічні параметри при яких спостерігається інтенсифікація процесу гідратації рослинних олій за допомогою використання електромагнітного поля.

References

1. Brian, R. O' (2007) Giry and oils. Production, composition and properties, application. trans. from English 2nd ed. V. D. Shirokova, D. A. Babekenkoy, N. S. Selivanova, N. V. Magly - St. Petersburg: Profession., 752
2. Harutyunyan, N.S., Kornen, E.P., Nesterova, E.A. (2004) Refining oils and fats. Theoretical foundations, practice, technology, equipment. SPb.: GIORD, 288
3. Elena Roselló-Sotoa, Mohamed Koubaab, Amine Moubarikc, Rita P. Lopesd, Jorge A. Saraivad, Nadia Boussettab, Nabil Grimib, Francisco J. Barbaa. (2015) Emerging opportunities for the effective valorization of wastes and by-products generated during olive oil production process: Non-conventional methods for the recovery of high-added value compounds. Trends in Food Science & Technology. Volume 45, Issue 2, 296-310
4. Francisco J.Barbaa, Oleksii Parniakovb, Sofia A. Pereirac, Artur Wiktord, Nabil Grimib, Nadia Boussettab, Jorge A. Saraivac, Javier Rasoe, Olga Martin-Bellosof, Dorota Witrowa-Rajchertd, Nikolai Lebovkabg, Eugène Vorobievb. (2015) Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. Food Research International. Volume 77, Part 4, 773-798
5. Isabel Odriozola-Serrano, Ingrid Aguiló-Aguayo, Robert Soliva-Fortuny, Olga Martín-Belloso. (2013) Pulsed electric fields processing effects on quality and health-related constituents of plant-based foods. Trends in Food Science & Technology. Volume 29, Issue 2, 98-107
6. Mahnič-Kalamiza S, Vorobiev E, Miklavčič D. (2014) Electroporation in food processing and biorefinery. The Journal of Membrane Biology, 247(12):1279-1304
7. Natreba, A. A., Gladky, F. F., Sadovnichy, G. V., Shkalyar, T. G. (2014) The use of the electromagnetic field in the process of freezing sunflower oil. Herald Nat. tech. Un-that "KPI": Sat. scientific tr. Theme Vol.: Innovative research in the scientific works of students. - Kharkov: NTU "KhPI", 49 (1091), 3-14.
8. Igolkin, B. I., Vasilyeva, L. K., Vasipov, V. V., Rebane, K. Yu., Mehdiyev, B. C.. (2011) The electrical conductivity of vegetable oils, depending on the temperature and frequency of electromagnetic oscillations Scientific and Technical Bulletins of St. Petersburg State Polytechnical University, 2, 278 - 282.
9. Nasretdinov, E. S., Rakhimov, R. B., Komilov, M. Z. (1998) Characteristics of the electromagnetic field. Storage and processing of agricultural raw materials. 2, 20-21.