

Д. В. МАТЮХОВ, ст. викл., НТУ "ХПІ"

ПОШУК ТА ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗЧИННОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ЕТИЛОВОМУ СПИРТІ

Встановлено, що в діапазоні температур від +50 °С до -30 °С залежність розчинності соняшникової олії у концентрованому етанолі носить експоненційний характер. Для вказаного температурного діапазону отримано математичну модель для розрахунку розчинності соняшникової олії у спиртах концентрації від 94,0% до 99,6%. Вдалося досягти вмісту олії у етанолі меншого за 0,5%

Ключові слова: розчинність, соняшникова олія, етанол, математична модель, спиртова екстракція, місцела, охолодження.

Вступ. В роботі розглядається питання кількісної оцінки розчинності основних речовин соняшникової олії у концентрованому етиловому спирті за низьких температур, що має практичне значення для технології спиртової екстракції, а саме для стадії регенерування розчинника перед повторним його застосуванням [1].

Охолодження місцели до від'ємних за Цельсієм температур може бути перспективним для вирішення ряду задач, таких як: підвищення виходу олії, підвищення рушійної сили екстракції, отримання продуктів більш високої якості за рахунок зменшення часу перебування екстрактивних речовин в зоні підвищеної температури.

Аналіз останніх досліджень і літератури. Охолодження концентрованої місцели – відомий спосіб відокремити основну частину олії зі спирту, але при цьому значна її кількість залишається у розчині.

Відомі роботи, в яких досліджено розчинність олій в етилових спиртах, [2,3,4,5] зокрема, соняшникової олії, але нижня границя температурного діапазону складає +40 °С.

У роботах [6, 7] охолодження проводили до температури близько +10 °С. Але ці дослідження стосувалися соєвої олії. Новіших публікацій з питання розчинності соняшникової олії не існує.

Мета досліджень, постановка проблеми. Необхідним є доповнити дані з розчинності соняшникової олії від +40 °С і нижче до температур, за яких розчинність олії в спирті менше 1%.

Оскільки точні виміри за від'ємних температур потребують спеціального обладнання, у якості допоміжного методу пропонується застосувати прогностичні функції математичної моделі розчинності соняшникової олії.

Матеріали досліджень. Вихідні дані було отримано як особисто, так і з літературних джерел.

Раніше [8] автором цієї статті було отримано експериментально дані, щодо розчинності рафінованої дезодорованої соняшникової олії у етиловому спирті концентрації 99,6% мас. та 94,0 % мас. Дані зведено у таблицю нижче. Також вихідними даними були емпіричні залежності з [4]. Точність вимірювання у цьому випадку для концентрації етилового спирту становила 0,1% мас., для розчинності олії – 0,01 % мас., для температури – 0,01°С. Попри високу точність вимірювань дані були надані у вигляді графіків, створених вручну.

Результати досліджень. Отже на першому етапі роботи здійснили сканування

графіку джерела [4] (графік наведено на рисунку 1), далі зробили імпорт в програму AutoCAD, де за допомогою координатної сітки масштабу відповідного до точності вимірювання, отримали для найближчих з доступних концентрацій спирту (99,9% мас. та 95,4 % мас.) дві емпіричні функції у табличному вигляді. Дані також знаходяться у таблиці.

На другому етапі використовували альбом трендових ліній Microsoft Excel. Попередній аналіз дав змогу помітити, що кожну з двох функції можна описати щонайменше двома різновидами математичних залежностей. В області близької до необмеженої розчинності олії – прямою лінією, в іншій – експоненційною залежністю.

Відкидаючи послідовно точки праворуч, як такі, що не є необхідними, зважаючи на мету роботи, дійшли висновку, що для функції, яка відповідає розчину олії у 99,9 % етанолі для трьох точок (за аргументом 60, 50, 40 °С)

спостерігається найкраща достовірність апроксимації 0,999, а для розчину у 95,4 %-ому етанолі для шістьох точок (85, 80, 70, 60, 50, 40 °С) ця достовірність апроксимації дорівнює 0,994. Додання ще однієї точки різко погіршує достовірність апроксимації принаймні на декілька відсотків.

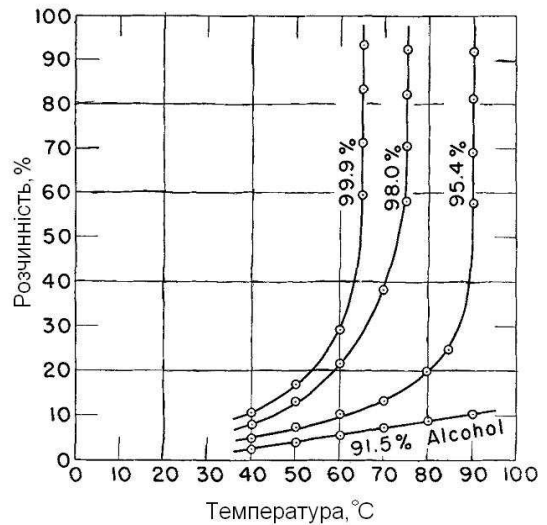


Рис. 1 – Літературні дані про розчинність соняшникової олії

Таблиця - Вихідні дані для отримання математичної моделі розчинності олії

Літературні дані з розчинності соняшникової олії[4]				Авторські дані з розчинності [8]		Температура помутніння місцел [8]	
Конц. сп. 99,9 %		Конц. сп. 95,4%		Конц. сп. 99,6%		Конц. сп. 99,6%	
t, °C	P, %	t, °C	P, %	t, °C	P, %	t, °C	P, %
40,00	10,34	40,00	4,82	20,0	5,0	-13,0	1,0
50,00	16,90	50,00	7,06	-2,0	2,0	-20,0	0,5
60,00	28,99	60,00	10,10	Конц. сп. 94,0%		-35,0	0,25
65,10	59,49	70,00	12,91	t, °C	P, %	Конц. сп. 94,0%	
65,16	71,01	80,00	19,66	20	0,76	t, °C	P, %
65,30	83,04	84,74	24,55	13	0,60	-13,0	0,075
65,36	93,00	90,20	57,49	-7	0,29	-40,0	0,15
		90,30	68,99				
		90,43	80,97				
		90,63	91,64				

Проте для місцели у 99,9 %-вому етанолі достовірність прогнозу методом екстраполяції в бік від’ємних температур не є прийнятною з причини малої кількості точок у функції.

Далі було вирішено сумістити дані, отримані експериментально для місцел на спиртах концентрації 99,6 % мас. та 94% мас. в діапазоні від +20 до -7 °С, з даними для цих же концентрацій від 40 до 60-ти °С, які планувалось отримати шляхом інтерполяції і екстраполяції. В якості інтерполяційно- екстраполяційної моделі

вирішено було використовувати поліноміальні рівняння, отримані шляхом обробки літературних даних за планом ПФЕ. Для підвищення точності розрахунку було отримано два рівняння, одне для діапазону 40-50 °С. (1), інше - для діапазону 50-60 °С (2).

Таким чином отримали графік (рис. 2), який використовувався для екстраполяції в зоні від'ємних температур.

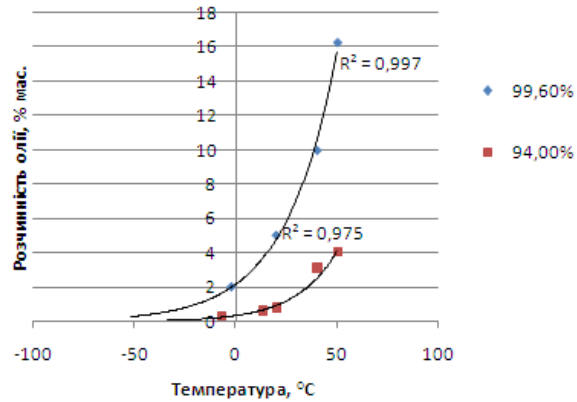


Рис. 2 - Розчинність соняшникової олії за термостатичними даними

$$P1 = 244,17 - 2,60 \cdot K - 8,91 \cdot T + 0,096 \cdot K \cdot T \quad (1)$$

$$P2 = 742,72 - 7,87 \cdot K - 18,88 \cdot T + 0,2 \cdot K \cdot T \quad (2)$$

У формулах (1, 2) К – Концентрація етанолу,%; Т – температура, °С.

Наступним етапом було додання до табличної емпіричної функції вузлів, які були визначені як температури помутніння модельних місцел, отриманих методом розведення [8]. Точність визначення температур була невелика, похибка вимірювання досягала 5 °С, однак для перевірки прогнозу ці дані були корисними.

Прогнози, отримані за графіком на рис. 2 порівняли із даними графіку, який доповнили точками визначеними через помутніння місцел (рис.3). При цьому достовірність апроксимації суттєво не змінилася.

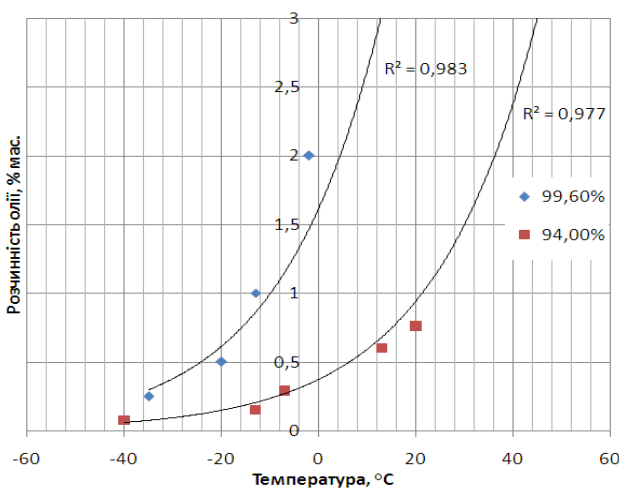


Рис.3 - Криві розчинності після додання до функції температур помутніння

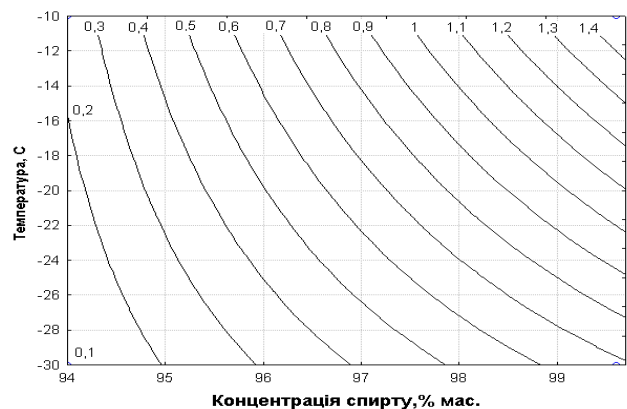


Рис.4 - Розчинність соняшникової олії як функція температури і концентрації етилового спирту

З двох варіантів значень розчинностей були обрані найгірші з точки зору очікувань технології. За ними була створена математична модель (план ПФЕ), яка б дозволила визначати розчинність соняшникової олії в діапазоні температур від -10 до -30 °С. та в діапазоні концентрацій спирту від 94,0 до 99,6%.

Математична модель представлена на рис. 4 та рівнянням (3)

$$P3 = -26,04 + 0,28 \cdot K - 0,55 \cdot T + 0,006 \cdot K \cdot T \quad (3)$$

Висновки. Встановлено, що для температур від +50 °С до -30 °С залежність розчинності соняшникової олії в абсолютованому етанолі носить експоненційний характер. Додання до емпіричної функції вузлів, отриманих шляхом вимірювання температур помутніння місцел в діапазоні від 0 °С до -30 °С підтвердило надійність прогнозування. Достовірність апроксимації емпіричної функції з 7-ми вузлів складає від 0,977 до 0,983. Отримано математичну модель для розрахунку розчинності соняшникової олії у концентрованому етанолі в діапазоні від'ємних температур. Шляхом охолодження модельної місцели на абсолютованому етанолі до температури -30 °С можливо досягти вмісту ацилгліцеринів у ній менше за 0,5 %. Подальші дослідження очікуються в галузі визначення економічної ефективності розділення місцел охолодженням, оптимізації, розробки технічних рішень.

Список літератури 1. Демидов И. Н. Использование этанола в масложировой промышленности / И. Н. Демидов // Олійно-жировий комплекс. – 2004. – № 1. – С. 21 - 23. 2. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. I. Solubilities of Cottonseed, Peanut, Sesame, and Soybean Oils in Aqueous Ethanol / K. R. Rama, M. G. Krishna, S. H. Zaheer, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1955. – Vol. 32. – pp. 420-423. 3. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. II. Solubilities of Corn, Linseed, and Tung Oils in Aqueous Ethanol / K. R. Rama, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1956. – Vol. 33. – pp. 82-84. 4. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. III. Solubilities of Babassu, Coconut, Olive, Palm, Rapeseed, and Sunflower Seed Oils in Aqueous Ethanol / K. R. Rama, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1956. – Vol. 33. – pp. 389-391. 5. Rama K. R. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. V. Pilot Plant Extraction of Cottonseed by Aqueous Ethanol / K. R. Rama, L. K. Arnold // Journal of the American oil Chemists Society. – 1958. – Vol. 35. – pp. 277-281. 6. Regitanodarce M. A. B. Sunflower-seed oil extraction with ethanol / M. A. B. Regitanodarce, U. D. Lima // Journal of the American oil chemists society. – 1986. – № 63 (4). – pp. 428-428. 7. Вишнепольская Ф. А. Экстракция соевых семян этиловым спиртом / Ф. А. Вишнепольская // Труды всесоюзного научно-исследовательского института жиров. – 1967. – Вып 23. – pp. 131-143. 8. Матюхов Д. В. Обработка и анализ спиртовых мисцелл / Д. В. Матюхов, М. Ю. Осипова, И. С. Бродюк // Масложировой комплекс. – 2011. – № 4(35). – С. 32 - 34.

Надійшла до редколегії 04.06.2013

УДК 665.3

Пошук та використання математичної моделі розчинності соняшникової олії в етиловому спирті / Матюхов Д. В // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С. 152-155. – Бібліогр.: 8 назв.

Установлено, что в диапазоне от +50 °С до -30 °С зависимость растворимости подсолнечного масла в концентрированном этаноле носит экспоненциальный характер. Для указанного температурного диапазона получена математическая модель для расчета растворимости подсолнечного масла в спиртах концентраций от 94,0 % до 99,6%. Удалось достичь содержания масла в этаноле менее 0,5%. Рис. 3., табл. 1., Источников 8

Ключевые слова: растворимость, подсолнечное масло, этанол, математическая модель, спиртовая экстракция, мисцела, охлаждение

It is established that in the range from +50 °С to -30 °С dependence of solubility of sunflower oil in the absolutized ethanol has exponential character. For the specified temperature range the mathematical model for calculation of solubility of sunflower oil in alcohols of concentration from 94,0% to 99,6% is obtained. It was succeeded to reach the content of oil in ethanol less than 0,5%.

Keywords: solubility, sunflower oil, ethanol, mathematical model, alcohol extraction, miscella, cooling