

УДК 631.17:664.34

Ю. М. Куценко, доц., д-р техн. наук, Р. В. Кушлик, доц., канд. техн. наук
Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь

Дослідження якості соняшникової олії методом експрес-контролю

Робота присвячена вивченню можливості контролю якісних показників соняшникової олії неруйнівним ультразвуковим методом. Проведено експериментальні дослідження, встановлено залежність коефіцієнта поглинання ультразвуку від концентрації вологи в соняшниковій олії.
соняшникова олія, швидкість ультразвуку, коефіцієнт поглинання, дослідження

Ю. Н. Куценко, доц., д-р техн. наук, Р. В. Кушлик, доц., канд. техн. наук
Таврийский государственный агротехнологический университет, Мелитополь
Исследование качества подсолнечного масла методом экспресс-контроля

Робота посвящена изучению возможности контроля качественных показателей подсолнечного масла неразрушающим ультразвуковым методом. Проведены экспериментальные исследования, установлена зависимость коэффициента поглощения ультразвука от концентрации влажности в подсолнечном масле.
подсолнечное масло, скорость ультразвука, коэффициент поглощения, исследования

Постановка проблеми. У виробництві соняшникової олії зловоденними є питання підвищення якості продукції й удосконалення методів її контролю. Актуальність проблеми обумовлена: ослабленням державного контролю над якістю продукції, виникненням дрібних приватних виробників соняшникової олії, які не приділяють питанням якості належної уваги.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз методів, які застосовують для контролю якості соняшникової олії, показує, що вони мають ряд серйозних недоліків. Основні із них, це: довготривалість аналізів, аналізи дуже трудомісткі і потребують висококваліфікованих лаборантів, велика похибка при вимірюваннях.

Формулювання цілей статті. В статті розглянуто завдання продовження аналізу можливості контролю якості соняшникової олії ультразвуковим методом і проведення експериментальних досліджень на установці, описаній в роботі [4], аналіз зміни швидкості і коефіцієнта поглинання ультразвуку при зміні якісних показників соняшникової олії.

Основна частина. Акустичний метод є одним з ефективних експериментальних методів дослідження кінетичних властивостей рідин. При поширенні звукової хвилі змінюються тиск і температура у середовищі, що збурює його динамічну рівновагу. Процес встановлення рівноваги супроводжується дисипацією енергії хвилі, тобто поглинанням звуку. Таким чином, залежність коефіцієнта поглинання звуку від параметрів стану і частоти несе інформацію про характерні для даного об'єкту релаксаційні процеси та їхні молекулярні механізми.

Теорія поширення звуку в рідині ґрунтується на розв'язку рівнянь невірноваженої термодинаміки, які у випадку однокомпонентної ізотропної рідини мають вигляд [3]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\operatorname{div} \rho \vec{v}, \quad (1)$$

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = -\operatorname{grad} p + \eta_s \Delta \vec{v} + \left(\frac{1}{3} \eta_s + \eta_v \right) \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{v}, \quad (2)$$

$$\rho \frac{du}{dt} = \kappa \Delta T - p \operatorname{div} \vec{v} + 2\eta_s (\operatorname{Grad} \vec{v})^s : (\operatorname{Grad} \vec{v})^s + \eta_v (\operatorname{div} \vec{v})^2, \quad (3)$$

де ρ – масова густина;

\vec{v} – швидкість елементарного об'єму;

p – тиск;

η_s і η_v – відповідно коефіцієнти зсувної та об'ємної в'язкості;

u – питома внутрішня енергія;

κ – коефіцієнт теплопровідності;

T – температура.

До рівнянь (1...3) додають також рівняння

$$T \frac{ds}{dt} = \frac{du}{dt} - \frac{p}{\rho^2} \frac{d\rho}{dt}, \quad (4)$$

$$p = p(\rho, s), \quad (5)$$

$$T = T(\rho, s). \quad (6)$$

В задачах поширення звуку малої амплітуди систему (1...6) лінеаризують таким чином, що до уваги беруться лише відхилення першого порядку від початкового стану, який вважається термодинамічно рівноважним.

Розв'язок цієї системи рівнянь шукають у вигляді плоскої хвилі з частотою ω і хвильовим вектором \vec{k} , який, в загальному випадку, є комплексною величиною. У випадку, коли затухання звукової хвилі порівняно невелике

$$\alpha \ll \frac{\omega}{c}, \quad (7)$$

вираз для швидкості поширення c і коефіцієнта поглинання α має вигляд [3]

$$c = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s} = \sqrt{\frac{K_s}{\rho}}, \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{\omega^2}{2\rho c^3} \left[\frac{4}{3} \eta_s + \eta_v + \kappa \left(\frac{1}{C_v} - \frac{1}{C_p} \right) \right], \quad (9)$$

де K_s – модуль адіабатичної пружності, $K_s = \rho \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s$;

κ – коефіцієнт теплопровідності;

C_p та C_v – відповідно ізобарна та ізохорна теплоємності.

Як видно з формул (8) і (9), швидкість поширення звуку в цьому наближенні не залежить від частоти, а коефіцієнт поглинання пропорційний квадрату частоти.

Відомо, що соняшникова олія після її виробництва містить 94–95% олії і 5–6% супутніх речовин. Результати лабораторних досліджень кількох сортів олії, які у продажі на внутрішньому ринку України, показують, що й українські споживачі часто купують олію з неприродно високими домішками води та парафіну. Олія соняшникова повинна відповідати вимогам стандарту ДСТУ 4492:2005 «Олія соняшникова. Технічні умови» [2]. Основні органолептичні та фізико-хімічні показники олії соняшкової наведені у табл. 1 [2,5].

Таблиця 1 – Органолептичні та фізико-хімічні показники олії соняшкової нерафінованої холодного пресування першого віджиму

Назва показника	Характеристика показників олії		Метод випробування
	вищого гатунку	першого гатунку	
Прозорість	Прозоре без осаду		ГОСТ 5472
Смак та запах	Притаманні олії соняшкової без стороннього запаху, присмаку та гіркоти		ГОСТ 5472
Колірне число, мг йоду, не більше ніж	10	15	ГОСТ 5477
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	1,0	1,5	ДСТУ 4350, ГОСТ 5476
Пероксидне число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг, не більше ніж	3,0	6,0	ДСТУ ISO 3960, ГОСТ 26593
Масова частка фосфоровмісних речовин, %, у перерахунку на P ₂ O ₅	0,009	0,016	ГОСТ 7824
Масова частка нежирових домішок, %, не більше ніж	0,01	0,03	ДСТУ ISO 663, ГОСТ 5481
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше ніж	0,10	0,15	ДСТУ ISO 662
Віск та воскоподібні речовини	Відсутні		Згідно з додатком А ДСТУ 4492:2005
Ступінь прозорості, фем, не більше ніж	25		ГОСТ 5472

Одним із показників соняшкової олії є масова частка вологи. Для визначення концентрації вологи в соняшкової олії використовуються методи згідно з ДСТУ ISO 662:2004 Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту вологи та летких речовин (ISO 662:1998, IDT).

Згідно з цим стандартом встановлено два методи визначення вологи:

- метод А з використанням піщаної бані або електроплити;
- метод В з використанням термостата.

Суть даних методів полягає в тому, що проби нагрівають до температури 103±2°C до повного видалення вологи та летких речовин і визначають втрати її маси.

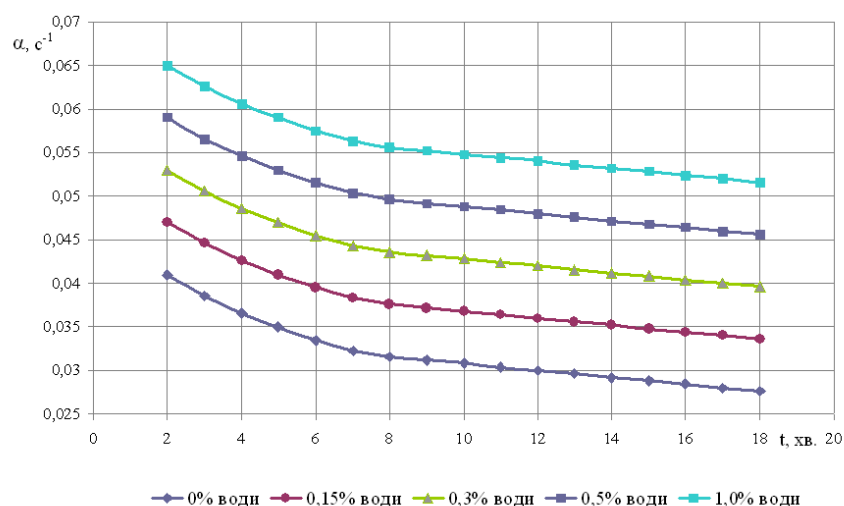
Недоліки цих методів – велика кількість обладнання та операцій; довготривалість проведення випробувань, необхідність у висококваліфікованих лаборантах.

Нами були проведені експериментальні дослідження з вивчення швидкості поширення і коефіцієнта поглинання ультразвуку в рослинній соняшниковій олії на установці, яка описана в роботі [4].

У табл.2 та на рис.1 представлені результати вимірювань коефіцієнта поглинання ультразвукових хвиль в зразках соняшникової олії в діапазоні ультразвукових частот 500 кГц – 5МГц з різною концентрацією води в зразках 0; 0,15; 0,3; 0,5; 1,0 мас. %.

Таблиця 2 – Результати дослідження та розрахунків

Час випробувань, хв.	$\alpha, \text{с}^{-1}$				
	0% води	0,15% води	0,3% води	0,5% води	1,0% води
2	0,041	0,047	0,053	0,059	0,065
3	0,0386	0,0446	0,0506	0,0566	0,0626
4	0,0366	0,0426	0,0486	0,0546	0,0606
5	0,035	0,041	0,047	0,053	0,059
6	0,0335	0,0395	0,0455	0,0515	0,0575
7	0,0323	0,0383	0,0443	0,0503	0,0563
8	0,0316	0,0376	0,0436	0,0496	0,0556
9	0,0312	0,0372	0,0432	0,0492	0,0552
10	0,0308	0,0368	0,0428	0,0488	0,0548
11	0,0304	0,0364	0,0424	0,0484	0,0544
12	0,03	0,036	0,042	0,048	0,054
13	0,0296	0,0356	0,0416	0,0476	0,0536
14	0,0292	0,0352	0,0412	0,0472	0,0532
15	0,0288	0,0348	0,0408	0,0468	0,0528
16	0,0284	0,0344	0,0404	0,0464	0,0524
17	0,028	0,034	0,04	0,046	0,052
18	0,0276	0,0336	0,0396	0,0456	0,0516

Рисунок 1 - Залежність $\alpha = f(t)$ для соняшникової олії

Аналізуючи залежність коефіцієнта поглинання ультразвуку від часу проведення експерименту, можна зробити висновок, що із збільшенням часу коефіцієнт поглинання ультразвуку зменшується до деякого встановленого значення. Даний процес пояснюється виходом бульбашок у верхню частину камери після приготування та інтенсивного перемішування зразка.

На рис.2 представлено залежність встановленого (кінцевого) значення коефіцієнта поглинання ультразвуку від концентрації води в соняшниковій олії.

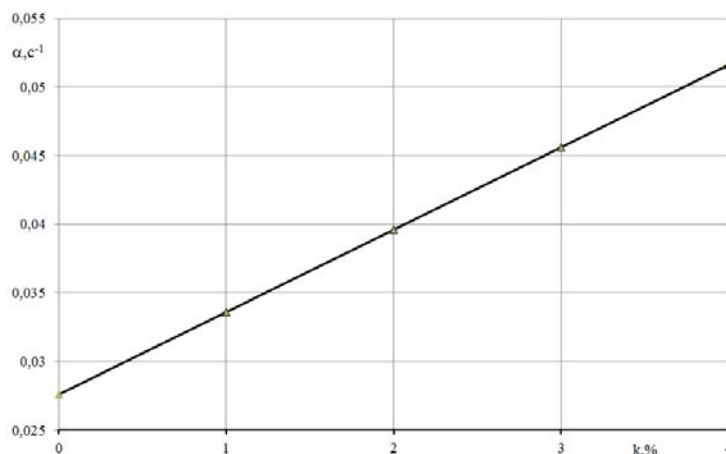


Рисунок 2 - Залежність $\alpha_{кин} = f(k)$ для соняшникової олії

Аналізуючи цю залежність, можна зробити висновок, що із збільшенням концентрації води в олії коефіцієнт поглинання збільшується. Залежність має нелінійний характер

$$y = 0,0283 \cdot e^{0,1557x} \quad (10)$$

Отримана залежність встановленого (кінцевого) значення коефіцієнта поглинання ультразвуку від концентрації води в соняшниковій олії може бути використана під час розробки акустичного експрес-методу контролю води в рослинних оліях.

Висновки:

1. Імпульсний ультразвуковий неруйнівний метод вимірювання швидкості ультразвуку і коефіцієнта поглинання у в'язких рідинах є одним із найбільш чутливих до молекулярної структури речовини і дозволяє отримати широку інформацію про її стан. Невеликі зміни в складі олії призводять до значних змін акустичних параметрів.
2. За результатами проведених експериментальних досліджень отримано залежності коефіцієнта поглинання ультразвукових хвиль від часу і концентрації води.
3. Кореляційно-регресивний аналіз вказує на достатньо високе значення зв'язку коефіцієнта поглинання ультразвуку від концентрації води в соняшниковій олії. Коефіцієнт детермінації дорівнює $R^2 = 0,9915$. Отримана залежність може бути використана під час розробки акустичного експрес-методу контролю води в рослинних оліях.

Список літератури

- 1 ДСТУ ISO 662:2004 Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту вологи та летких речовин [Текст] : научное издание. – Вид. офіц. Взамен Уведено вперше ; Введ. С 2006-01-01. - К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 6 с. – (Національний стандарт України).
- 2 ДСТУ ISO 4492:2005. Олія соняшникова. Технічні умови [Текст] : научное издание. – Вид. офіц. Взамін Уведено вперше ; Введ. С 2006-01-01. - К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 22 с. – (Національний стандарт України).
- 3 Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике/ Л. Бергман; под ред. В.С. Григорьева, Л.Д. Розенберг. – Москва: Изд-во иностранной Литературы, 1957. – 726 с.
- 4 Ультразвуковий експрес-метод контролю наявності води і паливних фракцій в моторних оливах / Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Микитенко О.В., Кушлик Р.Р. // Науково-технічний журнал «Методи та прилади контролю якості» Випуск № 22. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. м. Івано-Франківськ, 2009 р.
- 5 Актуальные вопросы управления качеством растительного масла//Т.В. Пилипенко, Л.П. Нилова, Н.В. Науменко, В.С. Мехтиев/Весник ЮУрГУ, №28. – С. 183-188. [Електронний ресурс] : - Режим доступу <http://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-voprosy-upravleniya-kachestvom-rastitelnogo-masla>.

Yuriy Kutsenko, Roman Kushlyk

Taurian State Agrotechnical University, Melitopol

Research quality sunflower oil control by express

The paper is dedicated to studying the possibility of quality parameters control of sunflower oil by means of nondestructive ultrasonic method. Moisture content is one of the indicators of sunflower oil quality. To determine the concentration of moisture in sunflower oil we use methods according to DSTU ISO 662:2004 Animal and vegetable fats and oils - Determination of moisture and volatile matter content (ISO 662:1998, IDT).

The acoustic method is one of the effective experimental methods for assessment of the kinetic properties of the liquids. We have conducted a study on the propagation of velocity and absorption coefficient of ultrasound in vegetable sunflower oil in experimental setup . We obtained results of measurements of the absorption coefficient of ultrasonic waves in samples of sunflower oil in the range of ultrasonic frequencies 500 kHz - 5 MHz at different concentrations of water in samples 0; 0.15 ; 0.3 ; 0.5; 1.0 wt. %.

The dependence of the absorption coefficient of ultrasound on the concentration of moisture in sunflower oil is determined on the ground of obtained data.

Correlation - regression analysis indicates a sufficiently high value of the relation between absorption coefficient of ultrasound and concentration of water in sunflower oil. The coefficient of determination is $R^2 = 0,9915$. This dependence can be used in design of acoustic express method of water control in vegetable oils.

conyashnykova oil, speed of ultrasound absorption coefficient, research

Одержано 28.04.14