

УДК 542.85; 665.765

*К.І. Кузьменко, студент гр. ПН-61-1, М.І. Харченко, студент гр. ПН-71мн,
Потебенько О.С. студент гр. ПНз-61,
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Анотація. В роботі представлено методику визначення змін спектру люмінесценції різних сортів соняшникової олії за рахунок одночасного вимірювання довжини хвилі і потужності випромінювання. Були проведені виміри на прикладі чотирьох сортів олій отриманих на різних етапах технологічного процесу переробки олії соняшникової рафінованої вимороженої дезодорованої марки П. В процесі вимірювань було встановлено залежність спектру люмінесценції від умов технології виготовлення та фізико-хімічних показників соняшникової олії.

Ключові слова: соняшникова олія, світлодіоди, вимірювачі спектру, люмінесценція, випромінювання, УФ-спектрометр.

ВСТУП

Соняшникова олія є одним із найбільш важливих джерел рослинних жирів для організму людини. Саме з неї ми отримуємо такі елементи як лінолева кислота (46-62% по масі), що належать до незамінних жирних кислот. У загальному експорті рослинних олій в Україні соняшникова олія становить 40%-47% (по різних статистичних публікаціях) [1], що має вагомий внесок у внутрішню та зовнішню економіку країни. Контроль характеристик соняшникової олії, різного сортового складу, на виробництві сьогодні відбувається в лабораторіях що присутні у складі комбінатів по переробці соняшникової олії.

Малі виробництва частіше використовують малогабаритне автономне сертифіковане обладнання, що використовується лише при перевірці продукції на виході певного технологічного процесу. Відсутність методів контролю (в режимі реального часу) саме під час поточних процесів виробництва соняшникової олії може мати такі негативні наслідки як списання партії продукції, або до переведення її в нижчий клас, що призводить до збитків конкретного підприємства.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Для вирішення завдання контролю за технологічним процесом виготовлення та переробки олії соняшникової різного хімічного складу нами було запропоновано сучасні оптичні модулі неруйнівного контролю які використовують фізико-хімічні методи експрес-діагностики.

Головною ознакою малогабаритних датчиків є використання сучасної елементної бази для їх виготовлення та програмної обробки для отримання результатів. Було проведено огляд найбільш актуальних параметрів, вибрані аналоги, визначено об'єкт та предмету досліджень, а саме головне, були проведені досліди з реальними оліями, які нам запропонували українські виробники.

За основу методу контролю взято можливість збудження рідини за допомогою потужних УФ світлодіодів в області 365-385 нм, які викликають збудження люмінесценції у об'єкту дослідження, проходячи через оптичну

фокусуючи систему для потрапляння максимальної кількості збуджуючого випромінювання на досліджувану речовину. За допомогою об'єктива квантовий вихід люмінесценції проходить до фотоприймача та АЦП (аналогово-цифрового перетворювача), які потім передають отриманні данні на комп'ютер. Блок схема вимірювача представлена на рис.1.

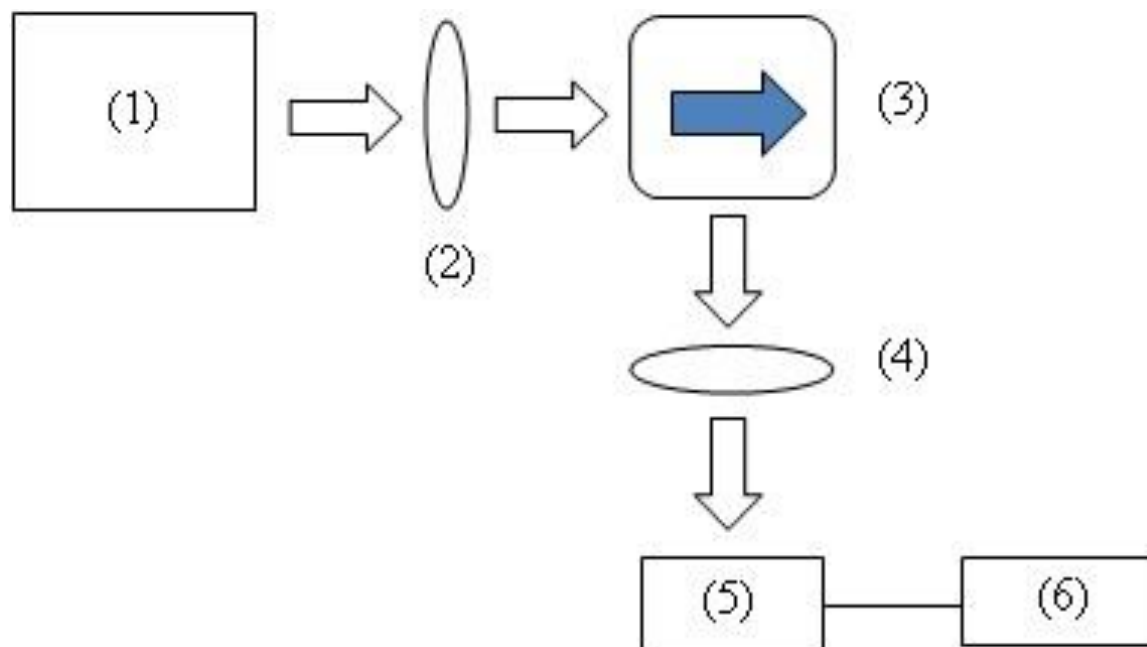


Рис.1. Функціональна схема малогабаритного люмінесцентного вимірювача: 1-світлодіод серії LTPL 10 Вт; 2- оптична формуюча система; 3-кварцева кювета; 4-світлофільтр СЗС-21 (обрізувачі фільтри ОС-11, ОС-12, ОС-13, ОС-14); 5-фотоприймач; 6-пристрій реєстрації аналогового сигналу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основною метою дослідження є розробка експрес-методу контролю складових компонентів соняшникової олії. До завдань аналізу входить порівняння форм спектрів складу досліджуваної суміші, що дає високу точність вимірюваних результатів – мінімальна різниця між спектральними лініями досягає 1%, що є достатнім для контролю за процесами. Так, саме порівняльна залежність вихідної потужності сигналу вимірювальної інформації від нормованого значення (для конкретної речовини в соняшниковій олії) дозволяє в режимі реального часу проводити контроль відхилень показників соняшникової олії по певному параметру від нормального значення. Подальше калібрування олії по вибраних показникам – визначення компонент відповідальних за піки у спектрі люмінесценції в системі координат «довжини хвиль – інтенсивність випромінювання» дає можливість, наприклад, оцінювати оптимальну кількість вітаміну А, піногасника та інших добавок при виробництві соняшникової олії.

Перевага даного методу реєстрації полягає в тому, що для вирішення багатьох технологічних завдань сьогодні можливо використання сучасного метрологічного обладнання безпосередньо під час виробництва. Ці фактори дають змогу не лише контролювати технологічний процес під час переробки

соняшникової олії, а й витратити для цього мінімум зусиль і ресурсів. На рис.2 наведено спектри люмінесценції напівфабрикатів соняшникової олії після окремих етапів виробництва. На графіках добре видно залежність інтенсивності люмінесценції в умовних одиницях від динамічного діапазону вимірювань на різних довжинах хвиль.

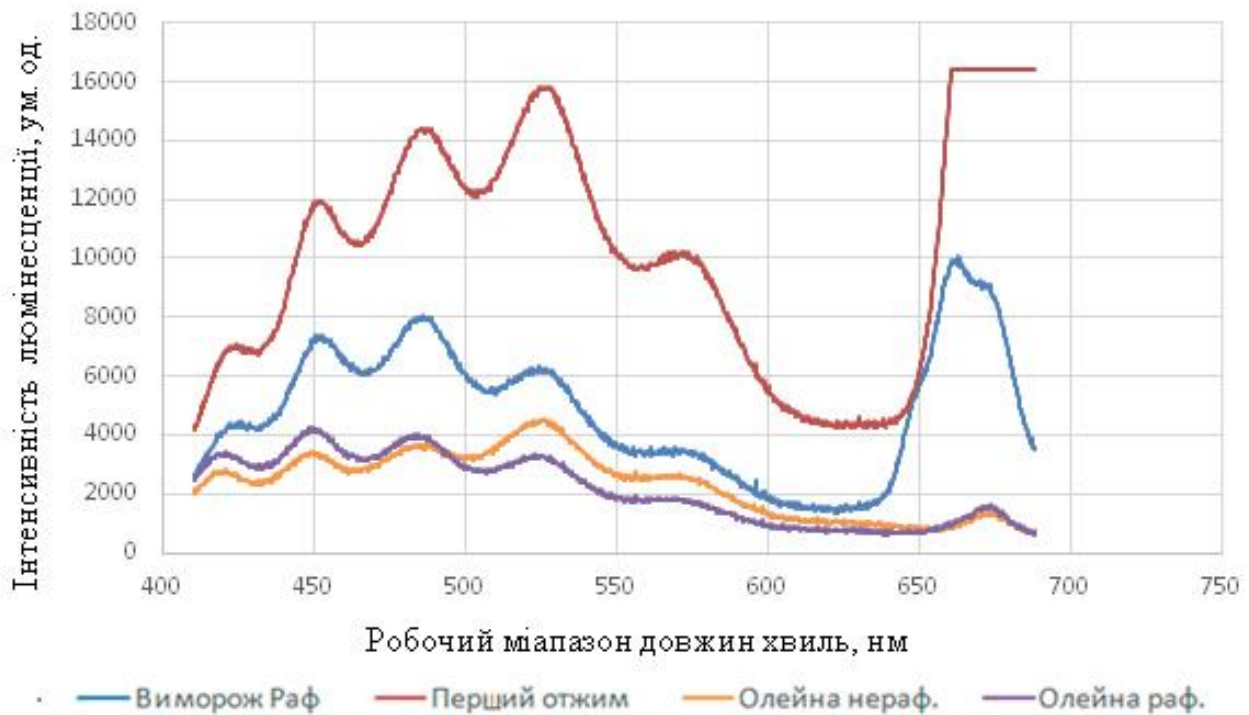


Рис.2. Ідентифікація олій за спектром люмінесценції виготовлених за різними технологіями: виморожена рафінована, першого віджиму, нерафінована.

На графіку показано як різні технологічні процеси можуть змінювати склад олії від соняшникової олії першого віджиму (найвищий рівень люмінесценції що відповідає вмісту «важких» включень в олії – воски, стерини, фосфоліпіди та ін.), до повністю завершеного продукту, що пройшов послідовні стадії екстракції, виморожування, рафінації, дезодорування, – який ми зустрічаємо на полицях магазинів – олію соняшкову рафіновану виморожену дезодоровану (нижчий рівень).

Абсолютна чутливість люмінесцентного методу досить висока. Відносна концентрація речовини може бути малою – для яскраво люмінесціюючих речовин вона становить величину порядку 10^{-9} г/кг [2]. Даний метод застосовують для кількісного визначення поліциклічних органічних сполук, вітамінів, білків, нітратів, сульфідів, ціанідів, токсичних металів у складі харчових продуктів (молоці, м'ясі та рибі), для діагностики псування овочів, плодів і виявлення в продуктах консервантів, лікарських препаратів, канцерогенних речовин та ін. [3].

Встановлення методичної основи розробки вимірювального обладнання що визначає квантовий вихід люмінесценції $\Phi(f)$ хімічних сполук різної хімічної будови можна провести двома абсолютними методами з комплементарними

принципами вимірювань: тут оптична спектроскопія використовується для ідентифікації типу хімічної досліджуваної речовини в зразку (сканування по спектрам відбувається досить повільно, але має при цьому досягається висока роздільна здатність), в той же час люмінесцентна УФ-спектрофотометрія використовується в якості експрес-методики для визначення концентрацій відомих типів хімічних сполук в розчинах по їх квантовому виходу люмінесценції [4]. Для оцінки агрегаційних спотворень вимірюваних квантових виходів люмінесценції та процедур для надійного розгляду таких ефектів, порівняння доцільно проводити в етанолі та у воді з використанням різних концентрацій досліджуваних контрольних та зразкових сполук [5]. Не потрібно проведення точних спектральних вимірювань швидко протікаючих процесів, а потрібно виміряти інтенсивність флуоресценції при збудженні і реєстрації в відносно широкій області спектру (10 ± 1 нм), то можна використовувати найпростіший флуориметр зі світлофільтрами. При вимірі люмінесценції істотним є вибір світлофільтрів, необхідних для виділення спектру, що збуджує люмінесценцію, і обрізання виходу люмінесценції [6].

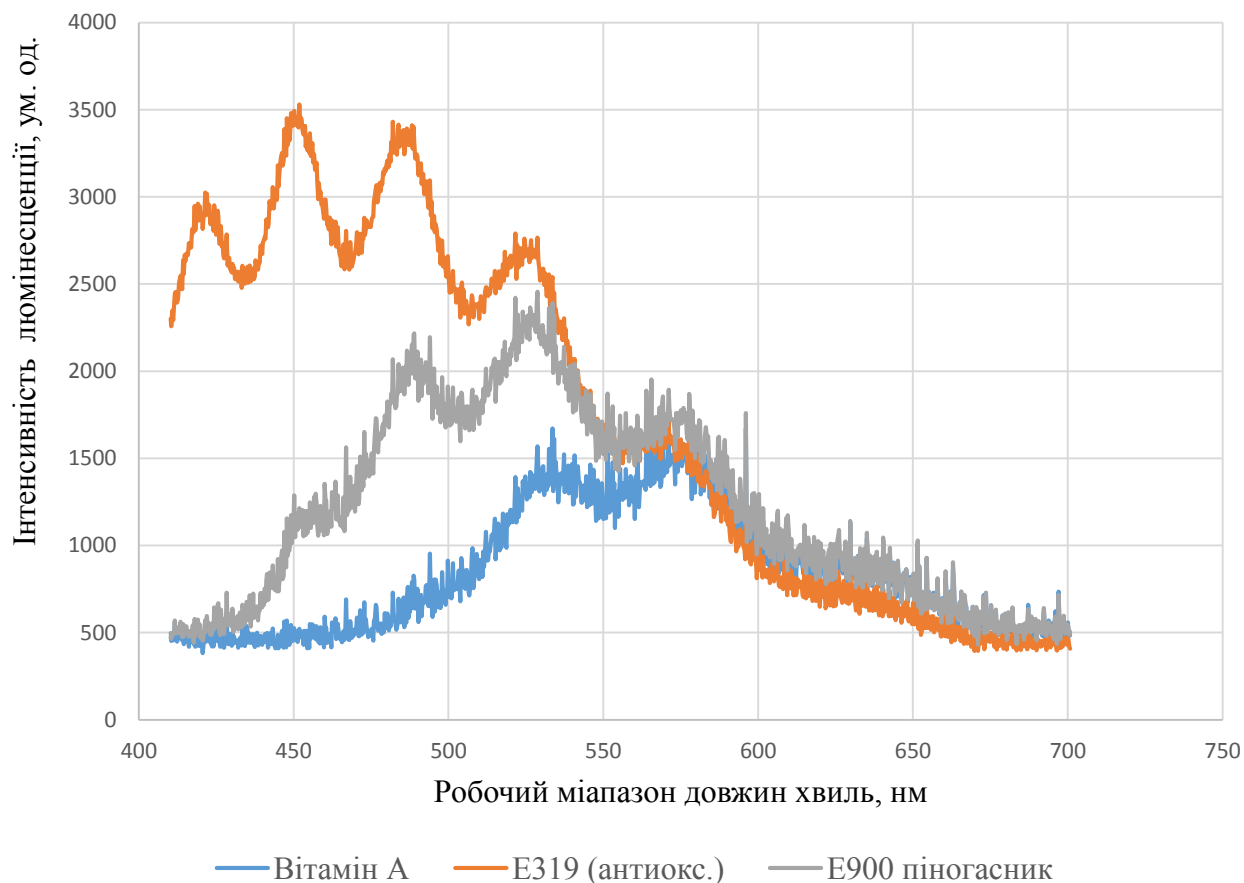


Рис.3. Характеристичні спектри харчових домішок в соняшниковій олії.

На цьому графіку чітко видно відмінності спектрів харчових домішок у соняшниковій олії, що дозволяє проводити вимірювання відносного вмісту даних компонентів у соняшниковій олії на різних етапах її виробництва.

ВИСНОВКИ

Розглянуті в даній роботі методи і засоби контролю фізико-хімічних показників соняшникової олії на різних етапах її виробництва дозволяють проводити контроль інформативних показників соняшникових олії різного хімічного складу та сортових якостей в умовах реального часу технологічних процесів її виготовлення. В подальшому планується розробка калібрувальних графіків для контролю відносного вмісту харчових домішок в соняшниковій олії із формуванням зворотного зв'язку, що дозволить технологам конкретного виробництва контролювати показники соняшникової олії на певному етапі виробництва в допустимих межах, та у випадку виходу граничні показники – проводити зміни у технологічних процесах виробництва. Важливим етапом даного процесу розробки є формування електронної бази даних типових відгуків досліджуваних хімічних сполук різних концентрацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
- [2] Защепкіна Н.М. Вибір експрес методик аналізу кількісних та якісних параметрів продуктів харчування із застосуванням УФ-випромінювання. /Н.М. Защепкіна, О.А. Наконечний// Вісник НТУ «ХП». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Х. : НТУ «ХП», 2016. – Т.1. – № 3(62). – С. 155-161.
- [3] Лукин С.Б., Демин Р.Е. Исследование возможности диагностики качества мясных продуктов на основе спектров люминесценции. /С.Б. Лукин, Р.Е. Демин// Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2004. – №12. – С. 172-175.
- [4] Дрозд А. В. Внутрішньолабораторна перевірка якості спектрофотометричних вимірювань / А. В. Дрозд, Н. О. Леонова, О. С. Каліненко // Метрологія та прилади.– 2010. – № 5 (25). – С. 62–66.
- [5] Niki K., Kiso Y., Takeuchi T. et al. // Analytical Methods. – 2010. – V. 2. – P. 678-683.
- [6] Valeur, B.; Berberan-Santos, M.N. Molecular Fluorescence: Principles and Applications, 2nd ed.; Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2013, p 138-142.

Наук. керівник – к.т.н., ст. вик. Таранов В.В.

