

Мироненко Л.С.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Тимченко В.К.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Перевалов Л.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Яковлева І.М.

ДП «Харківстандартметрологія»

Арутюнян Т.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ ОЛІЇ З НАСІННЯ САФЛОРУ, АДАПТОВАНОГО В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Статтю присвячено дослідженню перспективної для України малопоширеної культури сафлору, колекцію якого розроблено в Інституті олійних культур НААН. У статті наведено системне дослідження джерел інформації щодо узагальнення наукових даних, які характеризують сафлорову олію як джерело незамінної лінолевої кислоти, вітамінів, фітостеринів. Показано, що опубліковані результати попередніх досліджень часто мають розрізнений та суперечливий характер, а для вітчизняних сортів сафлору і олії з неї досліді практично не проводились.

У статті досліджуються структурні показники сафлорової олії з насіння сорту Лагідний, адаптований до умов Східного Лісостепу. Вперше із застосуванням сучасних хроматографічних методів визначено склад жирних кислот, ацилгліцеринів, стеринової фракції неомилених речовин, вміст вітамінів А та Е. Показано, що основними жирними кислотами олії із сафлору сорту Лагідний є есенціальна ліолева кислота (74,4%), олеїнова (15,1 %) та пальмітинова (7,2%). Усього ідентифіковано дев'ять жирних кислот. Ацилгліцериновий склад досліджуваної кислоти сафлорової олії представлено шістьма групами ацилгліцеринів, ідентифікованих за вмістом вуглецевих атомів: С 48 – 1,7%, С 50 – 20,2%, С 52 – 72,7%, С 54 – 4,1%, С 56 – 0,9%, С 58 – 0,4%. Проаналізовано стериніву фракцію неомилених речовин сафлорової олії. Показано, що фітостерини олії сафлору представлені такими ізомерами: 39,0% β -ситостерину, 12,9% стигмастерину, 6,4% кампестерину та 3,5 % брасикастерину. Вітаміни сафлорової олії – це вітамін А (2,3 м.о. в 1 г) та вітамін Е (32,2 мг, %).

Ключові слова: олія сафлорова, вітчизняні сорти, жирнокислотний склад, ацилгліцериновий склад, склад стеринової фракції, вітаміни.

Постановка проблеми. Основу вітчизняної колекції сафлору складають сорти Сонячний, Живчик, Лагідний, Добриня, які виведено в Інституті олійних культур НААН України (м. Запоріжжя) [1].

Попередніми дослідженнями [2, с. 64] було виявлено, що насіння сорту Лагідний в умовах вирощування Східного Лісостепу має найбільшу енергію проростання ($\approx 68,0\%$) і схожість ($\approx 77,0\%$) серед рекомендованих сортів, що є достатнім для практичних цілей. Технологічні властивості сафлору, зокрема висока олійність ($\approx 37\%$) та значний вміст есенціальної лінолевої кислоти у сафлор-

ровій олії (72,9%), підтвердили перспективність сафлору як олійної культури для Східного Лісостепу. Широкий світовий досвід використання сафлорової олії у харчових, косметичних, лікувально-профілактичних та кормових продуктах прискорює зростання комерційного інтересу до сафлору в Україні і зумовлює напрям відповідних наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільший інтерес з погляду цінності рослинної олії становить склад її жирних кислот та ацилгліцеринів. Практично всі дослідники сафлорової олії визначали її жирнокислотний склад

і відзначали його особливість – найвищий серед рослинних олій вміст лінолевої кислоти. У табл. 1 представлені дані щодо жирнокислотного складу сафлорової олії, одержаної дослідниками в районах вирощування сафлору [3, с. 205; 4, с. 1137; 5, с. 56; 6, с. 127; 7, с. 55; 8, с. 135].

Згідно з інформацією, що міститься у табл. 1, основними кислотами, ідентифікованими у складі сафлорової олії різних регіонів, є олеїнова (10,5–14,6%) та лінолева (69,3–78,5%) кислоти.

Слід зазначити, що за даними, викладеними у джерелі [9, с. 11], сафлорова олія містить до 0,7 мг/г кон'югованої лінолевої кислоти (КЛК). Це найбільше значення серед рослинних олій.

Зазначимо й інші структурні характеристики сафлорової олії. У складі неомиленої фракції сафлорової олії знайдено такі токофероли [6, с. 153]: 220–260 мг, % α -токоферолу; 10–20 мг, % β -токоферолу; 0–15 мг, % γ -токоферолу. Кількість стеролів у фракції складає 64,5–73,5%, сквалену – 0,004–0,007%.

За даними, що містяться у джерелі [10, р. 1135], вміст токоферолів у сафлоровій олії не перевищує 40 мг, %, що є дуже низьким. Є навіть відомості, що на відміну від інших рослинних олій замість вітаміну Е в ній міститься переважно γ -токотрієнол у кількості 0,8 мг, %.

Інші автори [11, р. 2278] стверджують, що у складі сафлорової олії є також вітамін К, похідні серотоніну, інулін. Є також відомості [10, р.1133] про наявність у ній 12,6 мг/л β -каротину.

Що стосується ацилгліцеринового складу олії з насіння сафлору, то ці дані знайдені тільки у давніх дослідженнях [6, с. 136; 12, р. 532] (дані наведені в табл. 2).

Слід зазначити, що ацилгліцериновий склад сафлорової олії сучасних сортів практично не досліджувався.

Постановка завдання. Метою наших досліджень є вивчення особливостей жирнокислотного, ацилгліцеринового і стеринного складу олії, одержаної з насіння сафлору сорту Лагідний, адаптованого до кліматичних умов Східного Лісостепу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- визначити склад жирних кислот олії з насіння сафлору сорту Лагідний;
- визначити ацилгліцериновий склад олії з насіння сафлору сорту Лагідний;
- визначити склад стеринової фракції олії з насіння сафлору сорту Лагідний;
- визначити склад вітамінів олії з насіння сафлору сорту Лагідний.

Таблиця 1

Жирнокислотний склад сафлорової олії різних регіонів

Найменування жирної кислоти	Масова частка жирної кислоти, %				
	Сорти Казахстану	Сорти Поволжя	Сорти Лісостепу	Відомі закордонні сорти	Відомі сорти країн СНД
Міристинова С 14:0	0,2	0,2	0,1	0,8	0,1
Пальмітинова С 16:0	6,8	6,3	7,7	10,7	6,8
Пальмітоолеїнова С 16:1	-	0,1	0,3	0,6	0,1
Стеаринова С 18:0	2,8	2,8	2,5	7,0	2,3
Олеїнова С 18:1	13,6	10,5	14,6	10,8	12,0
Лінолева С 18:2	76,0	78,5	73,8	69,3	77,7
Ліноленова С 18:3	0,2	0,7	0,4	0,2	0,4
Арахінова С 20:0	0,4	0,1	-	0,6	0,3
Гадолеїнова С 20:1	-	0,4	-	сліди	0,1
Бегенова С 22:0	-	0,4	0,4	-	0,2
Лігноцерінова С 24:0	-	-	0,2	-	-
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблиця 2

Ацилгліцериновий склад сафлорової олії

Джерело інформації	Масова частка ацилгліцеринів, %			
	тринасичених GS ₃	динасичених-мононасичених GS ₂ U	мононасичених-диненасичених GSU ₂	триненасичених GU ₃
[6, с. 136]	0	0	18,0	82,0
[12, р.532]	0	2,0	26,0	72,0

Виклад основного матеріалу дослідження. Жирнокислотний склад олії з насіння сафлору сорту Лагідний визначали методом газової хроматографії згідно з ДСТУ 5508 [13, с. 1–10] і ДСТУ 5509 [14, с. 1–8] у лабораторії хроматографічних досліджень ДП «Харківстандартметрологія». На рис. 1 зображена хроматограма жирнокислотного складу досліджених зразків сафлорової олії, у табл. 3 – кількісні результати цих випробувань.

Таблиця 3
Жирнокислотний склад олії сафлору з насіння сорту Лагідний

Найменування жирної кислоти	Масова частка жирної кислоти, %	Збіжність
Міристинова С 14:0	0,2	0,2% абс.
Пальмітинова С 16:0	7,2	3,0% відн.
Стеаринова С 18:0	2,2	0,2% абс.
Олеїнова С 18:1	15,1	3,0% відн.
Лінолева С 18:2	74,4	3,0% відн.
Ліноленова С 18:3	0,1	0,2% абс.
Арахінова С 20:0	0,3	0,2% абс.
Гадолейнова С 20:1	0,2	0,2% абс.
Бегенова С 22:0	0,3	0,2% абс.
Всього	100,0	

Представлені в табл. 3 дані свідчать про те, що в олії сафлору сорту Лагідний ідентифіковано дев'ять жирних кислот. Основною жирною кисло-

тою є кислота лінолева, масова частка якої сягає величини 74,4%. Виявлено також значну кількість олеїнової кислоти (15,1%) та пальмітинової кислоти (7,2%). Масова частка інших кислот не перевищує 1%.

Ацилгліцериновий склад досліджуваного зразка сафлорової олії визначали відповідно до міжнародного стандарту 28298 [15, с.1–9] газохроматографічним методом, який дозволяє ідентифікувати ацилгліцерини за числом вуглецевих атомів. Результати експериментальних досліджень представлено у табл. 4 та на рис. 2.

Таблиця 4
Ацилгліцериновий склад олії сафлору з насіння сорту Лагідний

Число вуглецевих атомів у ацилгліцерині	Масова частка ацилгліцерину, %	Збіжність
С 48	1,7	14,0% відн.
С 50	20,2	8,0% відн.
С 52	72,7	8,0% відн.
С 54	4,1	14,0% відн.
С 56	0,9	14,0% відн.
С 58	0,4	14,0% відн.

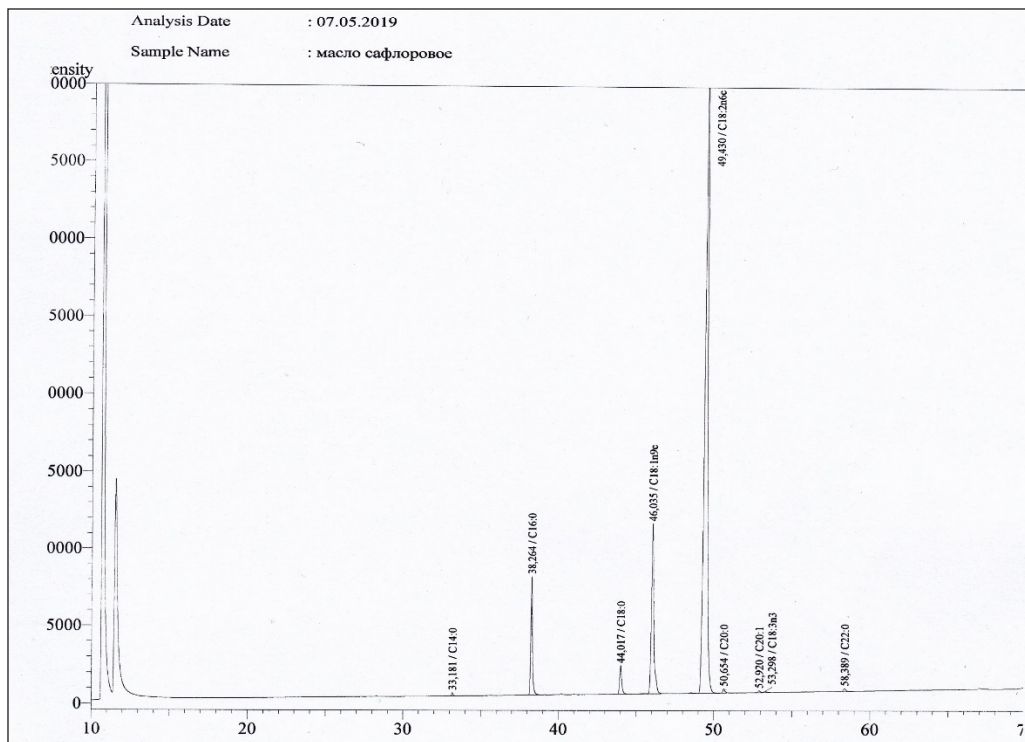


Рис. 1. Хроматограма жирнокислотного складу досліджених зразків сафлорової олії

Останнім часом дослідники все частіше використовують для ідентифікації рослинних олій метод визначення складу стеринової фракції неомилених речовин.

Газохроматографічне дослідження стеринової фракції неомилених речовин сафлорової олії, представлене на рис. 3, згідно з ДСТУ ISO 6799 [16, с. 1–6] виявило, що у складі фітостеролів є такі речовини: 39,0% β -ситостерину, 12,9% стиг-

мастерину, 6,4% кампастерину та 3,5% брасикастерину.

Згідно з нашими даними вітамінний склад досліджуваного зразка такий: вітамін А – 2,3 м.о. в 1 г, вітамін Е – 32,2 мг, %. Ці дані отримані відповідно до міждержавного стандарту ГОСТ 30417 [17, с. 1–12].

Висновки. Із застосуванням сучасних газохроматографічних методів одержано нові наукові

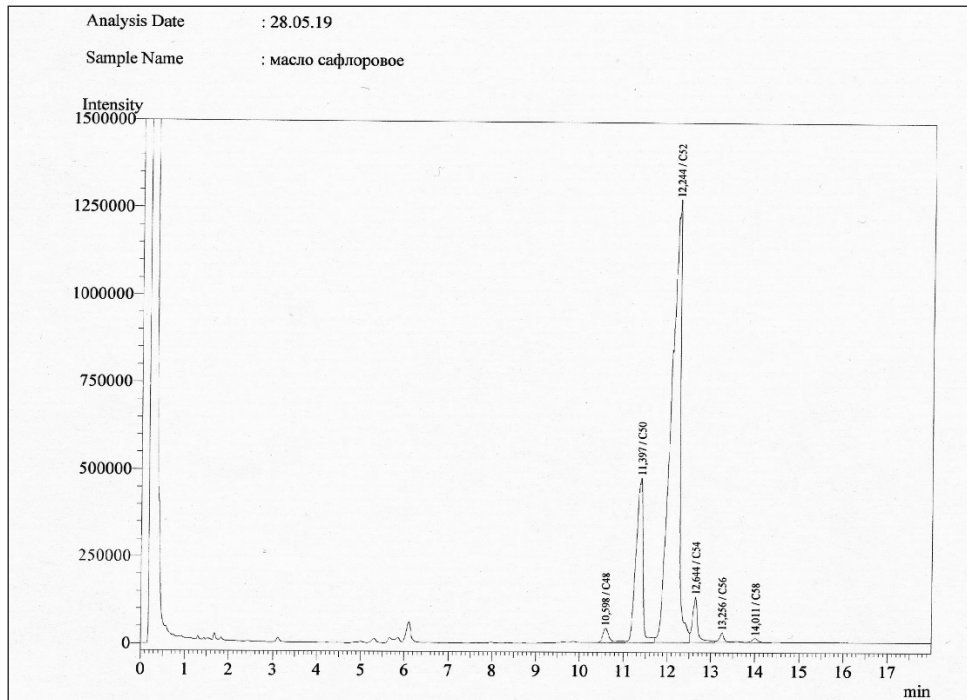


Рис. 2. Хроматограма ацилгліцеринового складу досліджуваного зразка сафлорової олії

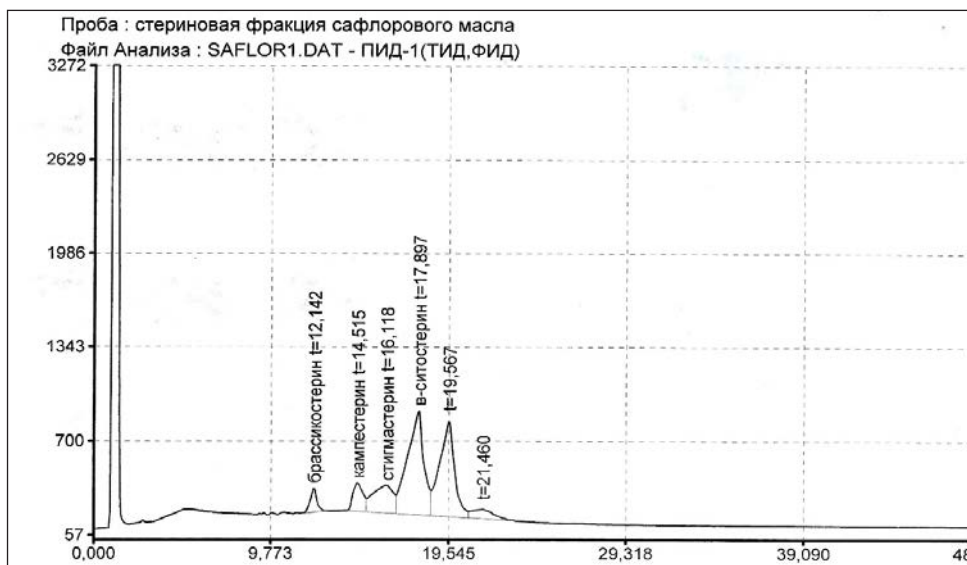


Рис. 3. Хроматограма дослідження стеринової фракції неомилених речовин сафлорової олії

дані щодо структурних показників сафлорової олії вітчизняного сорту Лагідний, а саме: стерінової фракції, вітамінів А та Е. Ці дані мають ознаку наукової новизни, тому що дослідження були виконані вперше в Україні.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначання показників безпеки (вміст токсичних елементів, пестицидів, мікотоксинів, бенз(а)пірену) сафлорової олії та її окиснювальної стабільності.

Список літератури:

1. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І.А. Шевченко та ін. ; Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя : Статус, 2017. 40 с.
2. Мироненко Л.С., Криштоп Є.А., Григорова Л.І., Тимченко В.К. Дослідження та аналіз технологічних властивостей насіння сафлору вітчизняних сортів. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. 2019. № 15. С. 61–65.
3. Алтайұлы С., Шагірова А., Муратхан М., Байгазов Н. Разработка инновационной технологии производства сафлорового масла. *Вестник Казахского агротехнического университета*. Астана : КАУ. 2018. С. 203–209.
4. Зубков В.В. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности. *Известия Самарского НЦ РАН*. 2014. Т.16. № 5 (3). С. 1135–1139.
5. Агротехника и химизация масличных культур : сборник научных трудов ВНИИ масличных культур. Краснодар, 1983. 112 с.
6. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под общ. ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Ленинград : ВНИИЖ, 1967. Т. 5. 501 с.
7. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / пер. с англ. Широковой В.Д., Бабейкиной Д.А., Селивановой Н.С. Санкт-Петербург : Профессия, 2007. 752 с.
8. Пузік В.К., Криштоп Є.А., Волощенко В.В. Вивчення жирнокислотного складу олії з насіння сафлору, культивованого в умовах Східного Лісостепу, та перспективи його використання. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Харків : ХНАУ, 2015. № 2. С. 133–141.
9. Ведмедева К.В. та ін. Характеристика колекції сафлору (*Carthamus Tinctorius L.*). Інститут олійних культур УААН. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур*. Запоріжжя, 2008. Вип.13. С. 10–16.
10. Patterson H.B.W. Handling and Storage of Oilseeds, Oils, Fats and Meal. *Elsevier Science*. Essex, 1989. P. 1135.
11. Velasco L., Fernandez-Martinez J.M. Registration of CR-34 and CR-81 Safflower Cermplasms with Increased Tocopherol. *Crop. Science*. 2004. Vol. 44. P. 2278.
12. Hilditch T.P. The Chemical Constitution of Natural Fats. London, 1964. 745 p.
13. ДСТУ ISO5508. Жири тваринні і рослинні та олії. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот. [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 10 с.
14. ДСТУ 5509. Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот. [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 8 с.
15. ГОСТ 28298. Заменители масла какао. Метод определения состава триглицеридов. [Введен 91-07-01]. Переиздания 02.2005. 9 с.
16. ДСТУ ISO 6799. Жири та олії. Тваринні і рослинні. Визначання складу стерінової фракції. Газохроматографічний метод. [Чинний від 2003-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 6 с.
17. ГОСТ 30417. Масла растительные. Методы определения массовых долей витаминов А и Е. [Чинний від 1999-01-01]. Москва, 1996. 12 с.

Myronenko L.S., Tymchenko V.K., Perevalov L.I., Yakovleva I.M., Arutiunian T.V. ANALYSIS OF SAFFLOWER SEED OIL STRUCTURAL INDICES, ADAPTED IN CONDITIONS OF THE EASTERN FOREST-STEPPE

Article is devoted to the study of safflower – rare culture, perspective for Ukraine. Safflower collection was developed at the Oil-bearing Crops Institute of NAAS. This article presents a systemic study of information sources concerning general conclusion of scientific data that characterize safflower oil as a source of essential linoleic acid, vitamins, phytosterols. It is shown that published findings of previously investigations are often disparate and contradictory, while for domestic varieties of safflower and safflower oil studies were practically not conducted.

This paper presents safflower oil structural indices of safflower variety Lagidnyi, adapted to conditions of Eastern Forest-Steppe. For the first time, by the use of modern chromatographic methods, composition of fatty acids, acylglycerols, sterol fraction of unsaponifiable substances, content of vitamins A and E were

determined. It have been shown that essential linoleic (74,4%), oleic (15,1%) and palmitic (7,2%) acids are main fatty acids of safflower oil variety Lagidnyi. In total, nine fatty acids were identified. The acylglycerin composition of observable acids in safflower oil is represented by six groups of acylglycerols identified by their carbon atoms content: C 48 – 1,7%, C 50 – 20,2%, C 52 – 72,7%, C 54 – 4,1%, C 56 – 0,9%, C 58 – 0,4%. Sterol fraction of unsaponifiable substances of safflower oil was analyzed. It have been shown that safflower oil phytosterols are represented by following isomers: 39,0% β -sitosterol, 12,9 % stigmasterin, 6,4 % campesterin, and 3.5 % brasicasterin. Safflower oil enclose such vitamins as Vitamin A (2,3 ppm in 1 g) and Vitamin E (32,2 mg, %).

Key words: safflower oil, domestic varieties, fatty-acid composition of oil, acylglycerin composition, composition of sterol fraction, vitamins.