

TECHNOLOGICAL MODES OF CRUCIFERAE OIL SEEDS PRESSING

Y. Shemanska, N. Machyn

National University of Food Technologies

Key words:

*Cold pressing
Camelina oil
Rape oil
Fatty acid composition
Tocopherols
Phytosterols
Polyunsaturated fatty acids*

Article history:

Received 12.12.2019
Received in revised form 23.12.2019
Accepted 15.01.2020

Corresponding author:

Y. Shemanska
E-mail:
shemanska@ukr.net

ABSTRACT

Relative analysis of quality parameters of camelina and rape oils, obtained in laboratory conditions by cold and hot pressing have been made in this work. The composition of fatty acids, the content of tocopherol isomers and the fractional composition of phytosterols of cold pressed oils were investigated.

Quality indicators of oils were determined by standard methods. The fatty acid composition was analyzed by gas chromatography. The determination of the composition of tocopherols was carried out by the method of high-performance liquid chromatography of the unsaponified lipid fraction. The composition of the sterol fraction was determined by gas chromatography.

It was shown, that cold pressing oils have better organoleptic characteristics and lower values of color, acid and peroxide indicators. The predominant content of the ω -9 and ω -3 classes and the low content of the ω -6 fatty acids were determined. The content of erucic acid responds to the food requirements and its amount was 0.8% in rapeseed oil and 2.7% in camelina oil. Cruciferous oils have a high content of tocopherols (59.6...98.7 mg %), among which α -tocopherol and β -tocopherol isomers dominate, which have pronounced vitamin and antioxidant properties. The major fraction of phytosterols in the studied oils is β -sitosterol, which is a cholesterol antagonist and its main role is to lower the concentration of low density lipoproteins in blood. Favorable ratio of ω -3: ω -6 polyunsaturated fatty acids, considerable content of tocopherols and phytosterols indicate high biological value of oils from modern rape varieties. Therefore, it is appropriate to use cold pressed camelina and rapeseed oils to obtain food products with a balanced fatty acid composition and to enrich nutrition of the population with essential fatty acids and biologically active substances.

ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ ПРЕСУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР РОДИНИ ХРЕСТОЦВІТИХ

Є. І. Шеманська, Н. В. Мачин

Національний університет харчових технологій

У статті проведено порівняльний аналіз технологій і показників якості рижієвої і ріпакової олій, які були одержані в лабораторних умовах методом холодного та гарячого пресування. Досліджено жирнокислотний склад, вміст ізомерів токоферолів і фракційний склад фітостеролів олій холодного пресування.

Показники якості олій визначали за стандартними методами. Склад жирних кислот досліджували за допомогою методу газової хроматографії. Визначення складу ізомерів токоферолів здійснювали методом вискоефективної рідинної хроматографії неомиленої фракції ліпідів. Визначення складу стеролової фракції проводили газохроматографічним методом.

Виявлено, що олії холодного пресування мають кращі органолептичні показники та нижчі значення колірного, кислотного і пероксидного чисел. Встановлено переважаючий вміст в оліях жирних кислот класів ω -9 та ω -3 та невисокий вміст жирних кислот класу ω -6. Вміст ерукової кислоти відповідає вимогам для харчових продуктів і становить 0,8% у ріпаковій олії та 2,7% — у рижієвій олії. Олії родини хрестоцвітих мають підвищений вміст токоферолів (59,6...98,7 мг %), серед ізомерів переважають α -токоферол та β -токоферол, які володіють вираженими вітамінними й антиоксидантними властивостями. Основною фракцією фітостеролів у досліджуваних оліях є β -ситостерол, який є антагоністом холестерину та знижує концентрацію ліпопротеїдів низької щільності в крові. Сприятливе співвідношення ω -3: ω -6 поліненасичених жирних кислот та значний вміст токоферолів і фітостеролів свідчить про високу біологічну цінність олій. Отже, доцільним є використання олій рижією та ріпаку холодного пресування для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення есенціальними жирними кислотами і біологічно активними речовинами.

Ключові слова: холодне пресування, рижієва олія, ріпакова олія, жирнокислотний склад, токоферолі, фітостеролі, поліненасичені жирні кислоти.

Постановка проблеми. Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених показали, що при оцінюванні харчової цінності жирів поряд зі співвідношенням насичених, моно- і поліненасичених жирних кислот необхідно також враховувати баланс поліненасичених жирних кислот класів ω -6 (лінолева, γ -ліноленова, арахідонова) і ω -3 (α -ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова) [1].

Жирні кислоти ω -6 і ω -3 конкурують за метаболізацію ферментними системами і можуть заміщувати одна одну. Це пов'язано з тим, що при одночасному надходженні в організм виникають конкурентні взаємовідносини в метаболізмі

цих кислот, що впливає на синтез арахідонової кислоти, надлишок якої в організмі спричиняє серію небезпечних процесів [2].

У більшості опублікованих праць, які стосуються збагачення харчового раціону ω -3 поліненасиченими жирними кислотами, досліджується вплив споживання жирної риби для профілактики серцево-судинних захворювань. Суттєво менша увага в дослідженнях приділяється використанню рослинних олій з високим вмістом ω -3 жирних кислот для оптимізації харчового раціону. Це особливо актуально для населення з невисоким споживанням рибних продуктів

Риб'ячий жир є незамінним джерелом ейкозапентаєнової та докозагексаєнової ω -3 кислот, але він відноситься до лікарських препаратів і має ряд протипоказань та певні заходи безпеки при застосуванні (можливість передозування вітамінів А і Д, контроль параметрів системи згортання крові).

Важливим аргументом на користь рослинних олій є їхня безпечність, оскільки вони містять α -ліноленову ω -3 кислоту, яка є попередником, необхідним для метаболізму організму і може накопичуватися в організмі та витратитися за потребою [3].

На підставі клінічних та експериментальних досліджень вчених рекомендоване співвідношення кислот ω -3: ω -6 складає від 1:4 до 1:2 [4]. Тому доцільним є введення у склад харчових раціонів рослинних олій, які забезпечать необхідний фізіологічним потребам організму баланс есенціальних кислот ω -3 та ω -6.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до статистики світового виробництва ринок рослинних олій з кожним роком зростає. У структурі світового виробництва пальмова олія займає найбільшу частку — 35%. На другому місці знаходиться соєва — 29%, далі ріпакова — 15%, і лише на четвертому місці звична нам соняшникова олія — 9%. Але, крім вищенаведених основних видів, у світі щорічно переробляється ще близько 10 млн т іншої олійної сировини [5].

Представниками родини хрестоцвітих серед олійних культур є ріпак, гірчиця, суріпиця, ріжій, індау, крамбе. Ці культури мають спільні ботанічні особливості та хімічний склад. Особливістю культур родини Хрестоцвітих є наявність у жирнокислотному складу есенціальної ліноленової кислоти, що належить до класу ω -3.

Таксономічною ознакою всієї родини є наявність таких небажаних речовин, як ерукова кислота в жирнокислотному складі олії, тіоглюкозинолати — в гелевій частині та пігменти — у насіннєвій оболонці [6]. Ці речовини ускладнюють технологію переробки насіння та використання продуктів у кормових і харчових цілях. Частково ці проблеми вирішуються шляхом селекційного виведення нових низько ерукових, низько тіоглюкозинолатних сортів, частково — шляхом використання різних технологічних операцій.

Насіння родини хрестоцвітих також є джерелом кормового білка з добре збалансованим складом незамінних амінокислот. Існує думка про нераціональність використання макухи та шроту лише на потреби тваринництва, оскільки знежирені шроти є вагомим резервом для отримання харчових білків, які відносяться до харчових добавок, що можуть використовуватися білкові збага-

чувачі продуктів харчування. Крім того, макуха є цінним добривом, тому що містить значну кількість фосфорної кислоти (3...4% маси золи) [7].

В Україні вирощується багато олійних культур, але великі олійноекстракційні підприємства зосереджені в основному на виробництві соняшникової олії, яка не має оптимального складу поліненасичених жирних кислот. У загальному обсязі виробництва нетрадиційні олії, отримані методом холодного віджиму, практично не помітні. Водночас олії холодного пресування дуже цінуються серед людей, що піклуються про своє здоров'я.

Застосування технології холодного пресування також позитивно впливає на якість макухи. Макуха, як відомо, найцінніший компонент у комбікормовій промисловості, харчова цінність якої визначається великим вмістом білка (до 37%) і залишкового жиру (до 12%). При холодному пресуванні білок не є термічно модифікованим, отже, не втрачає своїх корисних властивостей, а всі корисні для тварин речовини залишаються в незмінному стані. Цього не можна сказати про макуху, яка отримана в результаті гарячого пресування. Адже при гарячому пресуванні втрачається до 15% цінних для споживача якостей макухи.

Метою дослідження є створення високоефективного способу вилучення олії із застосуванням шнекового пресу методом холодного пресування за температури, що не перевищує 40°C, та забезпечення високого виходу олії з одночасним покращенням якості олії.

Викладення основних результатів дослідження. Максимальний тиск, що розвивається шнековими пресами, досягає 30 МПа, ступінь ущільнення зростає в 2,8...4,4 раза, тривалість перебування сировини в шнековому каналі під тиском залежить від типу преса і коливається в межах від 78...225 с і, відповідно, температура олії та макухи в процесі пресування підвищується на 20...35°C та залежно від олійності культури може досягати 60...90°C на виході з преса. Використання сирої нерозігрітої сировини, низькі температури процесу значно ускладнюють роботу шнекового преса, ефективність пресування та знижують вихід олії.

Поставлене завдання вирішується так: насіння олійних культур для забезпечення низькотемпературного вилучення олії попередньо охолоджують при температурі -10°C з подальшим пресуванням на шнековому пресі при температурі не вище 30...40°C на виході з пресу.

Через попереднє охолодження олійної сировини температура під час пресування не зростає, не відбувається локального перегріву і підгоряння сировини, температура процесу в шнековому каналі вирівнюється і, відповідно, не відбувається термічний вплив на олію та макуху, що надає можливість використовувати більш низькі температури пресування при високій ефективності вилучення олії та в результаті отримувати олію, яка має високі якісні показники, окиснювальну стабільність і біологічну цінність.

Для дослідження технологічних режимів пресування використовували очищене насіння ріпаку та рижію, отримана пресою олія не потребувала додаткової очистки, окрім відстоювання й фільтрування.

Технологічні режими пресування олійних культур наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Технологічні режими пресування олійного насіння

Вид олійного насіння	Олійність насіння, %	Температура на виході макухи з пресу, °С	Вихід олії, %	Олійність макухи, %
Однократне пресування холодним способом				
Рижій	40,1	30—40	30,48	18,9
Ріпак	47,9	30—40	36,98	21,4
Однократне пресування гарячим способом				
Рижій	40,1	100—110	34,22	15,6
Ріпак	47,9	80—100	39,55	17,3

Метод холодного пресування дає змогу зберегти в олії нестійкі до високих температур виключно корисні речовини — вітаміни (токофероли та каротиноїди) та значну кількість фосфоліпідів, які захищають олію від перебігу процесів окиснення. Вихід такої олії нижчий, ніж при застосуванні методу гарячого пресування, але вартість компенсується кращими показниками якості, високою фізіологічною цінністю та корисністю продукту.

Основною метою переробки олійного насіння за технологією гарячого пресування було вилучення максимально можливої кількості олії. При пресуванні гарячим способом насіння перед пресуванням прогрівали у сушильній шафі до 100°С. Нагрівання насіння полегшує віджим олії, тому в технології гарячого пресування досягаються більш високі показники виходу олії. Така технологія є ідеальною для великих об'ємів переробки олійних культур, а також там, де є джерело дешевої пари.

Після відстоювання та фільтрування були дослідженні основні показники складу і якості отриманих пресових олій (табл. 2).

Таблиця 2. Органолептичні та фізико-хімічні показники олій

Назва показника	Характеристика			
	Холодним пресуванням		Гарячим пресуванням	
	Ріпакова	Рижієва	Ріпакова	Рижієва
Органолептичні показники	Прозора олія, без стороннього присмаку та запаху		Олія з помутнінням, наявний смажений запах	
Колірне число, мг йоду	40	30	60	50
Кислотне число, мг КОН/г	1,4	1,0	1,7	1,1
Пероксидне число, ½ О ммоль / кг	1,9	1,3	2,8	1,8

При холодному пресуванні воскоподібні речовини не розплавляються, а залишаються в макусі. В олію в найменшій мірі переходять забарвлюючі речовини, цукристі речовини, низькомолекулярні білки та інші компоненти, які надають олії темного забарвлення (колірне число олій холодного пресування 30—40 мг йоду, а гарячого пресування — 50—60 мг йоду).

Отримані методом холодного пресування олії характеризуються низькими пероксидним і кислотними числами та без додаткового очищення й рафінації придатні для споживання в їжу.

Якість олії та напрями її використання в значному ступені визначаються її жирнокислотним складом, який був визначений методом газової хроматографії [8] та представлений в табл. 3.

Таблиця 3. Жирнокислотний склад рижівської та ріпакової олій

Назва жирної кислоти	Індекс жирної кислоти	Вміст жирної кислоти, %	
		Олія з рижію холодного пресування	Олія з ріпаку холодного пресування
пальмітинова	C _{16:0}	5,75	4,53
стеаринова	C _{18:0}	2,40	1,60
олеїнова	C _{18:1} ω-9	15,99	58,99
петрозелинова	C _{18:1n11}	0,90	3,72
лінолева	C _{18:2} ω-6	19,26	18,68
α-ліноленова	C _{18:3} ω-3	33,85	9,13
γ-ліноленова	C _{18:3} ω-6	0,13	—
арахінова	C _{20:0}	1,26	0,48
гондоїнова	C _{20:1} ω-9	14,12	1,46
ейкозадієнова	C _{20:2} ω-6	1,76	—
ейкозатрієнова	C _{20:3} ω-6	1,16	—
бегенова	C _{22:0}	0,28	0,23
ерукова	C _{22:1}	2,69	0,77
Співвідношення ω-3:ω-6		1:0,65	1:2,04
Співвідношення НЖК:МНЖК:ПНЖК		10:34:56	7:65:28

Відповідно до даних, наведених у табл. 3, жирнокислотний склад рижівської та ріпакової олій представлений переважним вмістом поліненасичених і мононенасичених жирних кислот. За вмістом ерукової кислоти досліджувані олії відповідають вимогам для харчових рослинних олій у разі промислової переробки (вміст не більше 5%). Ця кислота не утилізується ферментною системою ссавців і має тенденцію затримувати ріст і досягнення репродуктивної зрілості організму.

Слід відмітити у досліджуваних оліях невисокий вміст лінолевої кислоти (18—19%), яка відноситься до класу ω-6 кислот, що, відповідно, обмежує джерело синтезу арахідонової кислоти та є сприятливим фактором для ефективної метаболізації ω-3 поліненасичених жирних кислот. Характерною ознакою олій з рижію є високий вміст α-ліноленової (33,8%) та гондоїнової (14,1%) (цис-11-ейкозенової) кислот і, відповідно, сприятливе співвідношення ω-3:ω-6:ω-9 кислот — 1:0,6:0,9.

Основними жирними кислотами у складі ріпакової олії є мононенасичені, що позитивно впливає на тривалий термін зберігання цієї олії. Також оптимальним є співвідношення ω-3:ω-6:ω-9 кислот — 1:2:6, що свідчить про високу біологічну цінність олій сучасних сортів ріпаку.

Харчова цінність і біологічні властивості рослинних олій не обмежуються лише жирнокислотним складом. Велике значення має вміст в олій супутніх речовин, серед яких особлива роль належить антиоксидантам — токоферолам і каротиноїдам, які не лише захищають олію від окиснювального псування, але й є природними джерелами надходження в організм вітамінів Е та А. Це визначило

вибір для подальшого дослідження в зразках таких біологічно активних речовин, як токоферолі.

Рівень та ізомерний склад токоферолів визначає стійкість рослинної олії до окиснення. Токоферолі являють собою високомолекулярні циклічні спирти, у жировій частині насіння і плодів знайдено чотири їх фракції — α , β , δ , γ [9]. Загальний вміст токоферолів ще не є показником вітамінної цінності олій. За біологічною дією токоферолі поділяються на речовини вітамінної та антиоксидантної активності. Найбільшу вітамінну активність має α -токоферол, який переважає в соняшниковій олії. Але він не має антиоксидантних властивостей і тому α -токоферол може бути окиснювачем внутрішньоклітинних ліпідів, а також всього організму. Антиоксидантами є β -, γ - та особливо δ -токоферолі.

Вміст біологічно активних речовин у дослідних оліях наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Вміст біологічно активних речовин у пресових оліях

Зразок олії	Загальний вміст токоферолів, мг %	Ізмери токоферолів, % від загального вмісту		
		α	β	$\gamma+\delta$
Рижієва	98,7	63	32	5
Ріпакова	59,6	27	73	-

Дослідження вмісту токоферолів в оліях холодного пресування проводили методом рідинної хроматографії [9]. Виявили, що загальний вміст токоферолів в олії рижію складає 98,7 мг %, а в олії ріпаку — 59,6 мг %. Особливістю цих олій є значний вміст в них β -токоферолу (32—73% загального вмісту токоферолів), який характеризується вираженими антиоксидантними властивостями.

Результати аналізу вмісту фракції фітостеролів олій, який був досліджений газохроматографічним методом [10], наведено в табл. 5.

Фітостеролі в рослинах виконують у мембранах клітин ті ж функції, що й холестерол у тваринних клітинах. Унаслідок близької хімічної будови з холестеролом, фітостеролі легко приєднуються і блокують рецептори холестеролу, таким чином знижують всмоктування в кишківнику екзогенного холестеролу, що надійшов з їжею, й ендогенного холестерину, що потрапив із жовчю, та стимулюють його виведення з організму.

Отже, при вживанні фітостеролів знижується концентрація загального холестерину і ліпопротеїдів низької щільності в крові, а регулярне вживання їжі, багатой фітостеролами, може зупинити атеросклеротичний процес [11].

Таблиця 5. Визначення фракційного складу фітостеролів рижієвої та ріпакової олій холодного пресування

Фракції стеролів	Рижієва олія, % від загального вмісту	Ріпакова олія, % від загального вмісту
брасікастерол	4,323	11,501
кампастерол	24,466	32,242
d7-кампастерол	—	0,196
стигмастерол	1,448	0,336
β -ситостерол	58,453	52,133
d5-авастерол	5,793	2,606
d7-стигмастерол	—	0,630

Відповідно до табл. 5 основною фракцією стеролів у досліджуваних зразках олій є β -ситостерол — інгібітором 5- α редуктази, ферменту, що каталізує реакцію тестостерол→дигідротестостерол, запобігає зв'язуванню дигідротестостеролу зі специфічними рецепторами та сприяє його прискореному розпаду, тобто має антиандрогенну дію та сприяє нормалізації гормонального балансу.

Висновки

Порівняльний аналіз показників якості та складу дослідних олій засвідчив, що при холодному пресуванні олії мають кращу стабільність до окиснення, характеризуються низьким вмістом забарвлюючих речовин і продуктів окиснення. За даними жирнокислотного складу, олії мають сприятливий баланс ω -3: ω -6 есенціальних жирних кислот і мінорний вміст ерукової кислоти. Значний вміст токоферолів, каротиноїдів і фітостеролів свідчить про високу фізіологічну цінність даних олій. Отже, доцільним є використання олій родини Хрестоцвітих для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення есенціальними жирними кислотами і біологічно активними речовинами.

Література

1. Joldosh M., Radzievska I. Modeling composition of the mixed oils by blending. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2014. Vol. 2, Issue 1. P. 22—28.
2. Рослинні олії як джерела функціональних інгредієнтів / Кобець О. С. та ін. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Том 22, № 2. С. 204—212.
3. New vegetable oil blends to ensure high biological value and oxidative stability / Nosenko T. [and oth.] *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 5/6 (89). P. 42—47.
4. Шеманська Є. І. Шляхи збагачення харчового раціону людини есенціальними жирними кислотами. *Харчова промисловість*. 2016. № 20. С. 80—85.
5. Давыдова Р. Основные коммерческие и неkomмерческие растительные масла. *Продукты & ингредиенты*. 2014. № 2. С. 22—23.
6. Пешук Л. В. Носенко Т. Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини: навч. посіб. Київ, 2011. 296 с.
7. Москва І.С. Стан і перспективи вирощування рижію ярого на півдні степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 1. С. 99—109.
8. ДСТУ 5508-2001 (ISO 5508:1990, IDT). Жиры и масла животные и растительные. Анализ методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот [Чинний від 2001-12-28]. Київ, 2002. 14 с.
9. Природные антиоксиданты пищевых продуктов / М. О. Полумбрик [и др.]. Минск, 2017. С. 158.
10. ДСТУ ISO 9936:2004 (ISO 9936:1997, IDT) Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту токоферолів і токотриенолів методом рідинної хроматографії високороздільної здатності [Чинний від 2006-01-01]. Київ, 2005. 8 с.
11. ДСТУ ISO 6799-2002 (ISO 6799:1991, IDT). Жири та олії тваринні і рослинні. Визначання складу стеринаової фракції. Газохроматографічний метод [Чинний від 2002-09-10]. Київ, 2003. 8 с.
12. Дослідження споживчих властивостей ріпакової олії / Носенко Т. Т. [та ін.] *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2. С. 130—136.