

УДК 796.015:613.2

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.187673

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКИСНЮВАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ РОСЛИННИХ ОЛІЙ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У СПОРТИВНОМУ ХАРЧУВАННІ

Ситнік Н. С., Мазаєва В. С., Білоус О. В., Бухкало С. І., Глухих В. І., Сабадош Г. О., Натаров В. О., Ярмиш Н. А., Кравченко Т. П., Захарків С. Й.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СПОРТИВНОМ ПИТАНИИ

Сытник Н. С., Мазаева В. С., Белоус О. В., Бухкало С. И., Глухих В. И., Сабадош А. А., Натаров В. А., Ярмыш Н. А., Кравченко Т. П., Захаркив С. И.

RESEARCH OF OXIDATIVE STABILITY OF VEGETABLE OILS FOR USE IN SPORT NUTRITION

Sytnik N., Mazaeva V., Bilous O., Bukhkalov S., Glukhykh V., Sabadosh G., Natarov V., Yarmysh N., Kravchenko T., Zakharkiv S.

Об'єктом дослідження є соняшникова, соняшникова високоолеїнова та ріпакова олії, які є важливими у виробництві продуктів харчування для людей з підвищеними фізичними навантаженнями. Такі продукти мають бути збалансовані за компонентним складом та збагачені біологічно активними речовинами, вітамінами, антиоксидантами. Олії та жири використовують як важливий компонент спортивного харчування. Розповсюдженою олією є соняшникова олія, яка забезпечує раціон лінолевою кислотою, а також ріпакова олія, яка збагачує продукти ліноленовою кислотою. Одним з найбільш проблемних місць використання олій є окиснювальне псування, оскільки це призводить до утворення небезпечних для здоров'я сполук. В ході дослідження використовувалися метод активного кисню та прилад Oxitest (Італія). Перший метод дозволяє безпосередньо оцінювати вміст продуктів окиснення в олії через значення пероксидного числа, другий метод дозволяє вимірювати витрату кисню під час процесів окиснення в олії.

Проведено дослідження окиснювальної стабільності олії соняшникової методом активного кисню та методом окиснення з використанням приладу Oxitest за температури 110 °С. Встановлено, що періоди індукції, визначені двома методами, є близькими (2 год. 40 хв. та 2 год. 43 хв., відповідно). Встановлено закономірність зниження періоду індукції олії соняшникової під час підвищення температури методом окиснення на приладі Oxitest. Використано температури 90, 100 та 110 °С. Виконано порівняльне

дослідження окиснювальної стабільності соняшникової, соняшникової високоолеїнової та ріпакової олій. На підставі одержаних даних наведено порівняльну характеристику стійкості дослідних олій до окиснення та надано рекомендації для їх використання у спортивному харчуванні. Одержані дані дозволять оцінювати вплив кожної з дослідних олій на строк придатності олієвмісного продукту.

Ключові слова: спортивне харчування, олія соняшникова, олія ріпакова, окиснювальна стабільність, період індукції.

Объектом исследования является подсолнечное, подсолнечное высокоолеиновое и рапсовое масла, которые важны в производстве продуктов питания для людей с повышенными физическими нагрузками. Такие продукты должны быть сбалансированы по компонентному составу и обогащены биологически активными веществами, витаминами, антиоксидантами. Масла и жиры используют как важный компонент спортивного питания. Распространенным маслом является подсолнечное масло, которое обеспечивает рацион линолевой кислотой, а также рапсовое масло, которое обогащает продукты линоленовой кислотой. Одним из самых проблемных мест использования масел является окислительная порча, поскольку это приводит к образованию опасных для здоровья соединений. В ходе исследования использовались метод активного кислорода и прибор Oxitest (Италия). Первый метод позволяет непосредственно оценивать содержание продуктов окисления в масле через значения перекисного числа, второй метод позволяет измерять расход кислорода во время процессов окисления в масле.

Проведено исследование окислительной стабильности подсолнечного масла методом активного кислорода и методом окисления с использованием прибора Oxitest при температуре 110 °C. Установлено, что периоды индукции, определенные двумя методами, близки (2 ч 40 мин и 2 ч 43 мин, соответственно). Установлена закономерность снижения периода индукции подсолнечного масла при повышении температуры методом окисления на приборе Oxitest. Используются температуры 90, 100 и 110 °C. Выполнено сравнительное исследование окислительной стабильности подсолнечного, подсолнечного высокоолеинового и рапсового масел. На основании полученных данных приведена сравнительная характеристика устойчивости опытных масел к окислению и даны рекомендации для их использования в спортивном питании. Полученные данные позволяют оценивать влияние каждого из опытных масел на срок годности маслосодержащего продукта.

Ключевые слова: спортивное питание, подсолнечное масло, рапсовое масло, окислительная стабильность, период индукции.

1. Вступ

Сучасні вимоги до раціонального харчування передбачають споживання у достатній кількості поліненасичених жирних кислот, незамінних амінокислот і мінеральних речовин. Але зазвичай сучасне харчування не забезпечує повністю потребу в таких важливих складових [1, 2].

Особливо гострим питання повноцінного харчування є відносно певних категорій населення, зокрема, людей, які займаються спортивною діяльністю. Підготовка до змагань, щоденні тренування, висока психологічна витримка потребують особливого харчування, яке сприятиме високій витривалості та швидкому відновленню працездатності [3–5].

Для того, щоб задовольнити потреби організму людини, що займається спортом, в даний час розробляють спеціальну продукцію, наприклад, високобілкові продукти, кондитерські вироби, напої тощо [6–8]. При цьому одним з найважливіших компонентів таких продуктів є олії та жири, які забезпечують потрібний баланс цінних для обміну речовин жирних кислот.

Серед уживаних олій соняшникова та кукурудзяна є цінним джерелом лінолевої кислоти (9, 12-октадекадієнної, група ω -6); соєва, ріпакова, лляна та ріжикова - α -ліноленової (група ω -3). Ці кислоти не синтезуються в організмі людини і можуть до нього потрапляти лише у складі харчових продуктів. Вони приймають участь в синтезі гормонів та в обміні речовин у клітинах, у створенні клітинних мембран. Отже, суттєвий інтерес представляє вивчення цих олій з точки зору їх використання для створення спортивного харчування [9].

Також все більше привертає увагу високоолеїнова соняшникова олія як компонент багатьох видів харчових продуктів. Високоолеїнові олії відрізняються підвищеним вмістом мононенасичених жирних кислот. Це є перевагою з точки зору гігієни харчування, оскільки означає знижений вміст насичених кислот, відсутність транс-ізомерів жирних кислот, а також забезпечує підвищену стійкість до окиснення. Остання властивість має безперечно важливе значення у виробництві та використанні усіх жировмісних продуктів через схильність олій та жирів до окиснювального псування [10, 11].

Окиснювальні процеси призводять до утворення шкідливих для організму людини речовин, що обумовлює все зростаючий інтерес дослідників до вивчення закономірностей окиснення олій та жирів з різним жирнокислотним складом та пошуку нових ефективних та екологічних антиоксидантів [12].

Для визначення окиснювальної стабільності застосовують різні методи, серед яких виділяють барометричний метод визначення стійкості до окиснення олій, жирів та жировмісних продуктів з використанням приладу Oxitest (Італія). При цьому використовують підвищену температуру та тиск. Цей метод надійно дозволяє визначити стійкість зразку до дії кисню, що дозволяє робити висновки про свіжість, ефективність антиоксидантів та термін придатності продуктів [12].

Тому актуальним є дослідження окиснювальної стабільності рослинних олій, які є перспективними компонентами різних видів продуктів харчування, в тому числі спортивного.

Таким чином, *об'єктом дослідження* є соняшникова, соняшникова високоолеїнова та ріпакова олії, які є важливими у виробництві продуктів харчування для людей з підвищеними фізичними навантаженнями.

А мета роботи полягає у порівняльному дослідженні окиснювальної стабільності рослинних олій (соняшникової, соняшникової високоолеїнової та ріпакової) різними методами (методом активного кисню та з використанням приладу Oxitest).

2. Методика проведення дослідження

2.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті

В даному дослідженні використовувалися наступні реактиви та матеріали:

- олія ріпакова рафінована дезодорована згідно з ДСТУ 8175:2015;
- олія соняшникова високоолеїнова рафінована дезодорована згідно чинної нормативної документації;
- олія соняшникова рафінована дезодорована згідно з ДСТУ 4492:2017;
- газовий балон із киснем чистоти не нижче ніж 99,95 % згідно чинної нормативної документації;
- спирт етиловий ректифікований згідно з ДСТУ 4221:2003;
- вода дистильована згідно чинної нормативної документації;
- калій йодистий кваліфікації «особливо чистий» згідно чинної нормативної документації;
- крохмаль розчинний згідно чинної нормативної документації;
- тіосульфат натрію згідно чинної нормативної документації;
- оцтова кислота згідно чинної нормативної документації;
- хлороформ згідно чинної нормативної документації;
- прилад Oxitest (Італія).

2.2. Методика визначення стабільності до окиснення олії соняшникової методом активного кисню

Окиснювальну стабільність зразків олії соняшникової визначено за прискореним методом активного кисню, який передбачає визначення періоду індукції за зміною пероксидного числа під час витримування олії за умов заданої температури. У скляні бюкси вносили по 10 г зразка олії, ставили в сушильну шафу, нагріту до заданої температури. Для визначення пероксидного числа із сушильної шафи через рівні проміжки часу відбирали відповідну бюксу. Значення періоду індукції олії соняшникової визначали графічно за кривими зростання пероксидних чисел методом дотичних.

Пероксидне число визначено за стандартною методикою згідно з ДСТУ 4350:2004.

2.3. Методика визначення стабільності до окиснення зразків олій з використанням приладу Oxitest

Прилад Oxitest (рис. 1) дозволяє оцінити ступінь стійкості різних видів продукції (олій, жирів, борошна, сирів, сухого молока, м'ясних виробів, соусів, насіння та інших жиромісних продуктів) до окиснення. При цьому відбувається контроль зміни тиску внаслідок поглинання кисню в процесі окиснення дослідного зразка в двох автономних термостатичних камерах.

Камери заповнюються дослідним зразком та ретельно закриваються, після чого починається нагрівання камери до заданої температури, потім до камери подається кисень. Після встановлення заданого тиску 6 бар (0,6 МПа) подавання кисню припинається та вмикається вимірювання часу реакції.



Рис. 1. Прилад Oxitest

Дослідження окиснення олії ведеться за характером кривої, що автоматично будується на графічній залежності тиску від часу реакції. Приклад графічної залежності наведено на рис. 2.

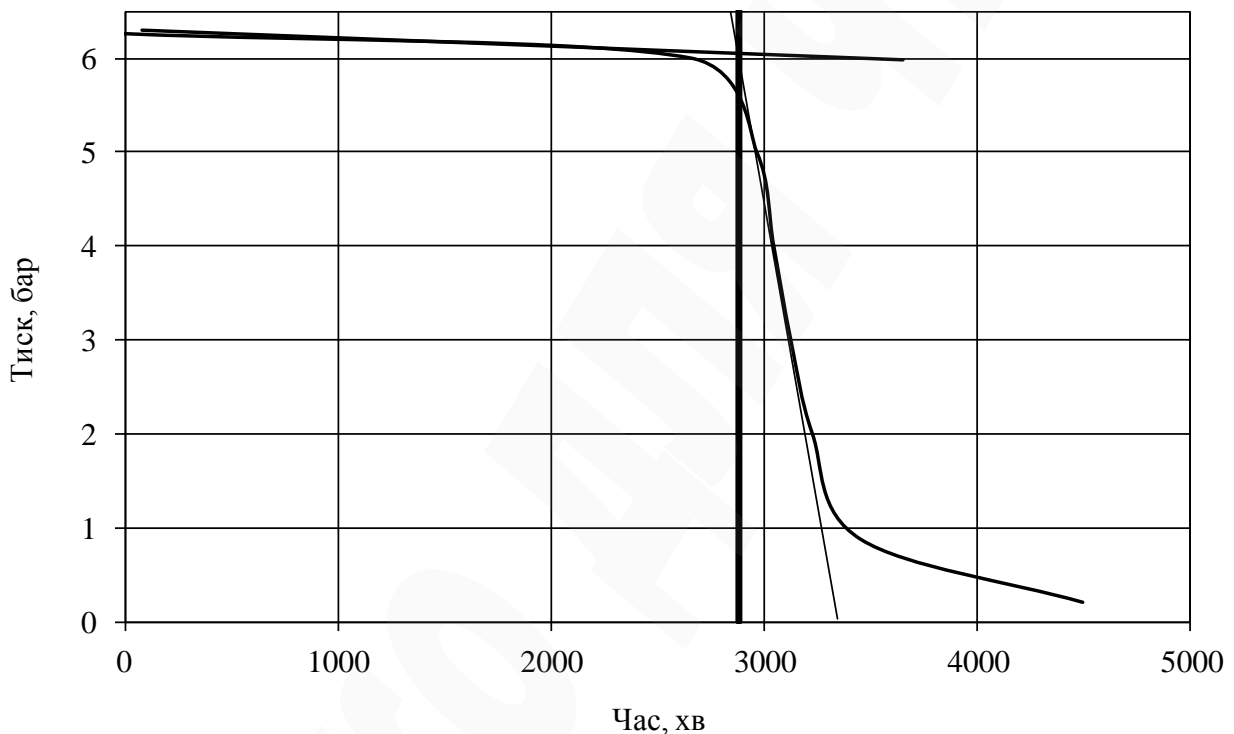


Рис. 2. Графічна залежність тиску від часу реакції для обчислення періоду індукції

Наприкінці тесту користувач може використовувати два еквівалентних методи розрахунку індукційного періоду: графічний метод і метод найменших квадратів.

Графічний метод дозволяє автоматично побудувати дві дотичні лінії – до кривої тиску до і після вигину та отримати точку їх перетину. Із цієї точки перетину проводиться перпендикуляр до осі абсцис. Чисельне значення на осі абсцис, на яке прийдеться опущений перпендикуляр і є чисельним значенням періоду індукції.

У випадку розрахунку методом найменших квадратів на графічній залежності спочатку виводяться чотири вертикальні лінії, що визначають дві групи точок кривої, що зводяться до двох ліній. Точка перетину цих двох ліній дає значення індукційного періоду зразка.

У роботі період індукції розраховано за допомогою графічного методу. Похибка при обчисленні експериментальних даних, отриманих за допомогою приладу Oxitest, не перевищує 3 % [12].

3. Результати дослідження та обговорення

Для порівняльного аналізу визначення періоду індукції різними методами використано метод активного кисню та прилад Oxitest. В якості дослідної олії використано олію соняшникову рафіновану дезодоровану. Температура дослідження складала 110 °С.

На рис. 3 наведено залежність часу окиснення від тиску кисню в термостатичній камері приладу Oxitest.

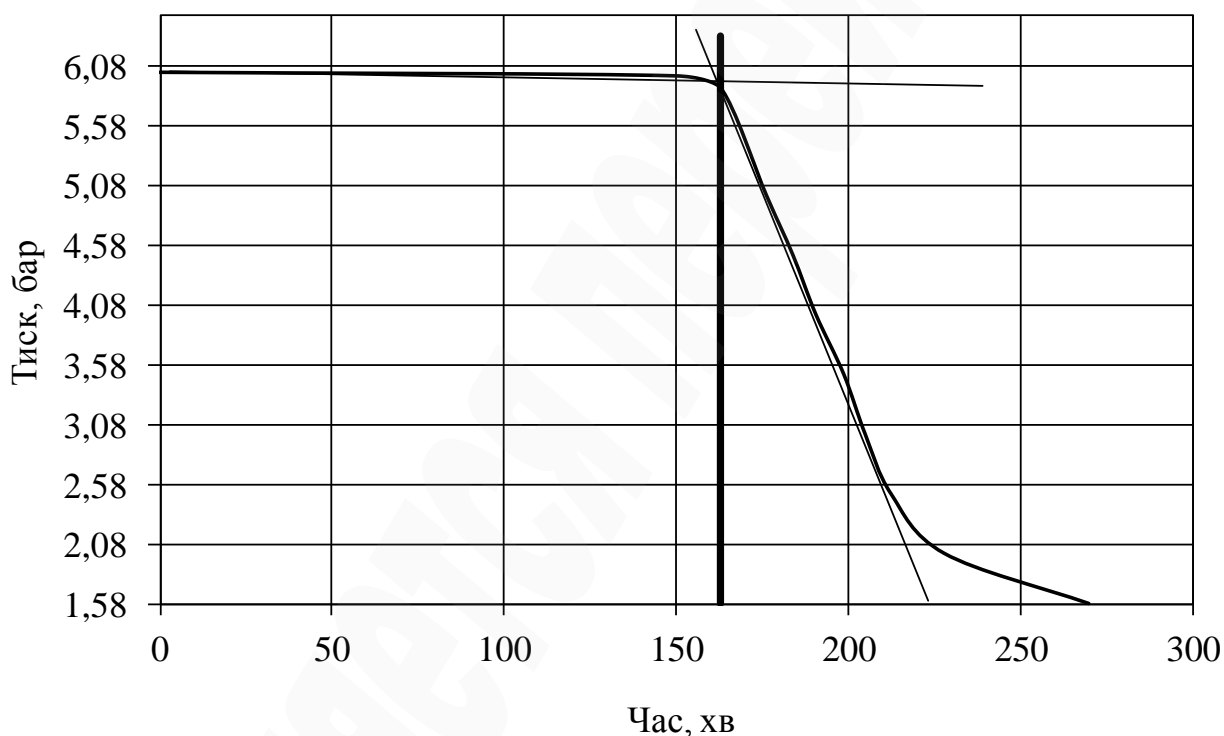


Рис. 3. Залежність часу окиснення від тиску кисню в термостатичній камері

Як видно з рис. 3, тиск кисню в камері певний час знижується досить повільно, що відповідає дифундуванню кисню з поверхні контактування олії з киснем. Таким чином, в цьому проміжку часу олія залишається стабільною до окиснювальних процесів. Потім настає момент різкої зміни тиску, коли кисень починає інтенсивно витрачатися на процеси окиснення олії, при цьому тиск в камері різко знижується. Після закінчення цього процесу тиск в камері залишається постійним та не перевищує 1,58 бар (0,158 МПа). При обробці

графічної залежності отримано період індукції, який склав 2 год. 43 хв.

Паралельно проведено дослідження щодо визначення періоду індукції олії соняшникової методом активного кисню, за зміною значень пероксидного числа за умов витримки олії за температури 110 °С.

Результати визначення періоду індукції методом активного кисню наведено на рис. 4, як залежність пероксидного числа від часу окиснення.

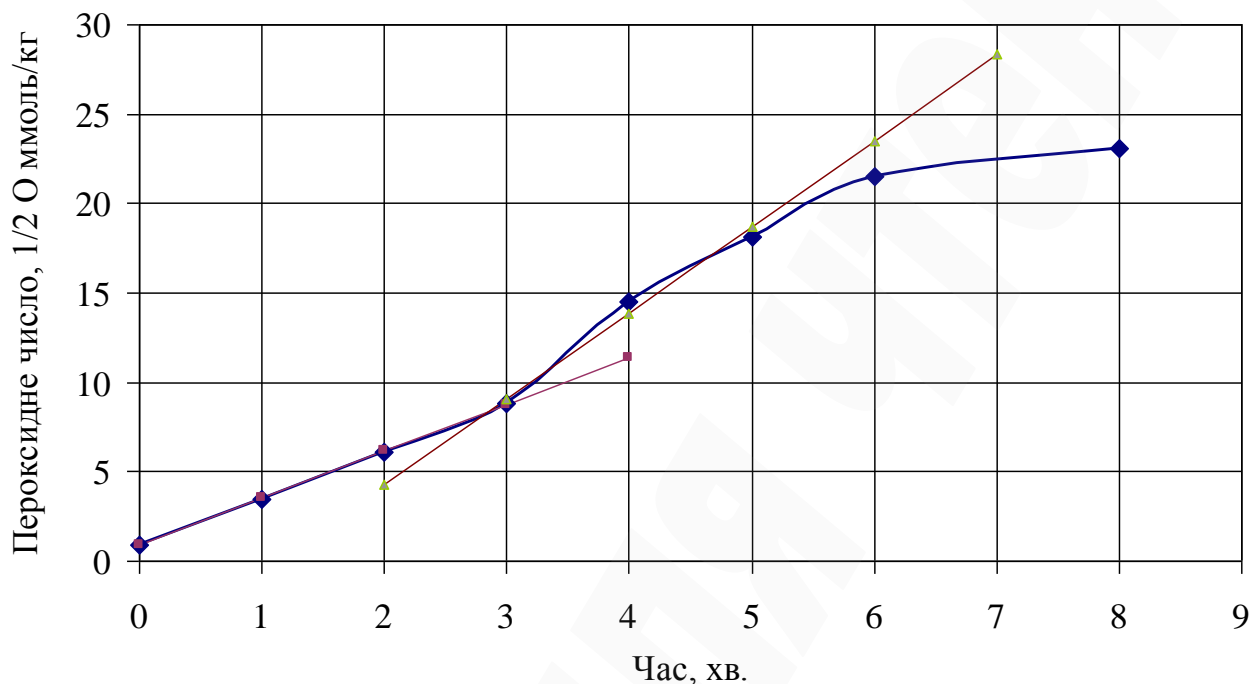


Рис. 4. Залежність пероксидного числа олії соняшникової від часу окиснення

При визначенні періоду індукції методом активного кисню не використовується чистий кисень та додатковий тиск. При обробці отриманої залежності (рис. 4) одержано період індукції, який дорівнює 2 год. 40 хв.

Таким чином, визначено окиснювальну стабільність олії соняшникової за температури 110 °С двома різними методами. Незважаючи на відмінність принципів методів, визначені значення періодів індукції є близькими. Метод активного кисню дозволяє визначати період індукції через безпосередній показник окиснювального псування – пероксидне число, що надійно характеризує накопичення пероксидних сполук в дослідному зразку. Але цей метод є трудомісткий, вимагає використання спеціальних реактивів та матеріалів, а також високої точності лабораторних досліджень. Метод з використанням приладу Oxitest є інноваційним сучасним інструментом дослідження окиснювальної стабільності різних харчових продуктів. Він не вимагає високої кваліфікації оператора, додаткових матеріалів та дозволяє надійно визначати період індукції через інтенсивність витрачання кисню дослідним зразком. Отже, прилад Oxitest має безперечні переваги перед методом активного кисню, оскільки автоматично визначає період індукції та знижує вплив людського фактору на кінцевий результат.

Проведено дослідження щодо впливу температури на період індукції олії

соняшникової рафінованої дезодорованої на приладі Oxitest. Використано температури 90, 100 та 110 °С. Тривалість дослідження при зменшенні температури зростає від 5 год. 60 хв. за температури 110 °С до 22 год. 50 хв. за температури 90 °С. Період індукції олії соняшникової за різної температури наведено на рис. 5.

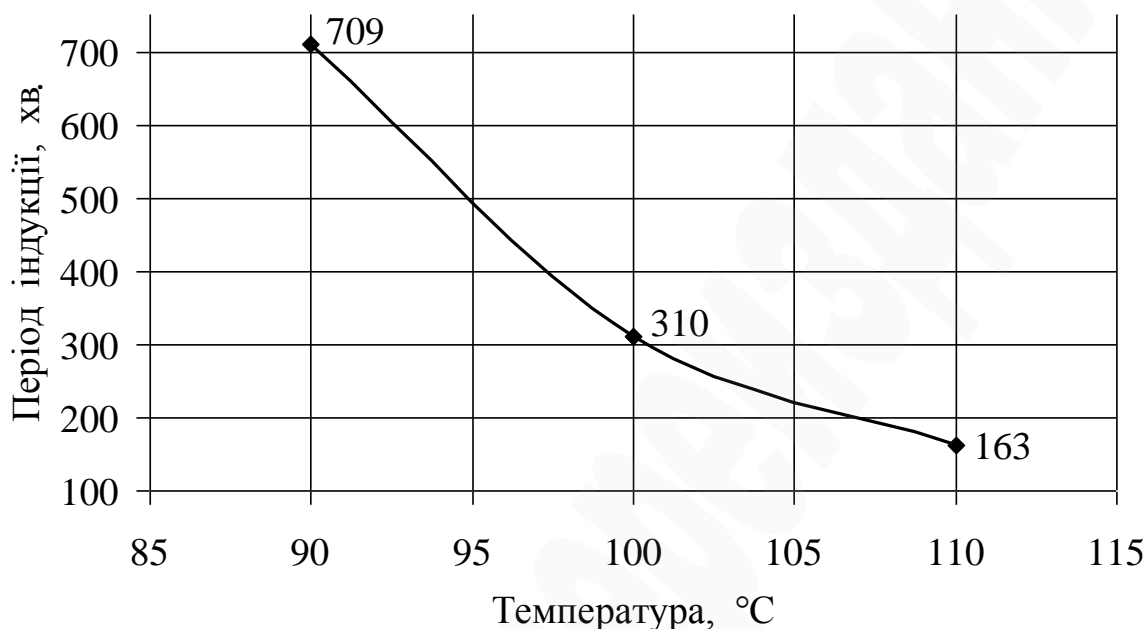


Рис. 5. Період індукції олії соняшникової за різної температури (709 хв. дорівнює 11 год. 49 хв., 310 хв. дорівнює 5 год. 10 хв., 163 хв. дорівнює 2 год. 43 хв.)

Як видно з представлених даних (рис. 5), при збільшенні температури від 90 до 100 °С період індукції зменшується у 2,3 рази, при збільшенні температури від 100 до 110 °С період індукції зменшується у 1,9 разів. Отже, зростання температури на 10 °С зменшує період індукції приблизно у два рази.

Для оперативної оцінки окиснювальної стабільності зразка доцільно використовувати температуру 100 °С та вище.

Порівняно окиснювальну стабільність соняшникової, соняшникової високоолеїнової та ріпакової олій з використанням приладу Oxitest за температури 100 °С. В табл. 1 показано одержані результати щодо періодів індукції дослідних олій.

Таблиця 1

Значення періодів індукції дослідних олій

Найменування зразка	Період індукції
Олія соняшникова	5 год. 10 хв.
Олія соняшникова високоолеїнова	11 год. 50 хв.
Олія ріпакова	9 год. 23 хв.

Як видно з даних табл. 1, за приладом Oxitest найменший період індукції має олія соняшникова, а найбільший - олія соняшникова високоолеїнова. Олія ріпакова має період індукції у 1,8 разів більше, ніж олія соняшникова.

На підставі одержаних даних щодо дослідження окиснювальної стабільності видів олій, важливих для використання у спортивній практиці, встановлено, що найбільшу окиснювальну стабільність має олія соняшникова високоолеїнова. Це пояснюється підвищеним вмістом мононенасиченої кислоти у порівнянні з іншими дослідними зразками олій. Одержані періоди індукції дають змогу оцінювати окиснювальну поведінку олій у складі продуктів харчування та приймати рішення щодо компонентного складу олій в продукті.

Слід відмітити, що метод приладу Oxitest відносно методу активного кисню дає можливість роботи не тільки з жирами та оліями в чистому вигляді, але із жировмісними продуктами, не виділяючи жирову фазу, що зменшує трудомісткість аналізування. Крім того, це виключає спотворення результатів через додаткові операції з дослідним зразком, які можуть призвести до зміни окиснювального стану. Проводячи екстрагування жиру в таких продуктах, як насіння та горіхи, можна вилучити не всі природні інгібітори, що знаходяться в плодах і насінні, і тим самим також спотворити результат визначення періоду індукції. Косметичні засоби та продукти харчування, які містять в своєму складі воду та жирові компоненти, такі як сири, косметичні креми, помади та інші продукти, теж можуть використовуватися у початковому вигляді, без вилучення з них жирових компонентів. У таких випадках проведення експерименту при підвищеному тиску у вимірювальній камері приладу забезпечить стабільність води, яка міститься в об'єкті (збереження її в рідкій фазі), навіть при температурах вище 100 °С.

Це дає можливість крім попереднього встановлення окиснювальної стабільності олій, в подальшому визначати і окиснювальну стабільність готового продукту спортивного призначення. Дані, одержані з використанням приладу Oxitest, дають можливість надійно та оперативно підбирати раціональний склад багатокomпонентного продукту з метою забезпечення необхідного строку придатності.

4. Висновки

Виконано порівняльний аналіз періоду індукції олії соняшникової методом активного кисню та на приладі Oxitest. Встановлено, що значення періодів індукції є близькими (2 год. 40 хв. та 2 год. 43 хв.). Але при цьому прилад Oxitest має ряд переваг поряд з методом активного кисню.

З використанням приладу Oxitest досліджено закономірність зміни окиснювальної стабільності олії соняшникової від температури. Під час підвищення температури на кожні 10 °С період індукції олії зменшується майже у два рази.

Порівняно окиснювальну стабільність соняшникової, соняшникової високоолеїнової, ріпакової олій, застосовуючи метод Oxitest. Визначено періоди індукції олій, серед яких найвищу окиснювальну стабільність виявила олія соняшникова високоолеїнова. Олія ріпакова має період індукції у 1,8 разів

більше, ніж олія соняшникова.

Одержані результати мають важливе значення у виробництві збалансованих багатокомпонентних продуктів для спортивного харчування, оскільки складовою, яка обумовлює строк придатності продукту, є переважно олії та жири. При цьому вони є найважливішою функціональною частиною багатьох видів продукції спортивного напруження.

Література

1. Subbotina, M. (2009). Faktory, opredeliaschie biologicheskuiu cennost rastitelnykh masel i zhirov. *Vestnik KuzGTU*, 2, 86–90.
2. Cencic, A., Chingwaru, W. (2010). The Role of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements in Intestinal Health. *Nutrients*, 2 (6), 611–625. doi: <http://doi.org/10.3390/nu2060611>
3. Holway, F. E., Spriet, L. L. (2011). Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *Journal of Sports Sciences*, 29 (1), 115–125. doi: <http://doi.org/10.1080/02640414.2011.605459>
4. Rylova, N., Khafizova, G. (2012). Aktualnye problemy pitaniia iunykh sportsmenov. *Prakticheskaiia medicina*, 7 (62), 71–74.
5. Jeukendrup, A., Cronin L. (2011). Nutrition and elite young athletes. *Medicine and sport science*, 56, 47–58. doi: <http://doi.org/10.1159/000320630>
6. Aranson, M., Portugalov, S. (2011). Sportivnoe pitanie: sostoianie voprosa i aktualnye problemy. *Vestnik sportivnoi nauki*, 1, 33–37.
7. Schneider, M., Benjamin, H. (2011). Clinical report – sports drinks and energy drinks for children and adolescents: are they appropriate? *Pediatrics*, 127 (6), 1182–1189. doi: <http://doi.org/10.1542/peds.2011-0965>
8. Rajasekhar, K. (2018). Sports nutrition – a perspective. *Advances in Nutrition & Food Science*, 3 (2), 1–4. doi: <http://doi.org/10.33140/anfs/03/02/00008>
9. Agzamova, L. (2010). Ispolzovanie kukuruznogo i rapsovogo masel v kachestve fritiura pri proizvodstve muchnogo konditerskogo izdeliia. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 11, 252–256.
10. Sultanovich, Iu. (2012). Vysokooleinovoe podsolnechnoe maslo – osnova dlia fritiurnykh masel i zhirov. *Pischevaia promyshlennost*, 3, 22–24.
11. Rosa, F., Luca, I., Mario T. (2018). Sunflower Oil Functional Properties for Specialty Food. *Nutrition & Food Science International Journal*, 5 (4), 601–604. doi: <http://doi.org/10.19080/nfsij.2018.05.555668>
12. Bilous, O., Demydov, I., Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (73)), 22–26. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.35995>

The object of research is sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils, which are important in the production of food for people with increased physical activity. Such products should be balanced in component composition and enriched with biologically active substances, vitamins, antioxidants. Oils and fats are used as an important component of sport nutrition. Common oil is sunflower oil, which

provides the diet with linoleic acid, as well as rapeseed oil, which enriches the products with linolenic acid. One of the most problematic places to use oils is oxidative damage, as this leads to the formation of hazardous compounds. During the study, the active oxygen method and the Oxitest device (Italy) were used. The first method allows to directly assess the content of oxidation products in the oil through the values of the peroxide value, the second method allows to measure oxygen consumption during oxidation processes in the oil.

The oxidative stability of sunflower oil is studied using the active oxygen method and the oxidation method using the Oxitest device at a temperature of 110 °C. It is found that the induction periods determined by the two methods are close (2 hours 40 minutes and 2 hours 43 minutes, respectively). The regularity of reducing the induction period of sunflower oil with increasing temperature by the oxidation method on an Oxitest device is established. The temperatures of 90, 100 and 110 °C are used. A comparative study of the oxidative stability of sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils is carried out. Based on the obtained data, a comparative characteristic of the stability of research oils to oxidation is given and recommendations for their use in sports nutrition are given. The obtained data will allow to evaluate the effect of each of the experimental oils on the shelf life of the oil-containing product.

Keywords: *sport nutrition, sunflower oil, rapeseed oil, oxidative stability, induction period.*