



Chemia żywności
Katedra Analizy Środowiska

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

Ćwiczenie nr 5

**Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach
poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu
ogrzewaniu**

Chemia żywności

Gdańsk, 2016

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

1. CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Lipidy wraz z białkami i sacharydami są podstawowymi składnikami wszystkich żywych organizmów. W roślinach są one obecne przede wszystkim w nasionach i w mięszu owoców, a w organizmach zwierząt w różnych narządach lub jako wyodrębniona tkanka tłuszczowa. Są to substancje o bardzo złożonej i różnorodnej budowie, ulegające wielu przemianom, których cechą charakterystyczną jest brak rozpuszczalności w wodzie oraz dobra rozpuszczalność w rozpuszczalnikach organicznych. Z uwagi na funkcje, jakie pełnią w ustroju ich obecność w diecie człowieka jest niezbędna do zapewnienia prawidłowego rozwoju.

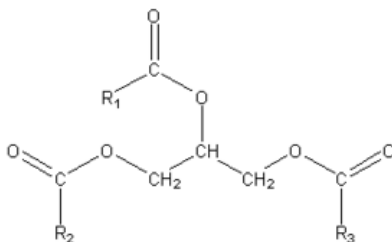
Z terminem lipidy kojarzony jest inny termin - **tłuszcze**. **Tłuszcze naturalne** definiuje się jako wieloskładnikową mieszaninę różnych lipidów, w których triacyloglicerole są podstawowym, lecz nie jedynym składnikiem. Pozostałe lipidy znajdujące się w tłuszczach naturalnych nazywa się *substancjami towarzyszącymi*, są to m.in.: fosfolipidy, sterole, węglowodory, alkohole alifatyczne oraz witaminy rozpuszczalne w tłuszczach (A, D, E i K). Zawartość poszczególnych składników zależy od rodzaju i pochodzenia tłuszczu, a także od stanu jego świeżości i procesów, jakim był poddany przed i po wydzieleniu z surowca.

1.1. Budowa chemiczna, podział oraz właściwości fizykochemiczne tłuszczów

Ze względu na budowę chemiczną tłuszcze dzieli się na trzy podstawowe grupy:

1) **Tłuszcze proste** czyli estry kwasów tłuszczowych i alkoholi, do których zaliczamy tłuszcze właściwe i woski, przy czym:

- *tłuszcze właściwe* są to estry kwasów tłuszczowych i glicerolu (Rys. 1),



Rys. 1. Ogólny wzór strukturalny podstawowego składnika tłuszczów triacyloglicerolu; **R** oznacza łańcuchy alifatyczne.

- *woski* są to estry wyższych kwasów tłuszczowych i wyższych alkoholi jednowodorotlenowych (innych niż glicerol);

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

2) **Tłuszcze złożone**, w skład których wchodzi lipidy zawierające w strukturze chemicznej oprócz kwasów tłuszczowych i alkoholi również inne składniki:

- *fosfolipidy* posiadają kwas fosforowy m.in. glicerofosfolipidy i sfingofosfolipidy,
- *glikolipidy* zawierają przynajmniej jedną resztę cukrową np. glikoglicerolipidy i glikosfingolipidy;
- *inne lipidy złożone* – np. sulfolipidy;

3) **Tłuszcze wtórne**, do których zaliczamy pochodne lipidów prostych i złożonych, powstałe głównie w wyniku ich hydrolizy, zachowujące ogólne właściwości lipidów:

- *kwasy tłuszczowe*,
- *alkohole lipidowe* – sterole, barwniki,
- *węglowodory*.

Tłuszcze naturalne ze względu na pochodzenie dzielą się na:

- *roślinne*,
- *zwierzęce*,
- *sztuczne i modyfikowane*;

natomiast ze względu na obecność wiązań podwójnych na:

- *nasycone*, w których reszty kwasów tłuszczowych posiadają w łańcuchu węglowodorowym wyłącznie wiązania pojedyncze (produkowane są przede wszystkim przez organizmy zwierząt),
- *nienasycone*, w których kwasy tłuszczowe posiadają w łańcuchu węglowodorowym wiązania podwójne (występują w roślinach). Wyróżnić tu można *monoenowe kwasy tłuszczowe* mające tylko jedno wiązanie podwójne najczęściej w konfiguracji *cis* oraz *polienowe kwasy tłuszczowe w skrócie PUFA* zawierające od 2 do 6 wiązań podwójnych przeważnie o konfiguracji *cis* ułożonych zazwyczaj w następujący sposób $-CH=CH-CH_2-CH=CH-$. Kwasy polienowe, które są niezbędne do prawidłowego rozwoju i normalnego funkcjonowania organizmu określa się mianem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Mają one szczególne znaczenie w żywieniu człowieka.

Kolejny podział związany jest ze stanem skupienia tłuszczów. Wyróżniamy w nim tłuszcze:

- *stałe* – są to tłuszcze zwierzęce za wyjątkiem tranu, (np. łój, sadło), których głównymi składnikami są glicerydy wyższych nasyconych kwasów tłuszczowych,
- *ciekłe* - głównie tłuszcze roślinne, m.in. oliwa, olej rzepakowy, słonecznikowy), w skład których wchodzi głównie glicerydy wyższych nienasyconych kwasów tłuszczowych.

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

Czyste tłuszcze są substancjami bezbarwnymi i bezwonnymi (zapach, barwa i smak tłuszczów naturalnych pochodzą od ich domieszek); bardzo dobrze rozpuszczają się w niepolarnych rozpuszczalnikach organicznych (eter dietylowy, eter naftowy, chloroform); nie rozpuszczają się w wodzie (wstrząsane z nią tworzą emulsję); mają mniejszą od wody gęstość. Jako mieszaniny nie mają ściśle określonej temperatury topnienia. Triacyloglicerole w stanie stałym wykazują zjawisko tzw. *polimorfizmu*, co oznacza, że mogą występować w kilku formach krystalicznych. Przemiany polimorficzne z kolei bardzo silnie wpływają na właściwości reologiczne (konsystencję, plastyczność) i inne cechy fizyczne wielu produktów tłuszczowych. Z punktu widzenia zastosowań przemysłowych jest to więc zjawisko niepożądane. Przekształcenie jednej formy w drugą zachodzi wskutek np. ogrzewania, chłodzenia lub też jako wynik krystalizacji z różnych rozpuszczalników. Do badania tego zjawiska wykorzystuje się różne metody, m.in. kalorymetrię, dylatometrię, spektroskopię w podczerwieni oraz dyfrakcję promieni rentgenowskich.

Więcej informacji o budowie i właściwości fizykochemicznych tłuszczów można znaleźć w pozycjach literaturowych [3-6].

1.2. Znaczenie tłuszczów

Lipidy są składnikiem żywności niezbędnym do zapewnienia prawidłowego rozwoju naszemu organizmowi. Pełnią one szereg istotnych funkcji, przede wszystkim:

- dostarczają znaczną ilość energii (20 do 35%; 1 g = 37,7 kJ energii), mogą być wykorzystywane bezpośrednio lub magazynowane w postaci podskórnej tkanki tłuszczowej,
- stanowią warstwę izolacyjną, chronią organizm przed wyziębieniem (podskórna warstwa tłuszczowa),
- w tkance nerwowej stanowią izolator elektryczny, dzięki któremu dochodzi do szybkiego rozprzestrzeniania się fal depolaryzacji,
- niektóre kwasy tłuszczowe biorą udział w syntezie niektórych hormonów tkankowych, m.in. prostaglandyn,
- są głównym źródłem glicerolu i kwasów tłuszczowych, z których organizm syntezuje inne lipidy,
- w połączeniu z białkiem tworzą lipoproteiny, które wchodzą w skład błon cytoplazmatycznych oraz błon mitochondrialnych. Lipoproteiny uczestniczą także w transporcie lipidów w krwi.

Należy jednak pamiętać, że spożywanie nadmiaru tłuszczów – zwłaszcza nasyconych – sprzyja chorobom układu krążenia i powoduje nadwagę. Zapotrzebowanie na tłuszcz jest mniejsze u osób

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

starszych i prowadzących mało aktywny fizycznie tryb życia. Tłuszcze powinny dostarczać nie więcej niż 30% energii zawartej w pożywieniu i zawierać odpowiednią ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Spełniają one również wiele istotnych funkcji w technologii żywności. Stosuje się je jako czynnik kontrolowanego przenoszenia ciepła (np. tłuszcze smaźalnicze). Mają duże znaczenie w kształtowaniu cech organoleptycznych produktów tłuszczowych: wpływają korzystnie na takie cechy jak wygląd, tekstura, konsystencja, zapach, smak czy mazistość. Ważną rolę w technologii żywności spełniają także poszczególne składniki tłuszczów lub różne pochodne lipidów. Przykładowo mono- i diacyloglicerole oraz lecytyna są powszechnie stosowane jako emulgatory.

1.3. Przemiany zachodzące w tłuszczach w wyniku obróbki termicznej

W trakcie ogrzewania tłuszcze ulegają wielokierunkowym i złożonym procesom fizycznym i chemicznym. Szybkość tych przemian zależy od wielu czynników zewnętrznych (temperatury światła, powietrza – tlenu), jak i wewnętrznych (obecność enzymów tkankowych, wody, substancji działających proutleniająco oraz o właściwościach przeciwutleniających). Istotną rolę odgrywa też rodzaj zastosowanego surowca.

Do zmian fizycznych zalicza się:

1. Pociemnienie barwy
2. Zmianę lepkości i napięcia powierzchniowego
3. Zwiększenie intensywności dymienia
4. Zwiększenie intensywności pienienia
5. Powstawanie niepożądanego zapachu.

Do podstawowych przemian chemicznych zachodzących w tłuszczach zaliczamy hydrolizę, utlenianie i polimeryzację.

1. *Hydroliza tłuszczów*– związana jest z rozpadem wiązań estrowych w cząsteczkach triacylogliceroli, pod wpływem wody zawartej w ogrzewanych produktach. Reakcja prowadzi do powstawania diacylogliceroli, monoacylogliceroli oraz wolnych kwasów tłuszczowych, w skrajnym przypadku glicerolu. Uwolnione na skutek hydrolizy kwasy mogą ulegać dalszym wtórnych przemianom o charakterze oksydacyjnym, jak również może dochodzić do rozpadu tych kwasów na kwasy o krótszym łańcuchu węglowym.

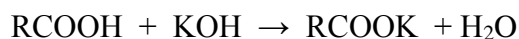
5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

2. *Utlenianie* – zachodzi pod wpływem tlenu z powietrza rozpuszczonego w tłuszczu. Przyłącza się on do atomu węgla w pozycji α od podwójnego wiązania kwasu tłuszczowego tworząc wodoronadtlenek (hydronadtlenek). Wraz ze wzrostem liczby podwójnych wiązań w tłuszczu rośnie liczba miejsc podatnych na utlenianie (pozycji α), a zatem wzrasta szybkość procesu utleniania. Każde następne wiązanie podwójne w kwasie tłuszczowym zwiększa podatność na utlenianie nawet 10-krotnie. Wodoronadtlenki są nietrwałe i ulegają oksydatywnej polimeryzacji (90%) i rozkładowi (10%). Produktami rozkładu są aldehydy, ketony i aldehydoketony. Związki te są lotne i nadają zapach zjełczałego tłuszczu.
3. *Polimeryzacja termiczna* – jest procesem przebiegającym w głębszych warstwach tłuszczu, gdzie z uwagi na obniżoną w wysokiej temperaturze rozpuszczalność tlenu ograniczony jest dostęp tlenu do cząsteczek tłuszczu. Przyczyną polimeryzacji tłuszczów jest zatem długotrwałe ogrzewanie w wysokiej temperaturze. Produktami tego procesu są polimery proste i cykliczne, często o dużej masie cząsteczkowej. Ich obecność powoduje wzrost lepkości i pociemnienie tłuszczu. Produkty przemian polimerycznych mogą być toksyczne.

1.4. Parametry jakości tłuszczu.

Do określania tych niekorzystnych zmian zachodzących w tłuszczach służą tzw. *liczby tłuszczowe*. Do podstawowych liczb tłuszczowych należą:

1. **Liczba kwasowa (LK)** – wyraża się ją jako liczbę miligramów wodorotlenku potasu potrzebną do zobojętnienia kwasów tłuszczowych (RCOOH) zawartych w 1 g badanego tłuszczu.



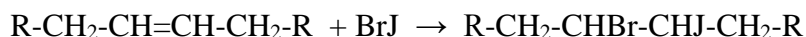
Liczba kwasowa jest miarą zawartości wolnych kwasów tłuszczowych, które w większości tworzą się w efekcie hydrolizy glicerydów, stąd jest miarą świeżości tłuszczu. Nie jest to wartość stała dla danego gatunku tłuszczu.

2. **Liczba zmydlenia (LZ)** – jest to liczba miligramów wodorotlenku potasu potrzebna do zobojętnienia wolnych kwasów tłuszczowych i zmydlenia acylogliceroli zawartych w 1 g badanego tłuszczu; parametr ten pozwala na określenie średniej masy cząsteczkowej kwasów tłuszczowych;
3. **Liczba estrowa (LE)** – wyraża się ją jako liczbę miligramów wodorotlenku potasu potrzebną do zmydlenia i zestryfikowania kwasów tłuszczowych zawartych w 1 g badanego tłuszczu; świadczy ona o długości łańcuchów kwasów tłuszczowych wchodzących w skład glicerydów

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

danego tłuszczu; jest tym wyższa, im łańcuchy są krótsze;

4. **Liczba jodowa (LJ)** – jest to liczba gramów chlorowca, w przeliczeniu na jod, która przyłącza się w określonych warunkach do podwójnych wiązań kwasów tłuszczowych znajdujących się w 100 g badanego produktu. Liczba jodowa jest miernikiem zawartości w tłuszczu nienasyconych kwasów tłuszczowych.



5. **Liczba nadtlenkowa (LOO)** – jest to liczba ml mianowanego roztworu tiosiarczanu sodu potrzebna do zmiareczkowania jodu wydzielonego z roztworu jodku potasu w wyniku działania nadtlenków zawartych w 1 g tłuszczu. LOO jest miarą zawartości nadtlenków, stąd parametr ten jest wskaźnikiem stopnia zjełczenia tłuszczu.

1.5. Ogrzewanie mikrofalowe [1]

Promieniowanie mikrofalowe to promieniowanie elektromagnetyczne, występujące pomiędzy promieniowaniem podczerwonym a falami ultrakrótkimi, o długości fali od 1 m do 1 cm, co odpowiada częstotliwości od 0,3 do 300 GHz. Powoduje ono rotację molekuł w zmiennym polu elektrycznym bez naruszania trwałości wiązań chemicznych. Kuchenka mikrofalowa jest urządzeniem powszechnie wykorzystywanym w gospodarstwach domowych do podgrzewania potraw. Mikrofałe w kuchence mikrofalowej wytwarzane są przez urządzenie zwane magnetronem i przekazywane falowodem do wnętrza kuchenki, gdzie odbijając się od jej ścian, trafiają na potrawę, która je pochłania. Na skutek tarcia drgających w polu elektromagnetycznym cząsteczek polarnych (wody) wytwarzana jest w produkcie energia cieplna. Magnetrony stosowane w kuchenkach generują fale o częstotliwości 2,45 GHz i mocy do 1600 W. Zaletą ogrzewania mikrofalowego jest jego krótki czas, dzięki czemu potrawy zachowują wartości odżywcze; wadą nierównomierny rozkład ciepła podczas ogrzewania, gdyż mikrofałe mogą wnikać w potrawę na głębokość do 5 cm. Wewnątrz warstwy produktu ogrzewają się na drodze przewodnictwa cieplnego.

2. CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

2.1. Cel ćwiczenia

Zapoznanie Studentów z wybranymi zagadnieniami dotyczącymi tłuszczów: określeniem kinetyki zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu.

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

2.2. Wykonanie ćwiczenia [1-2]

Analizowany produkt:

- olej słonecznikowy

Szkło, aparatura i akcesoria:

- zlewka 250 ml x 6 szt.
- zlewka 1000 ml 1 szt. (do przenoszenia próbki po ogrzewaniu mikrofalowym)
- kolba stożkowa 250 ml x 6 szt.
- kolba stożkowa ze szlifem x 5 szt.
- korek szklany do kolb stożkowych 5 szt.
- cylinder miarowy 100 ml
- cylinder miarowy 50 ml
- cylinder miarowy 25 ml
- bagietka szklana 2 szt.
- statyw metalowy 2 szt.
- łapa metalowa 2 szt.
- łącznik 2 szt.
- pipeta 1 ml 1 szt.
- biureta 2 szt.
- zlewka 100 ml 2 szt. (pod biuretę)
- lejek mały 2 szt. (do napełniania biurety)
- pipety Pasteura
- gumka do pipet Pasteura 3 szt.
- termometr do 300°C 2 szt.
- waga techniczna o dokładności $\pm 0,01$ g 1 szt.
- płyta grzejna 1 szt.

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

- kuchenka mikrofalowa o mocy 600 W 1 szt.

Odczynniki chemiczne:

- roztwór KOH o stężeniu 0,01 mol/l

- fenoloftaleina 1 % roztwór w etanolu

- mieszanina eter dietylowy/etanol w stosunku objętościowym 1:1 v/v zubożniona przed użyciem roztworem KOH wobec fenoloftaleiny do bladnoróżowego zabarwienia, które nie znika w ciągu 30 s.

- mieszanina chloroformu i kwasu octowego lodowatego (2:3, v:v)

- KI, nasycony roztwór wodny, świeżo przygotowany

- 2 % roztwór skrobi, świeżo przygotowany

- 0,01 M (10 mmol/l) roztwór Na₂S₂O₃

2.3. Obróbka termiczna tłuszczu

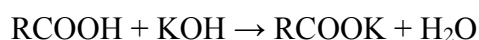
Obróbkę termiczną tłuszczu przeprowadzić dla dwóch ok. 30 g porcji umieszczonych w kolbach stożkowych, przy czym jedną z nich poddać ogrzewaniu tradycyjnemu na płycie grzejnej w 180°C przez 15 min, kontrolując termometrem temperaturę tłuszczu; drugą umieścić w kuchence mikrofalowej i poddać ogrzewaniu mikrofalowemu przez 15 minut stosując moc mikrofal 600 W (wylot kolby stożkowej przysłonić bibułą). Zmierzyć temperaturę tłuszczu przed i po zakończeniu ogrzewania mikrofalowego.

Wyznaczyć wartość liczby kwasowej i liczby nadtlenkowej dla tłuszczu wyjściowego (przed ogrzewaniem) oraz po obróbce termicznej.

2.3.1. Oznaczanie liczby kwasowej

Zasada metody

Oznaczenie polega na zubożnieniu mianowanym roztworem wodorotlenku potasu wolnych kwasów tłuszczowych występujących w badanym tłuszczu wobec fenoloftaleiny jako wskaźnika.



Wykonanie ćwiczenia

Do kolby stożkowej poj. 250 ml odważyć 10 g tłuszczu (z dokładnością do 0,01 g), dodać 50 ml

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

zobojętnionej mieszaniny eterowo-alkoholowej i dokładnie wymieszać. Następnie miareczkować z biurety mianowanym 0,01 M roztworem KOH wobec fenoloftaleiny jako wskaźnika do uzyskania jasnoróżowego zabarwienia, utrzymującego się przez 30 sekund. Analizę próbki wykonać dwukrotnie.

Równocześnie wykonać próbę ślepą (wykonać wszystkie ww. czynności bez odważenia i dodawania tłuszczu).

Obliczanie wyników

Liczbę kwasową (LK) oblicza się (w mg KOH na 1 g⁻¹ tłuszczu) ze wzoru:

$$LK = [(a-b) \times 0,5611] / m$$

Gdzie:

a – ilość 0,01 molowego roztworu KOH zużyta do miareczkowania próby właściwej [ml],

b - ilość 0,01 molowego roztworu KOH zużyta do miareczkowania próby ślepej [ml],

0,5611 ilość KOH zawarta w 1 mL 0,01 molowego roztworu KOH [mg],

m – naważka tłuszczu [g].

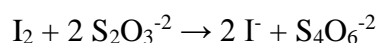
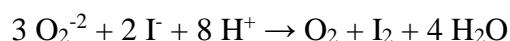
Za wynik oznaczeń należy przyjąć średnią z dwóch równoległych oznaczeń.

Interpretacja wyników

Liczba kwasowa w rafinowanych olejach roślinnych (wg PN-A-86908) powinna być mniejsza od 0,3; masła 2,0; margaryny 1,5; a smalcu 1,0.

2.3.2. Oznaczanie liczby nadtlenkowej (LOO) – zawartości nadtlenków

Metoda polega na ilościowym oznaczeniu jodu wydzielonego z jodku potasu w wyniku działania nadtlenków obecnych w badanym tłuszczu. Uwolniony jod odmiareczkuje się roztworem tiosiarczanu sodu.



Wykonanie

Do kolby stożkowej ze szlifem odważyć 2 g tłuszczu z dokładnością do 0,01 g. Do odważonej próbki tłuszczu dodać 25 ml mieszaniny chloroformu i kwasu octowego (2:3, v:v). Następnie pipetą

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

dodać 1 ml roztworu KI. Kolbę natychmiast zamknąć, roztwór mieszać przez 1 minutę, następnie pozostawić w ciemności na 5 minut. Po tym czasie dodać 75 ml wody destylowanej, opłukując przy tym starannie korek, oraz wprowadzić kilka kropli roztworu skrobi do momentu pojawienia się ciemnognatowego zabarwienia. Wymieszać zawartość i miareczkować uwolniony jod roztworem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ do uzyskania odbarwienia roztworu trwającego co najmniej pół minuty. Analizę próbki wykonać dwukrotnie.

Równocześnie wykonać próbę ślepą (wykonać wszystkie ww. czynności bez odważenia i dodawania tłuszczu).

Obliczanie wyników

Zawartość nadtlenków (LOO) wyrażona w milimolach tlenu aktywnego na 1 kilogram tłuszczu, obliczyć według wzoru:

$$\text{LOO} = (V - V_0) \cdot c / m$$

Gdzie:

V – objętość roztworu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ zużytego do miareczkowania próbki tłuszczu [ml]

V_0 - objętość roztworu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ zużytego do miareczkowania próby ślepej [ml]

c- stężenie roztworu tiosiarczanu sodu [mmol/l]

m – masa tłuszczu [g]

Za wynik oznaczeń należy przyjąć średnią z dwóch równoległych oznaczeń.

Interpretacja wyników

Liczba nadtlenkowa wyznaczona dla rafinowanych olejów roślinnych powinna być równa lub niższa niż 10,0; dla smalcu 3,0; margaryny 4,0; masła 4,5.

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW

Sprawozdanie powinno zawierać opis części eksperymentalnej, zestawienie uzyskanych wyników wraz z opracowaniem statystycznym wartości LK i LOO oraz dyskusją otrzymanych rezultatów. Analizując otrzymane wyniki należy zwrócić szczególną uwagę na wpływ sposobu ogrzewania na zmiany badanych wskaźników chemicznych, a także wskazać najbardziej prawdopodobne przyczyny zachodzących zmian.

5. Tłuszcze. Kinetyka zmian chemicznych w tłuszczach poddawanych mikrofalowemu i tradycyjnemu ogrzewaniu

Zestawienie wyników

Surowiec	Oznaczenie	Tłuszcz wyjściowy (przed ogrzewaniem)	Ogrzewanie tradycyjne 180°C, 15 min	Ogrzewanie mikrofalowe 600 W, 15 min
Olej słonecznikowy	LK [mg KOH / g tł.]			
	LOO [mmol O ₂ ⁻² / kg tł.]			

4. LITERATURA

1. Górská A., Łobacz M., Ćwiczenia laboratoryjne z chemii żywności Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009.
2. Klepacka M., (red.), *Analiza żywności*, Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa 2005.
3. Sikorski Z.E. *Chemia Żywności*, Wyd. 6, WNT, Warszawa, 2012.
4. Kumirska J., Gołębiowski M., Paszkiewicz M., Bychowska A., *Analiza żywności*, skrypt elektroniczny dla studentów Ochrony Środowiska Wydziału Chemii Uniwersytetu Gdańskiego, 2010, ISBN 978-83-7326-711-4, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010.
5. Drozdowski B., Sikorski Z., Pałasiński M., Samotus B., *Chemia żywności*. PWN, Warszawa, 1988.
6. Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska I., *Tłuszcze pożywienia i lipidy ustrojowe*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1991.