



Uniwersytet
Gdański



Katedra Analizy Środowiska

**Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych
z Analizy Żywności**

Ćwiczenie 4

Analiza kwasów tłuszczowych w smalcu techniką chromatografii gazowej z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (GC-FID)

Gdańsk, 2024

1. Wprowadzenie

Lipidy, podobnie jak białka i sacharydy, są podstawowym składnikiem wszystkich organizmów żywych. Jest to obszerna grupa związków chemicznych o bardzo złożonej i różnorodnej budowie, ulegająca wielu przemianom. Z uwagi na funkcje, jakie pełnią w ustroju ich obecność w diecie człowieka jest absolutnie niezbędna do prawidłowego rozwoju.

Tłuszcze obecne w surowcach i produktach żywnościowych są wieloskładnikową mieszaniną różnych lipidów, w której podstawowym składnikiem są triacyloglicerole. Z kolei, wszystkie inne lipidy zawarte w tłuszczach nazywa się **substancjami towarzyszącymi**. Ilość tych substancji zmienia się w zależności od rodzaju i pochodzenia tłuszczu, sposobu jego wydobywania, czy też od zabiegów jakim poddawany był przed i po wydzieleniu z surowca.

1.1. Klasyfikacja lipidów

Z uwagi na pewne podobieństwa strukturalne wyróżnić można trzy zasadnicze grupy lipidów:

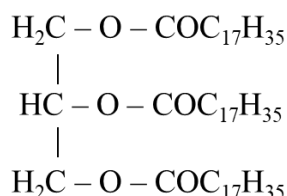
- a) **Lipidy proste** – są to estry kwasów tłuszczowych i alkoholi. Należą do nich:
 - *Lipidy właściwe* – estry kwasów tłuszczowych i glicerolu (acyloglicerole)
 - *Woski* – estry wyższych kwasów tłuszczowych i alkoholi innych niż glicerol
- b) **Lipidy złożone** – związki, które w swojej strukturze, oprócz kwasów tłuszczowych i alkoholi, zawierają również inne składniki:
 - *Fosfolipidy* – lipidy zawierające kwas fosforowy jako mono- lub diester, np. glicerofosfolipidy
 - *Glikolipidy* – związki zawierające przynajmniej jedną resztę cukrową połączoną wiązaniem glikozydowym z częścią lipidową, np. glikosfingolipidy
 - *Inne lipidy złożone* – np. sulfolipidy
- c) **Lipidy wtórne** – pochodne lipidów prostych i złożonych, powstałe w wyniku ich hydrolizy, zachowujące ogólne właściwości lipidów:
 - *Kwasy tłuszczowe*
 - *Alkohole lipidowe* – np. sterole, barwniki
 - *Węglowodory*

1.2. Acyloglicerole – budowa i właściwości chemiczne

Acyloglicerole są obojętnymi estrami glicerolu i wyższych kwasów tłuszczowych. Spośród wszystkich klas lipidów są to substancje najbardziej rozpowszechnione w naturze. Stanowią również podstawowy składnik tłuszczu spożywczego.

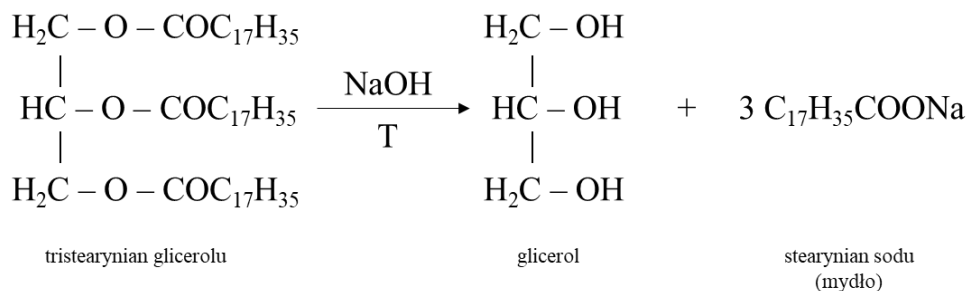
Glicerol, jako alkohol trihydroksylowy (triol), może tworzyć estry z jednym, dwoma, albo z trzema cząsteczkami kwasów, tworząc odpowiednio mono-, di- i triacyloglicerole, w różnych konfiguracjach (jednakowe są dwa lub trzy kwasy, bądź każdy jest inny).

Spośród wszystkich acylogliceroli największe znaczenie pod względem spożywczym mają **triacyloglicerole** (TAG). Przykładowa cząsteczka została przedstawiona na Rysunku 1. To właśnie one i występujące w nich kwasy tłuszczowe determinują właściwości fizyczne i chemiczne tłuszczów spożywczych, a tym samym decydują o ich przydatności technologicznej i wartości odżywczej. Diacyloglicerole nie mają większego znaczenia, zarówno w technologii tłuszczów, jak i nie odgrywają większej roli jako składnik pożywienia. Z kolei monoacyloglicerole są aktywnymi emulgatorami stabilizującymi emulsje typu woda/olej i wykorzystywane są głównie w technologii produkcji żywności.



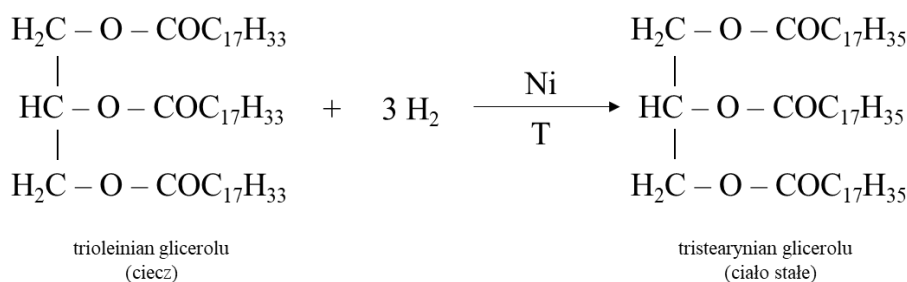
Rysunek 1. Cząsteczka triacyloglicerolu - tristearynian glicerolu.

Triacyloglicerole wykazują właściwości typowe dla estrów. W środowisku kwasowym mogą ulegać hydrolizie do glicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych, bądź też do mono- lub diacylogliceroli i kwasów tłuszczowych. Hydroliza tłuszczu zachodzi również w środowisku zasadowym, wówczas produktami reakcji są glicerol i sole (np. sodowa lub potasowa) kwasów tłuszczowych, potocznie zwane **mydlami**. Z uwagi na produkty, reakcję tę przyjęto nazywać reakcją **zmydlania** lub **saponifikacji**. Przykład reakcji hydrolizy zasadowej triacylogliceroli przedstawiono na Rysunku 2.



Rysunek 2. Reakcja hydrolizy tristearynianu glicerolu w środowisku zasadowym.

Ze względu na możliwość występowania nienasyconych kwasów tłuszczowych w cząsteczce triacyloglicerolu, związki te mogą ulegać także reakcji **addycji** (przyłączenia). Najbardziej znana jest reakcja uwodornienia, podczas której następuje przyłączenie cząsteczki wodoru w miejsce wiązań podwójnych występujących w resztach kwasowych tłuszczu nienasyconego. W efekcie cząsteczka przyjmuje charakter nasycony, a także zmienia konsystencję z ciekłej na stałą. Metoda ta jest bardzo powszechnie wykorzystywana w przemyśle spożywczym do produkcji margaryny i nosi nazwę reakcji utwardzania tłuszczu (Rysunek 3).



Rysunek 3. Reakcja uwodornienia trioleinianu glicerolu.

Dodatkowo, triacyloglicerole w stanie stałym wykazują zjawisko tzw. **polimorfizmu**, co oznacza, że mogą występować w kilku formach krystalicznych, różniących się między sobą temperaturą topnienia. Przemiany polimorficzne zachodzą najczęściej na skutek ogrzewania, chłodzenia, czy też są wynikiem krystalizacji z różnych rozpuszczalników. Co więcej, przemiany te istotnie wpływają na właściwości reologiczne (konsystencję, plastyczność) oraz inne cechy fizyczne wielu produktów spożywczych. Zatem z punktu widzenia zastosowań spożywczych oraz przemysłowych jest to raczej zjawisko niepożądane. Podejmuje się zatem wiele starań, aby przemiany krystaliczne tłuszczów podczas zabiegów produkcyjnych odbywały się w ściśle kontrolowanych warunkach, zapewniając im odpowiednią i stabilną formę krystaliczną.

Ponieważ najwięcej uwagi w analizie lipidów poświęca się kwasom tłuszczowym, zostaną one szczegółowo omówione w Rozdziale 1.3.

1.3. Charakterystyka kwasów tłuszczowych

1.3.1. Struktura i nazewnictwo

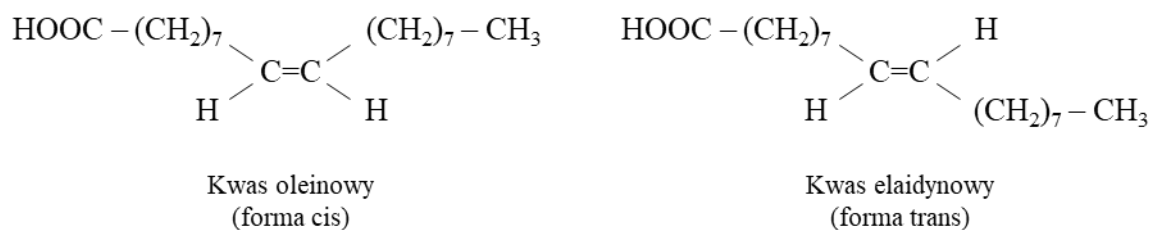
Kwasy tłuszczowe są kwasami monokarboksylowymi, czyli związkami chemicznymi zbudowanymi zwykle z prostego, nierozgałęzionego łańcucha węglowodorowego (alifatycznego) zakończonego grupą karboksylową (-COOH). Tłuszcze pochodzenia naturalnego posiadają zwykle

parzystą liczbę atomów węgla. Kwasy tłuszczowe o łańcuchach rozgałęzionych lub o nieparzystej liczbie atomów węgla występują na ogół rzadko i w niewielkich ilościach.

Ze względu na rodzaj wiązań jakie występują w strukturze łańcucha alifatycznego, kwasy tłuszczowe można podzielić na dwie grupy:

- a) **Nasycone kwasy tłuszczowe** – wszystkie wiązania pomiędzy atomami węgla są pojedyncze (Tabela 1)
- b) **Nienasycone kwasy tłuszczowe** – występują wiązania podwójne (Tabela 2), przy czym ich ilość może być różna, dlatego też wyróżnić można kwasy:
 - *Jednonienasycone* (MUFA – *MonoUnsaturated Fatty Acids*) – posiadają jedno wiązanie podwójne
 - *Wielonienasycone* (PUFA – *PolyUnsaturated Fatty Acids*) – (polienowe kwasy tłuszczowe) posiadają kilka wiązań podwójnych (zwykle od 2 do 6), przy czym zazwyczaj nie znajdują się one w bezpośrednim sąsiedztwie i są rozdzielone pojedynczą grupą metylenową (-CH₂-). Wyjątkiem są kwasy zawierające sprzężone wiązania podwójne, np. kwas rumerowy (sprzężony kwas linolowy, CLA).

Ze względu na obecność wiązania podwójnego, nienasycone kwasy tłuszczowe mogą występować w dwóch formach stereoizomerycznych: *cis* i *trans*. Forma *cis* ma miejsce, gdy atomy wodoru znajdując się po tej samej stronie względem płaszczyzny przechodzącej wzdłuż wiązania wielokrotnego, a *trans*, gdy są po przeciwnej stronie. Obecność formy *cis* powoduje zagięcie długiej osi kwasu tłuszczowego (Rysunek 4). Konfiguracja *trans* w naturze występuje rzadko.



Rysunek 4. Formy stereoizomeryczne kwasu heksadekanowego.

Kwasy tłuszczowe posiadają nazwy systematyczne, jednak nadal powszechnie stosowane są nazwy zwyczajowe, które związane są ze źródłem pierwszej ich izolacji. Nazwę systematyczną tworzy się poprzez dodanie do nazwy wyjściowego węglowodoru końcówki -owy. Dzięki temu

nasycone kwasy tłuszczowe mają końcówkę *-anowy* (np. oktadekanowy), a nienasycone kwasy tłuszczowe *-enowy* (np. oktadekenowy).

Dodatkowo kwasy tłuszczowe często oznacza się w **notacji $n : m$** , gdzie n oznacza liczbę atomów węgla w cząsteczce kwasu, wraz z tym pochodzącym od grupy karboksylowej, a m oznacza liczbę wiązań podwójnych między nimi (Tabela 1).

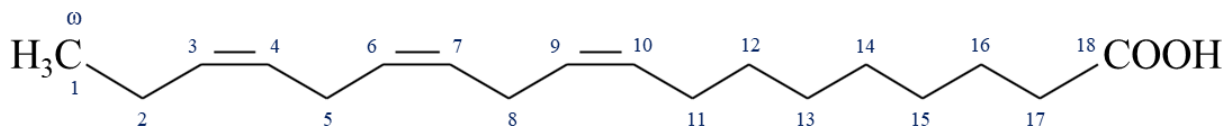
Tabela 1. Nazwy systematyczne i zwyczajowe wybranych kwasów tłuszczowych.

Liczba atomów węgla	Systematyczna nazwa kwasu	Zwyczajowa nazwa kwasu	Krótką notacja	Wzór
4	butanowy	masłowy	4:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$
6	heksanowy	kapronowy	6:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$
8	oktanowy	kaprylowy	8:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$
10	dekanowy	kaprynowy	10:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_8 - \text{COOH}$
12	dodekanowy	laurynowy	12:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$
14	tetradekanowy	mirystynowy	14:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{12} - \text{COOH}$
16	heksadekanowy	palmitynowy	16:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$
18	oktadekanowy	stearynowy	18:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$
20	eikozanowy	arachidowy	20:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$
22	dokozanowy	behenowy	22:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{20} - \text{COOH}$
24	tetrakozanowy	ligocerynowy	24:0	$\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_{22} - \text{COOH}$

W przypadku wielonienasyconych kwasów tłuszczowych taka notacja nie wystarcza, ponieważ nie daje żadnych informacji na temat położenia wiązań podwójnych. W tym celu stosuje się dwa dodatkowe sposoby opisu nienasyconych kwasów tłuszczowych:

- **Używając notacji Δ^n** – indeks „ n ” oznacza numery atomów węgla, przy których znajdują się wiązania podwójne, licząc od strony grupy karboksylowej. Jako C1 uznawany jest atom węgla grupy karboksylowej (np. zapis 18:2 $\Delta^{9,12}$ oznacza, że jest to kwas, w którym wiązania podwójne znajdują się przy 9 i 12 atomie węgla – jest to kwas linolowy)

- **Używając notacji ($\omega - i$)** – symbol „i” oznacza numer atomu węgla, przy którym znajduje się pierwsze wiązanie podwójne, licząc od strony grupy metylowej ($-\text{CH}_3$) na końcu łańcucha (np. zapis 18:3 ($\omega - 3$) oznacza, że jest to kwas, w którym pierwsze wiązanie podwójne znajduje się między 3 i 4 atomem węgla, licząc od strony grupy metylowej – jest to kwas linolenowy (Rysunek 5)).



Rysunek 5. Sposób numeracji atomów węgla nienasyconych kwasów tłuszczowych poczynając od grupy metylowej.

Tabela 2. Przykładowe nienasycone kwasy tłuszczowe.

Krótką notacja	Zwyczajowa nazwa kwasu	Lokalizacja wiązania podwójnego	Wzór
18:1	oleinowy	$\omega - 9$	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
18:2	linolowy	$\omega - 6$	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_2-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
18:3	linolenowy	$\omega - 3$	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_3-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
20:4	arachidonowy	$\omega - 6$	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_3-(\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH})_4-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$

1.3.2. Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT)

Niektóre spośród kwasów polienowych są niezbędne do prawidłowego rozwoju i normalnego funkcjonowania organizmu. Kwasy te określa się mianem **niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT)**. Mają one szczególne znaczenie w żywieniu człowieka. Odgrywają ważną rolę w zapobieganiu i leczeniu miażdżycy oraz innych stanów chorobowych prowadzących do zaburzeń gospodarki lipidów w ustroju. Ponadto powodują obniżenie poziomu cholesterolu w surowicy krwi, poprawiają pracę serca i przepływ krwi przez naczynia wieńcowe.

Do NNKT należą, m.in.:

- *kwas linolowy* – najbardziej popularny NNKT, występuje prawie we wszystkich tłuszczach i olejach roślinnych, jest głównym składnikiem oleju sojowego i słonecznikowego,
- *kwas linolenowy* – główny składnik oleju lnianego oraz oleju sojowego i rzepakowego,

- *kwas arachidonowy* – bardzo aktywny biologicznie, obecny przede wszystkim w fosfolipidach zwierzęcych (lipidach wątrobowych), jest prekursorem prostaglandyn, tromboksanów, leukotrienów (Tabela 2).

Przybliżony skład różnych tłuszczów zwierzęcych i roślinnych zestawiono w Tabeli 3.

Tabela 3. Udział procentowy poszczególnych kwasów tłuszczowych w wybranych tłuszczach zwierzęcych i roślinnych.

Źródło	Nasycone kwasy tłuszczowe [%]				Nienasycone kwasy tłuszczowe [%]		
	C ₁₂ (laurynowy)	C ₁₄ (mirystylowy)	C ₁₆ (palmitynowy)	C ₁₈ (stearynowy)	C ₁₈ (oleinowy)	C ₁₈ (rycynoleinowy)	C ₁₈ (linolowy)
Tłuszcze zwierzęce							
smalec	-	1	25	15	50	-	6
masło	2	10	25	10	25	-	5
tłuszcz ludzki	1	3	25	8	46	-	10
tłuszcz wielorybi	-	8	12	3	35	-	10
Tłuszcze roślinne							
kokosowy	50	18	18	2	6	-	1
kukurydziany	-	1	10	4	35	-	45
z oliwek	-	1	5	5	80	-	7
arachidowy	-	-	7	5	60	-	20
lniany	-	-	5	3	20	-	20
rycynowy	-	-	-	1	8	85	4
rzepakowy wysokoerukowy	b.d.	b.d.	3,2	1,4	13,1	b.d.	15,5
rzepakowy zeroerukowy	b.d.	b.d.	5,2	1,9	58,4	b.d.	22,4

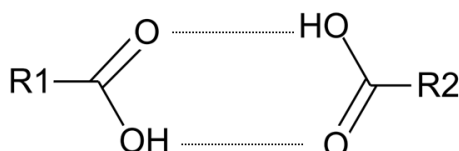
b.d. – brak danych

1.3.3. Właściwości fizykochemiczne kwasów tłuszczowych

Właściwości poszczególnych kwasów tłuszczowych zależą od długości łańcucha węglowego oraz występowania wiązań nienasyconych. Ze względu na swoją budowę chemiczną kwasy tłuszczowe wykazują charakter **amfipatyczny (amfifilowy)**, czyli posiadają zarówno fragment hydrofobowy (łańcuch alifatyczny) oraz fragment hydrofilowy (grupa karboksylowa). Obecność fragmentu hydrofilowego powoduje, że niższe kwasy tłuszczowe (do 4 atomów węgla) charakteryzują się

dobrą rozpuszczalnością w wodzie. Wraz ze wzrostem liczby atomów węgla w łańcuchu rozpuszczalność w wodzie maleje. Kwasy tłuszczowe zawierające o 4 do 12 atomów węgla w cząsteczce słabo rozpuszczają się w wodzie, a te powyżej 12 atomów węgla są substancjami praktycznie nierozpuszczalnymi w roztworach wodnych. Zdecydowanie lepiej rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych takich jak benzen, etanol, benzyna, czy izopropanol.

Kwasy tłuszczowe charakteryzują się również wyjątkowo wysokimi temperaturami wrzenia (w zakresie od 160 do 350 °C). Wpływ na ten parametr ma obecność grupy karboksylowej, która poprzez możliwość tworzenia bardzo trwałych wiązań wodorowych, stabilizuje cały układ (Rysunek 6).



Rysunek 6. Schemat tworzenia się wiązań wodorowych w obrębie grup karboksylowych cząsteczek kwasów tłuszczowych.

Temperatury topnienia rosną wraz ze wzrostem ilości węgla w cząsteczce. W kwasach posiadających mniej niż 10 atomów węgla są one na tyle niskie, że w temperaturze pokojowej kwasy te występują w postaci cieczy, natomiast związki z większą liczbą atomów węgla są ciałami stałymi.

W przypadku nienasyconych kwasów tłuszczowych ze względu na występowanie wiązań podwójnych, temperatury topnienia są niższe w porównaniu z kwasami nasyconymi o tej samej długości łańcucha, dlatego większość z nich jest cieciami. Temperatury te maleją wraz ze wzrostem liczby nienasyconych wiązań w cząsteczce.

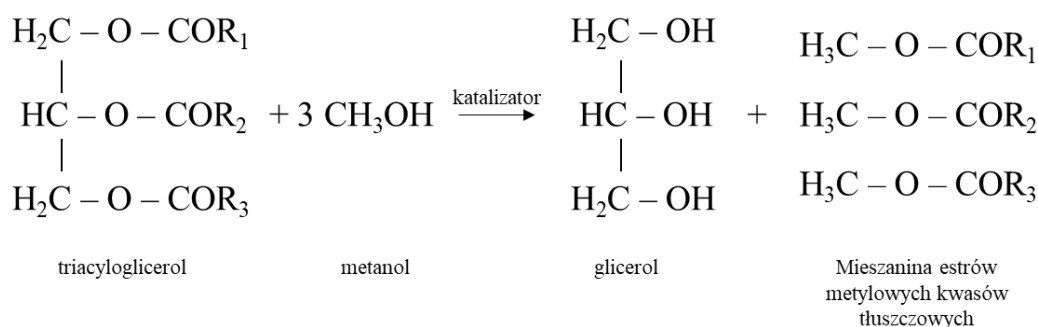
1.3.4. Analiza kwasów tłuszczowych

Niewątpliwie najwięcej uwagi w analizie lipidów poświęca się badaniom kwasów tłuszczowych. Kwasy pochodzące z naturalnych źródeł wykazują bardzo duże zróżnicowanie. Wiąże się to przede wszystkim z ich specyficzną budową: długością łańcucha węglowodorowego, stopniem nienasylenia oraz obecnością różnych grup funkcyjnych. Niekiedy oznaczanie substancji w formie niezmodyfikowanej jest niemożliwe lub utrudnione. Przeprowadza się je wówczas w pochodne, których właściwości są odpowiednie dla danej techniki analitycznej (proces ten nazywany jest

derywatyzacją). Taka sytuacja ma miejsce w przypadku kwasów tłuszczowych, które zazwyczaj analizowane są przy użyciu chromatografii gazowej (GC).

W technice GC pochodne syntezowane są głównie w celu zmiany lotności bądź polarności analitów, zwiększenia stabilności termicznej, a także zwiększenia czułości lub specyficzności oznaczania poprzez wprowadzenie dodatkowych grup funkcyjnych. Jednym z najczęściej stosowanych typów pochodnych kwasów tłuszczowych są estry metylowe. Zablokowanie grup karboksylowych uniemożliwia tworzenie się wiązań wodorowych między cząsteczkami. Skutkuje to zmniejszeniem rozpuszczalności w wodzie oraz temperatur wrzenia i topnienia estrów metylowych w stosunku do odpowiadających im kwasów.

Metoda otrzymywania estrów metylowych kwasów tłuszczowych (**FAME**, ang. *Fatty Acids Methyl Esters*) zależy głównie od charakteru analizowanej substancji. W przypadku wolnych kwasów tłuszczowych jednym ze sposobów jest estryfikacja katalizowana kwasami. Reakcja przebiega w podwyższonej temperaturze, z dużym nadmiarem bezwodnego metanolu, w obecności kwasowego katalizatora. Innymi stosowanymi do metylowania kwasów reagentami są: mieszanina BF_3 /metanol, diazometan, bądź trimetylosililodiazometan (TMSD). W przypadku kwasów związanych z glicerolem możliwe są dwa podejścia do metylowania. Jedno z nich przewiduje w pierwszej kolejności uwolnienie kwasów z zastosowaniem reakcji hydrolizy katalizowanej kwasami bądź zasadami, a następnie derywatyzację z użyciem reagentów opisanych wyżej. Natomiast drugi sposób uwzględnia **transestryfikację**, która polega na wymianie chemicznie związanego glicerolu w cząsteczce acyloglicerolu na resztę alkoholu metylowego w obecności katalizatora zasadowego lub kwasowego (Rysunek 7).



Rysunek 7. Schemat reakcji transestryfikacji.



2. Część eksperymentalna

2.1. Cel ćwiczenia

Ćwiczenie polega na oznaczaniu zawartości kwasów tłuszczowych w smalcu z wykorzystaniem techniki chromatografii gazowej z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (GC-FID).

2.2. Odczynniki, akcesoria laboratoryjne i aparatura

a) Odczynniki:

- roztwór smalcu w izooktanie (10 mg/ml)
- izooktan – 50 ml
- kwaśny siarczan (VI) sodu – 250 ml
- dichlorometan do mycia strzykawki – 10 ml
- KOH w metanolu – 3 ampułki po 500 μ l każda

b) Akcesoria laboratoryjne:

- probówki miarowe z korkiem – 3 szt.
- łopatką – 2 szt.
- pipeta szklana 0,2 ml – 3 szt.
- pipeta szklana 5 ml. – 2 szt.
- pipeta Pasteura – 10 szt.
- wialki o poj. 1,5 ml – 3 szt.
- strzykawka do gc, 10 μ l – 1 szt.

c) Aparatura analityczna

Chromatograf gazowy Shimadzu GC-2025 (Shimadzu, Kyoto, Japonia) z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym wyposażony w kolumnę kapilarną RTX 5, 30 m, 0,25 mm średnica wewnętrzna, 0,25 μ m grubość filmu fazy ciekłej (Phenomenex, Torrance, CA, USA).

2.3. Przygotowanie próbek do analizy

Do probówki z podziałką (o objętości 10 ml) wprowadzić 1 ml roztworu smalcu, dodać 3 ml izooktanu i wytrząsać. Następnie dodać 400 μ l metanolowego roztworu wodorotlenku potasu (OSTROŻNIE!). Całość energicznie wytrząsać przez około 30 sekund. Po początkowym zmętnieniu nastąpi wydzielenie glicerolu, a mieszanina reakcyjna stanie się klarowna. Następnie celem zneutralizowania wodorotlenku potasu dodać ok. 1 g kwaśnego siarczanu (VI) sodu i energicznie wytrząsać. Po opadnięciu soli zebrać pipetą Pasteura górną warstwę zawierającą estry



metylowe i przenieść do czystej wialki o objętości 1,5 ml. Przygotowaną w ten sposób próbkę poddać analizie techniką GC-FID, tak jak to opisano w Rozdziale 2.4.

2.4. Analiza estrów metyloowych kwasów tłuszczowych techniką GC-FID

Próbkę zawierającą estry metylowe kwasów tłuszczowych otrzymaną zgodnie z procedurą opisaną w Rozdziale 2.3 oraz próbkę mieszaniny wzorcowych estrów metyloowych kwasów tłuszczowych należy poddać analizie za pomocą techniki chromatografii gazowej z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym zgodnie z warunkami:

- Chromatograf gazowy z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (Rozdział 2.2, podpunkt c)
- Kolumna kapilarna RTX-5 (Rozdział 2.2, podpunkt c)
- Temperatura dozownika: 300 °C
- Temperatura detektora: 300 °C
- Program temperaturowy: od 120 °C do 220 °C, z narostem 3 °C/min
- Gaz nośny: argon
- Przepływ gazu nośnego: 1,5 ml/min
- Objętość nastrzyku: 1 µl

2.5. Opracowanie wyników

- na podstawie chromatogramu uzyskanego w wyniku analizy mieszaniny wzorcowych estrów metyloowych kwasów tłuszczowych ustalić czasy retencji poszczególnych analitów
- wykorzystując czasy retencji określone w punkcie powyżej, zidentyfikować sygnały poszczególnych substancji na chromatogramach uzyskanych w wyniku analizy próbek estrów metyloowych pochodzących z badanego smalcu
- wykorzystując metodę normalizacji wewnętrznej określić udział procentowy każdego z kwasów tłuszczowych w badanym smalcu
- obliczyć zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w smalcu, wynik podać w mg/g produktu.

3. Literatura:

- A.C. Rustan, C.A. Drevon, Fatty Acids: Structures and Properties, Encyclopedia of life Sciences, 2005
- J. McMurry, Chemia organiczna, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2003



Analiza Żywności

4. Analiza kwasów tłuszczowych w smalcu techniką GC-FID

- E. Bańkowski, Biochemia, MedPharm Polska, Wrocław, 2006
- J. Kumirska, M. Gołębiowski, M. Paszkiewicz, A. Bychowska, Skrypt ochrony środowiska, Analiza Żywności, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, 2010, 35 – 41.
- Zdzisław E. Sikorski, “Chemia Żywności, Tomy 1-3”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1994, 2007

4. Informacje dodatkowe

Zakres informacji, które student powinien umieć, aby móc uczestniczyć w zajęciach:

- definicja i klasyfikacja lipidów
- budowa i właściwości chemiczne acylogliceroli
- struktura, nazewnictwo, właściwości fizykochemiczne, metody analizy kwasów tłuszczowych i związane z tym pojęcia (derywatywacja, transestryfikacja, MUFA, PUFA, NNKT, FAME, TAG, itd.)
- metoda normalizacji wewnętrznej – sposób obliczania
- technika GC-FID – budowę, zasadę działania, podstawowe pojęcia i prawa

Przydatna literatura:

- Literatura spisana w Rozdziale 3.
- Stepnowski P., Synak E., Szafranek B., Kaczyński Z., „Techniki Separacyjne”, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, 2010