




Jak z tłuszczu ciekłego zrobić stały, czyli o procesie utwardzania tłuszczów

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film edukacyjny](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak z tłuszczu ciekłego zrobić stały, czyli o procesie utwardzania tłuszczów

W dzisiejszych czasach margaryna zyskuje popularność ze względów dietetycznych, ponieważ produkuje się ją w taki sposób, aby zawierała zdrowe dla organizmu tłuszcze *cis*.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Proces utwardzania tłuszczów stał się bardzo popularny, kiedy to Wilhelm Normann około 1903 roku wynalazł i opatentował proces częściowego uwodornienia ciekłych tłuszczów roślinnych w produkcji margaryny. Tym samym przyczynił się do znaczącego rozwoju przemysłu spożywczego. Jednak produkcja margaryny przestała cieszyć się dobrą sławą, kiedy okazało się, że podczas całego procesu tworzą się niekorzystne dla zdrowia tłuszcze typu trans. W dzisiejszych czasach częściowe uwodornienie jest praktycznie całkowicie wyeliminowane z produkcji margaryn, jednak wciąż tego typu tłuszczów używa się w przemyśle cukierniczym oraz produktach typu fast food. Jak więc przebiega proces częściowego i całkowitego utwardzania tłuszczów?

Twoje cele

- Zapiszesz równania reakcji katalitycznego uwodornienia tłuszczów nienasyconych.
- Zaklasyfikujesz wskazane procesy do całkowitego i częściowego utwardzania tłuszczów.
- Opiszysz mechanizm reakcji addycji wodoru na katalizatorze.
- Wyjaśnisz, na czym polega proces utwardzania tłuszczów, stosowany przy produkcji margaryn.

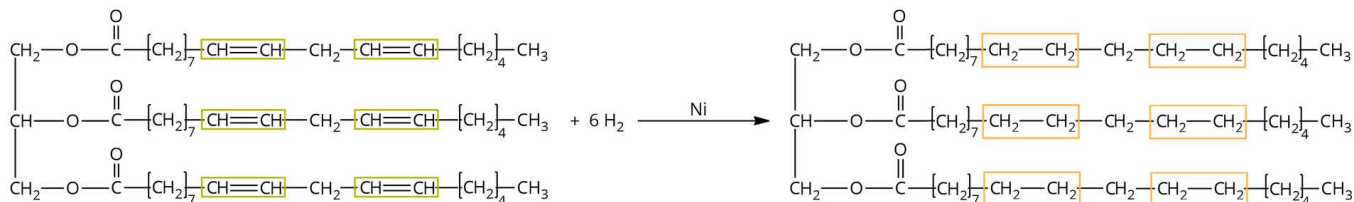
Przeczytaj

Utwardzanie

Jeżeli nienasycone **tłuszcze** powstają z kwasów, w których występują wiązania wielokrotne, to mają one zdolność do przyłączania cząsteczek, m.in. wodoru, do tych wiązań. Wówczas z tłuszczu nienasyconego otrzymuje się tłuszcz nasycony, a cały proces nasycania wiązań wielokrotnych wodorem określa się mianem utwardzania. Dzieje się tak w wyniku zmiany stanu skupienia tłuszczu – z ciekłego na stały. Należy przy tym zaznaczyć, że to powszechnie używane sformułowanie nie jest w pełni poprawne, ponieważ nie wszystkie tłuszcze nienasycone występują w ciekłym stanie skupienia, np. masło orzechowe występuje w stałym stanie skupienia, a złożone są w większości z tłuszczów nienasyconych. Utwardzanie to przemysłowa nazwa katalicznego uwodornienia, ponieważ cały proces polega na dodawaniu wodoru w obecności **katalizatora** (niklowego, platynowego lub palladowego) do momentu uzyskania pożądanej konsystencji tłuszczu.

Całkowite i częściowe uwodornienie

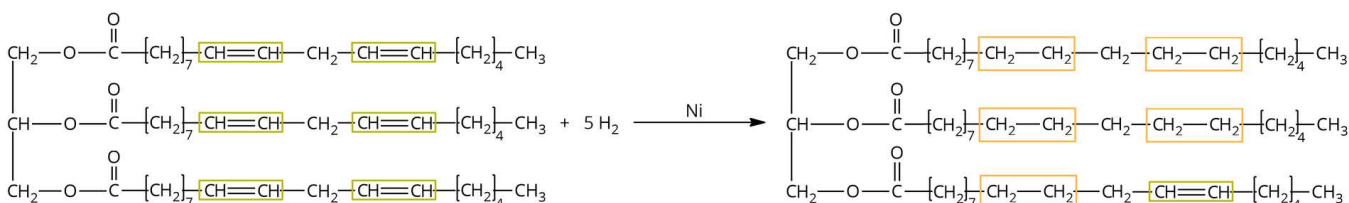
Reakcja całkowitego uwodornienia polega na redukcji wiązań podwójnych do wiązań pojedynczych między atomami węgla, prowadząc do otrzymania trwałych, nasyconych tłuszczów. Zapewnia to całkowitą zmianę konsystencji z ciekłej na stałą. Możesz to zaobserwować w poniższej reakcji otrzymywania stearynianu glicerolu (oktadekanianu propano-1,2,3-triolu) z linolenianu glicerolu (oktadek-9,12-dienianu propano-1,2,3-triolu). Częściowemu utwardzaniu poddaje się tłuszcze ciekłe, które zawierają duże ilości nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wówczas wielonienasycone reszty kwasowe przekształcają się w jednonienasycone, które często występują w niekorzystnej dla zdrowia **konfiguracji *trans*** (inaczej konfiguracji *E*). Częściowe uwodornienie polega na redukcji wiązań podwójnych w łańcuchach nienasyconych wyższych kwasów karboksylowych i **addycji** do nich atomów wodoru. Jest to reakcja nietrwała, a wiązania podwójne mogą się częściowo odtworzyć. Jednak zmienia się orientacja przestrzenna podstawników wokół wiązania podwójnego i z konfiguracji *cis* (inaczej konfiguracji *Z*, naturalnie występującej) powstaje konfiguracja *trans* o całkowicie odmiennych, szkodliwych właściwościach.



Reakcja całkowitego uwodornienia linolanu glicerolu

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Reakcja polega na redukcji wiązań podwójnych $\text{C} = \text{C}$ do wiązań pojedynczych i przyłączeniu się do nich atomów wodoru, na przykład tak jak przedstawiono poniżej.



Reakcja częściowego uwodornienia linolanu glicerolu

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Tłuszcze *trans* (*E*)

- wolniej ulegają reakcjom utlenienia, dzięki czemu mogą być wielokrotnie wykorzystane podczas smażenia, a termin przydatności do spożycia produktów przygotowanych na ich bazie jest znacznie dłuższy;
- charakteryzują się większą objętością i delikatniejszą konsystencją;
- wykorzystywane w przemyśle spożywczym, ale niekorzystne dla naszego zdrowia.

Tłuszcze *cis* (*Z*)

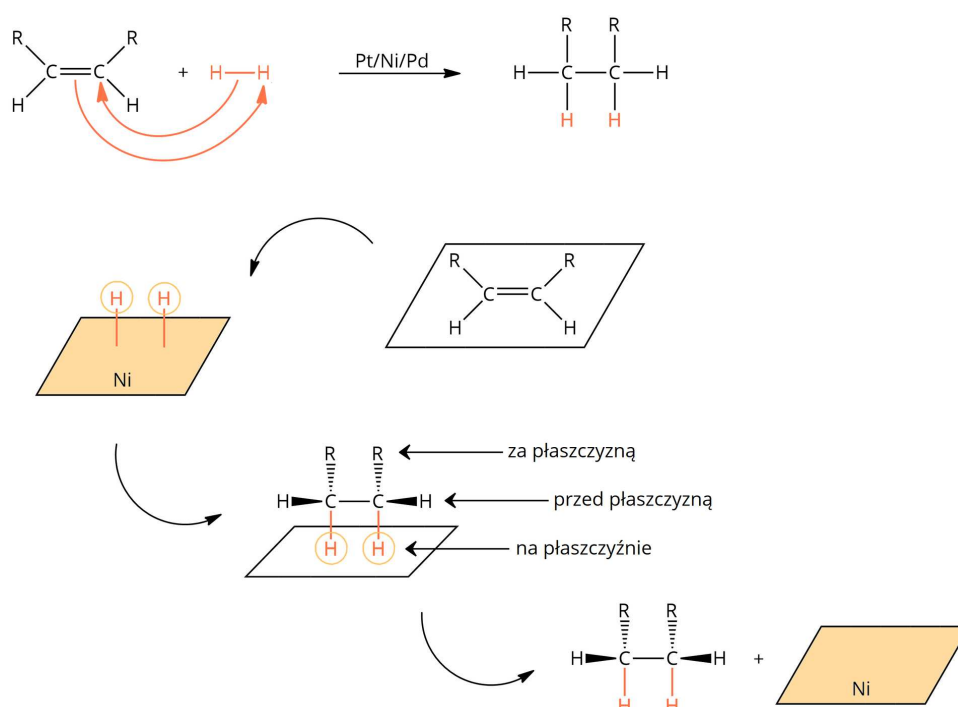
- szybciej ulegają utlenieniu, co objawia się jęłczeniem produktów zawierających te tłuszcze, co z kolei skutkuje krótszym terminem przydatności;
- choć są wykorzystywane w przemyśle spożywczym, to są one niekorzystne dla naszego zdrowia.

Ciekawostka

Początkowo masowa produkcja margaryny była koniecznością i miała zaspokoić niedobory masła. Nikt wówczas nie zwracał uwagi na zbyt dużą ilość tłuszczów *trans* spożywanych przez społeczeństwo. W dzisiejszych czasach margaryna zyskuje popularność ze względów dietetycznych, ponieważ produkuje się ją w taki sposób, aby zawierała zdrowe dla organizmu tłuszcze *cis*.

Mechanizm reakcji

Aby w pełni zrozumieć proces katalitycznego uwodornienia, należy prześledzić mechanizm tej reakcji. Przebieg addycji wodoru do nienasyconych tłuszczów różni się od typowej addycji elektrofilowej halogenów, halogenowodorów czy wody. Reakcja uwodornienia zachodzi na katalizatorze, najczęściej rozdrobnionym niklu, palladzie lub platynie. Uwodornienie tłuszczów nienasyconych najczęściej jednak przeprowadza się na katalizatorze niklowym w temperaturze 175–190 °C oraz pod ciśnieniem 1,4–2,75 atm. Schemat tej reakcji można przedstawić jak na ilustracji poniżej.



Mechanizm reakcji katalitycznego uwodornienia nienasyconych tłuszczów

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Aby cząsteczka wodoru przyłączyła się do wiązania podwójnego, najpierw musi dojść do jego rozerwania. Katalizator do reakcji uwodornienia jest dobierany tak, aby adsorbował wodór.

1. Zatem w pierwszym etapie następuje adsorpcja wodoru do katalizatora, czyli przyłączenie atomów wodoru w formie gazowej do powierzchni metalu.
2. Następnie do powierzchni katalizatora zbliża się cząsteczka zawierająca wiązanie podwójne.
3. W trakcie przyłączenia cząsteczki wodoru dochodzi do sytuacji, gdzie dwie płaskie struktury przyłączają się do siebie. W takim przypadku atomy wodoru mogą przyłączyć się jedynie po tej samej stronie, a w płaszczyźnie wiązania podwójnego (klin oznacza, że

dana część wystaje przed płaszczyznę (skierowana do nas), a przerywane kreski oznaczają, że dana część cząsteczki skierowana jest za płaszczyznę).

- Następnie od katalizatora odrywa się uwodorniona cząsteczka, w której hybrydyzacja atomów węgla zmienia się z sp^2 na sp^3 . Wokół atomów węgla powstaje otoczenie tetraedyczne, gdzie cząsteczka ma budowę przestrzenną, a katalizator odtwarza się.

Słownik

tłuszcze

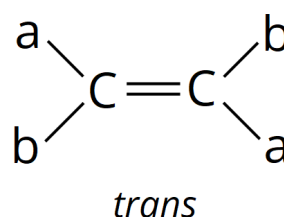
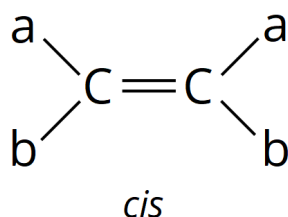
mieszaniny estrów glicerolu (nazwa systematyczna to propano-1,2,3-triol) i różnych wyższych kwasów karboksylowych, potocznie nazywanych kwasami tłuszczowymi

addycja elektrofilowa

(łac. *additio* „dodawanie”) reakcja addycji, czyli łączenia, w której związek, posiadający niedomiar elektronów (elektrofil), przyłącza się do związku chemicznego, posiadającego nadmiar elektronów bez powstawania produktów ubocznych

konfiguracja *cis/trans*

konfiguracja *trans*, inaczej konfiguracja *E*; jedna z możliwości rozmieszczenia atomów lub grup atomów wokół wiązania podwójnego w izomerii geometrycznej; oznacza, że po dwóch stronach wiązania podwójnego te same atomy lub grupy atomów rozmieszczone są w przeciwnym kierunku; przeciwieństwem do konfiguracji *trans* jest konfiguracja *cis* (inaczej konfiguracja *Z*), która oznacza rozmieszczenie po dwóch stronach wiązania podwójnego tych samych atomów lub grup atomów w tym samym kierunku



Schematyczne porównanie konfiguracji *cis* i *trans*

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

katalizator

substancja chemiczna, która dodana do reakcji obniża jej energię aktywacji, tym samym ją przyspiesza; katalizator nie zużywa się podczas reakcji chemicznej

ciśnienie 1 atm

odpowiada 101325 Pa; atmosfera fizyczna to pozaukładowa jednostka miary ciśnienia; atmosfera fizyczna odpowiada średniemu ciśnieniu atmosferycznemu na poziomie morza na Ziemi

Bibliografia

Danikiewicz W., *Chemia organiczna. Część III*, Warszawa 2009.

Kaznowski K., *Chemia. Vademecum maturalne*, Warszawa 2016.

McMurry J., *Chemia organiczna*, Warszawa 2000.

McMurry J., *Chemia organiczna*, Warszawa 2016.

Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna*, Warszawa 1985.

Film edukacyjny

Polecenie 1

Czy wiesz, jak z tłuszczu ciekłego zrobić stały? Odpowiedź na pytanie znajdziesz w poniższym filmie edukacyjnym.

Wystąpił błąd

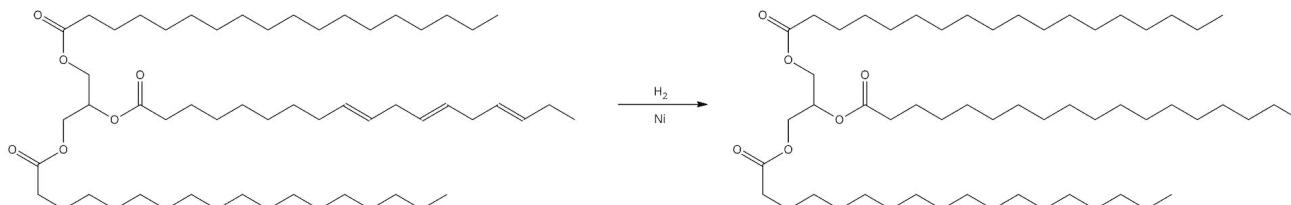
Film edukacyjny pt. *Jak z tłuszczu ciekłego zrobić stały?*

Źródło: reż. GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej procesu utwardzania tłuszczów.

Ćwiczenie 1

Poniżej przedstawiono w sposób schematyczny reakcję przykładowego uwodornienia pewnego tłuszczu ciekłego.



Równanie reakcji uwodornienia tłuszczu ciekłego

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Nazwij systematycznie tłuszcz powstały w wyniku powyższej reakcji uwodornienia.

Ćwiczenie 3

Jaką rolę pełni w tej reakcji nikiel?

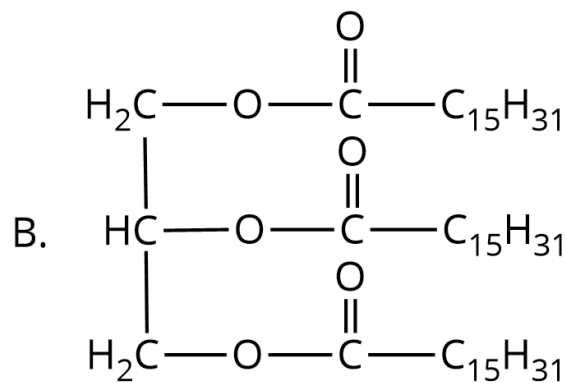
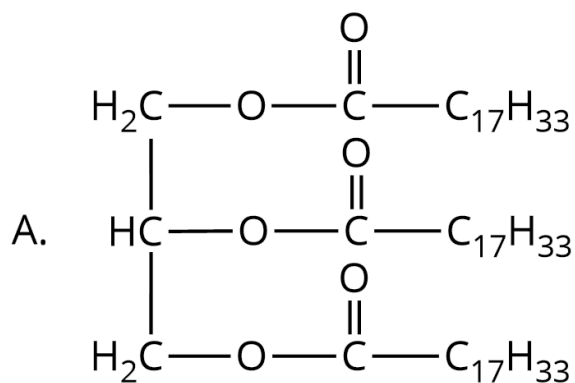
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Poniżej podano wzory półstrukturalne tłuszczów.



Wzory grupowe tłuszczów

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wskaż prawdziwe odpowiedzi dotyczące tych tłuszczów.

- Tłuszcz A jest tłuszczem wielonienasyconym, a tłuszcz B tłuszczem jednonienasyconym.
- W wyniku całkowitego uwodornienia tłuszczu A otrzymuje się tristearynian glicerolu.
- Objętość wodoru w warunkach normalnych, którą zużyje się w reakcji całkowitego uwodornienia 0,2 mola tłuszczu A, wynosi 13,44 dm³.
- W wyniku całkowitego uwodornienia tłuszczu B otrzymuje się tripalmitynian glicerolu.

Ćwiczenie 2



Oceń prawdziwość podanych poniżej informacji.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Reakcja uwodornienia zachodzi według mechanizmu substytucji elektrofilowej.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Do reakcji utwardzania tłuszczów używa się następujących katalizatorów: Pt, Ni oraz Pd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W reakcji uwodornienia z tłuszczu ciekłego można otrzymać tłuszcz stały, dlatego w przemyśle taki proces nazywany jest utwardzaniem tłuszczów.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W wyniku całkowitego uwodornienia trioleinianu glicerolu, który jest tłuszczem nienasyconym, otrzymuje się tripalmitynian glicerolu, będący tłuszczem nasyconym.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pierwszym etapem addycji wodoru na katalizatorze jest adsorpcja wodoru do powierzchni metalu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 3



Zapisz równanie reakcji całkowitego uwodornienia trilinoleinianu glicerolu, którego nazwa systematyczna to oktadek-9,12,15-trienian propano-1,2,3-triolu. Jak nazywa się produkt tej reakcji chemicznej?

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 4



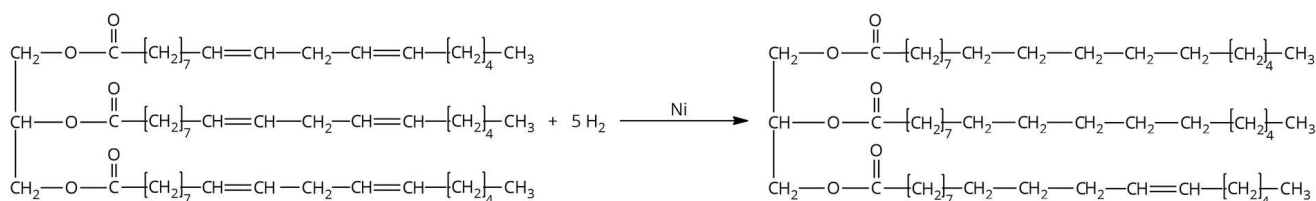
Jęłczenie to proces psucia się żywności. Jest wynikiem utlenienia nienasyconych reszt kwasów tłuszczowych w tłuszczach. Uzupełnij poniższy tekst dotyczący jęłczenia tłuszczów, zaznaczając właściwy wyraz z podanych.

W wyniku katalitycznego uwodornienia zmieniają się zarówno właściwości fizyczne, jak i chemiczne tłuszczów. Przykładowo, tłuszcz nienasycony/nasycony jęłczeje znacznie szybciej niż nienasycony/nasycony, czyli całkowicie uwodorniony. Za zachodzący szybciej proces jęłczenia tłuszczów odpowiada reakcja polegająca na ataku tlenu na atomy węgla połączone wiązaniami wielokrotnymi/pojedynczymi. Jej skutkiem jest powstawanie lotnych kwasów i aldehydów o brzydkim zapachu. Uwodornienie zmniejsza liczbę wiązań pojedynczych/podwójnych, a tym samym znacznie opóźnia/przyspiesza proces jęłczenia.

Ćwiczenie 5



Poniższa reakcja katalitycznego uwodornienia pewnego tłuszczu jest typem reakcji redoks.



Równanie reakcji katalitycznego uwodornienia pewnego tłuszczu

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

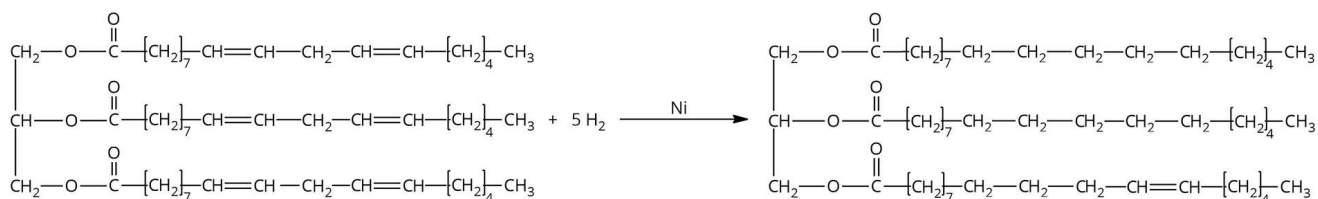
Podaj liczbę moli elektronów przyjmowanych przez 3 mole wielonienasyconego tłuszczu podczas podanej przemiany.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 6



Co w poniższej reakcji pełni funkcję reduktora, a co utleniacza? Odpowiedź uzasadnij.



Równanie reakcji katalitycznego uwodornienia pewnego tłuszczu

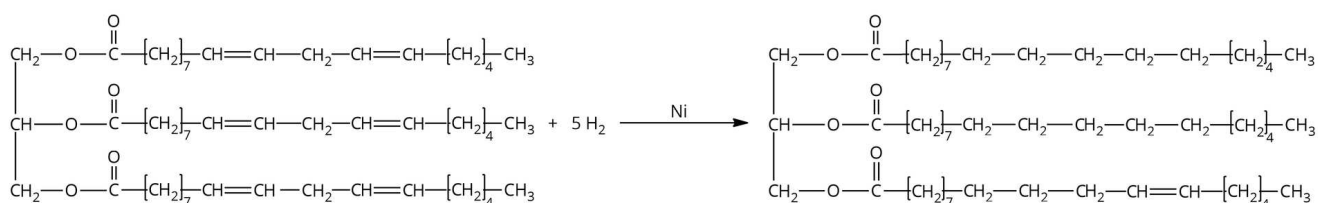
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7



Poniższa reakcja katalitycznego uwodornienia pewnego tłuszczu jest typem reakcji redoks.



Równanie reakcji katalitycznego uwodornienia pewnego tłuszczu

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zarówno w tłuszczu wielonienasyconym, jak i jednonienasyconym w podanej reakcji chemicznej występują atomy węgla o hybrydyzacji sp^2 oraz sp^3 . Wpisz do tabeli ilość atomów węgla charakteryzujących się daną hybrydyzacją.

Typ hybrydyzacji	Tłuszcz jednonienasycony	Tłuszcz wielonienasycony
sp^2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
sp^3	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ćwiczenie 8



100 g margaryny to 680 kcal. Łyżeczka takiej margaryny waży natomiast 5 g. Aby spalić taką porcję tłuszczu, człowiek ważący 70 kg może udać się na 3-minutowy trucht lub 5-minutowy spacer. Ile teoretycznie musiałby spacerować oraz ile musiałby truchtać, żeby spalić cały tłuszcz ze zjedzonych wcześniej ciastek, do przygotowania których zużył całą 200-gramową kostkę margaryny do pieczenia? Załóż, że ciastka po upieczeniu również zawierają 200 g tłuszczu.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Daria Szeliga, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: Chemia

Temat: Jak z tłuszczu ciekłego zrobić tłuszcz stały, czyli o procesie utwardzania tłuszczów

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

XVII. Estry i tłuszcze. Uczeń:

7) opisuje przebieg procesu utwardzania tłuszczów ciekłych; pisze odpowiednie równanie reakcji.

Zakres rozszerzony

XVII. Estry i tłuszcze. Uczeń:

8) opisuje proces utwardzania tłuszczów ciekłych; pisze odpowiednie równanie reakcji.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- pisze równania reakcji katalitycznego uwodornienia tłuszczów nienasyconych;
- odróżnia procesy całkowitego i częściowego utwardzania tłuszczów;
- wyjaśnia mechanizm reakcji addycji wodoru na katalizatorze;
- opisuje proces utwardzania tłuszczów w procesie produkcji margaryn.

Strategia nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- prezentacja multimedialna;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film samouczek;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca zbiorowa;
- praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i z dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica, kreda.

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Chętny uczeń przedstawia krótką historię margaryny, poproszony na poprzedniej lekcji o przygotowanie się w formie prezentacji multimedialnej.
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia „utwardzanie tłuszczów”.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie samodzielnie analizują treści w e-materiale - utwardzanie tłuszczów, po czym chętny uczeń przedstawia na tablicy równanie reakcji katalitycznego uwodornienia trioleinianu glicerolu do tristearynianu glicerolu, np. rysując wzory półstrukturalne (patrz materiał pomocniczy) oraz wyjaśnia mechanizm addycji wodoru na katalizatorze niklowym. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi ucznia i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
2. Chętny lub wskazany uczeń pochodzi do tablicy i ustala stopnie utlenienia atomów węgla związanych wiązaniem podwójnym w trioleinianie glicerolu oraz stopnie utlenienia uwodornionych atomów węgla w tristearynianie glicerolu. Wskazuje proces

- utlenienia i redukcji oraz utleniacz i reduktor. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi ucznia i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
3. Kolejny uczeń określa typ hybrydyzacji atomów węgla w obydwu tłuszczach. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi ucznia i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
 4. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej film samouczek.
 5. Chętni lub wskazani uczniowie, podchodząc do tablicy, zapisują równania reakcji – stosując wzory kreskowe i uwzględniając warunki:
 - trilinolenianu glicerolu z trzema molami wodoru;
 - trioleinianu glicerolu z $44,8 \text{ dm}^3$ wodoru odmierzonymi w warunkach normalnych;
 - utwardzania trilinoleinianu glicerolu za pomocą $5,418 \cdot 10^{24}$ cząsteczek wodoru.
 6. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – sprawdź się.

Faza podsumowująca:

1. Na zakończenie zajęć nauczyciel zadaje uczniom pytanie:
 - Czym jest margaryna w ujęciu chemicznym?
 - Na czym polega mechanizm reakcji addycji wodoru na katalizatorze?
 - Jakiego najczęściej używa się katalizatora w reakcji utwardzania tłuszczów?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Czego dziś się nauczyłem/łam...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – sprawdź się.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów podczas samodzielnej pracy na lekcji lub przed wykonaniem ćwiczeń dołączonych do medium. Medium może być również wykorzystane podczas wykonywania zadania domowego oraz wykorzystane przez uczniów nieobecnych na lekcji w celu uzupełnienia swoich braków.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Czym jest margaryna w ujęciu chemicznym?
- Na czym polega mechanizm reakcji addycji wodoru na katalizatorze?
- Jakiego najczęściej używa się katalizatora w reakcji utwardzania tłuszczów?

2. Schemat reakcji:

Plik o rozmiarze 137.71 KB w języku polskim