

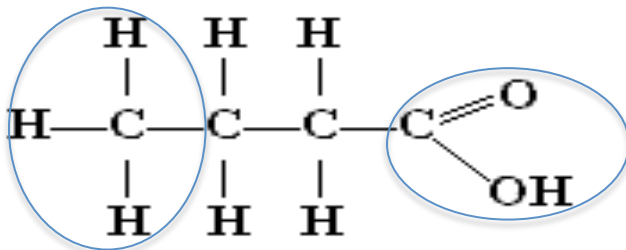
# Olika typer av fettsyror – del 1

Niklas Dahrén



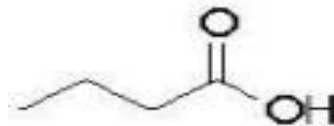
# Fettsyror är karboxylsyror

- ✓ **Fettsyror är karboxylsyror** vilket innebär att de består av en kolvätekedja som sitter ihop med en karboxylgrupp (-COOH eller egentligen  $\text{-COO}^-$  vid fysiologiskt pH). Karboxylgruppen är den funktionella gruppen vilket innebär att det är den gruppen som deltar i olika kemiska reaktioner.
- ✓ **Fettsyror har den generella formen:**  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$  (eller egentligen  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COO}^-$ ).
- ✓ **Smörsyra är den kortaste** och enklaste fettsyran och har formeln  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ . Som alla fettsyror har den en metylände (en metylgrupp) och en karboxylände (karboxylgrupp). Smörsyran kan ritas på lite olika sätt:



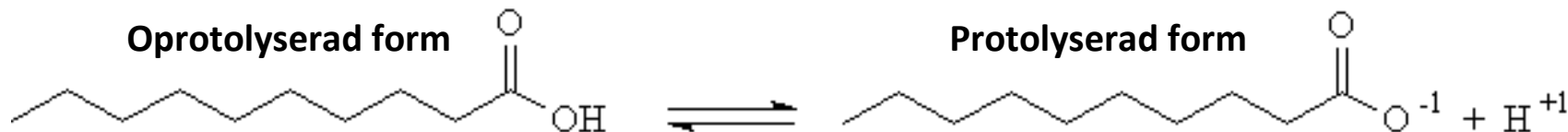
Metylgrupp,  $\text{-CH}_3$

Karboxylgrupp,  $\text{-COOH}$  (eller  $\text{-COO}^-$ )



# Fettsyror är protolyserade i kroppen

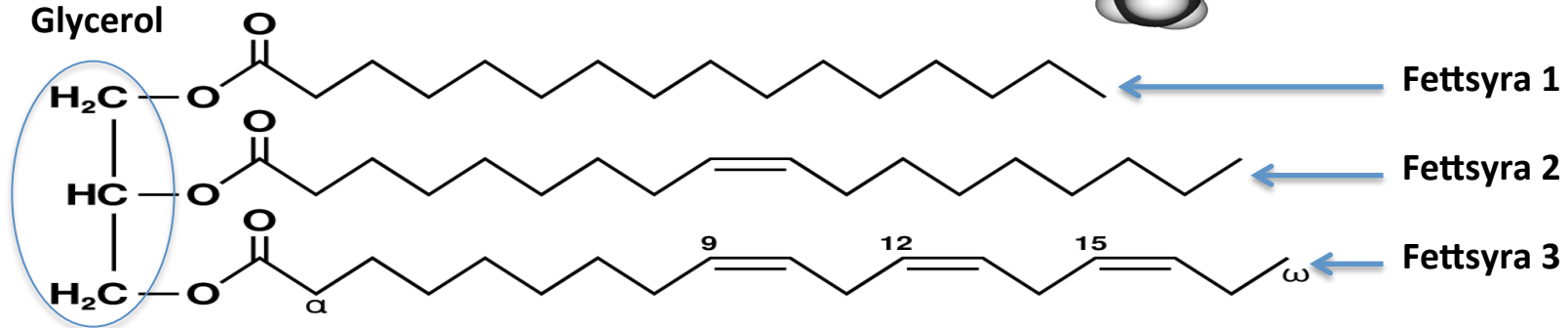
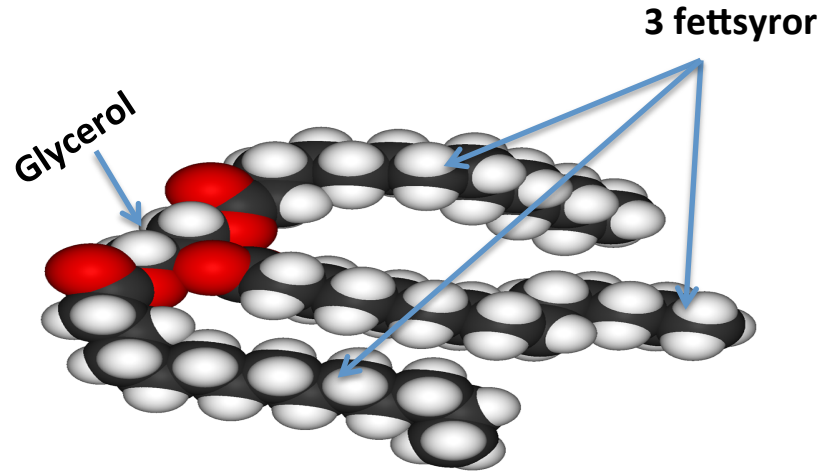
- ✓ **Fettsyror har ett  $pK_a$  på ca 4,5:**  $pK_a$  representerar det pH-värde då 50 % av ett ämnes molekyler är protolyserade (har avgett en proton). Om pH-värdet är 4,5 kommer alltså hälften av fettsyramolekylerna vara protolyserade. Om pH-värdet sjunker en bit under 4,5 kommer fler fettsyramolekyler plocka upp en proton (det finns då fler protoner i omgivningen). Om pH-värdet istället höjs en bit över 4,5 kommer en större andel fettsyramolekyler protolyseras.
- ✓ **De starkaste syrorna har  $pK_a$  under 1:** Starka syror (svavelsyra, saltsyra, salpetersyra) protolyseras nästan helt i vattenlösningar även om pH-värdet är mycket lågt och dessa syror har därmed låga  $pK_a$ -värden (under 1).



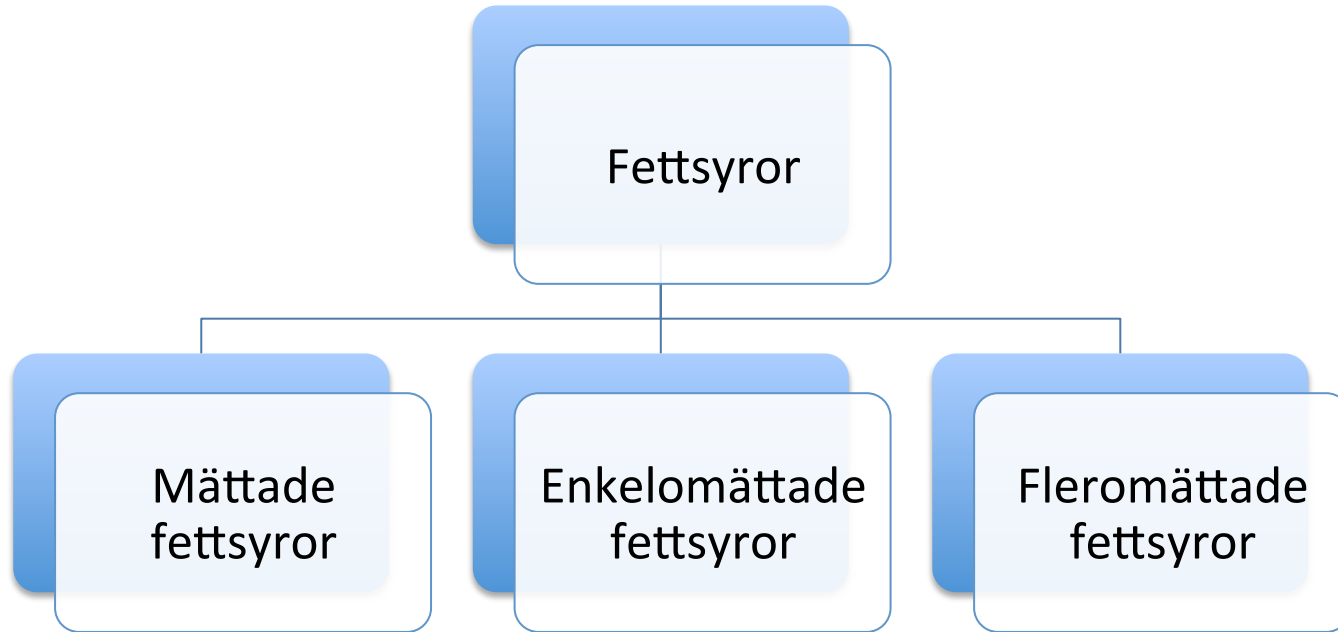
I kroppen är pH-värdet 7,4 vilket innebär att det är långt över fettsyrornas  $pK_a$ -värde. Fettsyrorna är därför i denna protolyserade form i kroppen.

# Triglycerider är uppbyggda av fettsyror

- ✓ **Triglycerider (eller triacylglyceroler)** består av alkoholen glycerol som binder tre fettsyror. De fettsyror som binder till glycerolmolekylen kan vara av samma typ eller olika.



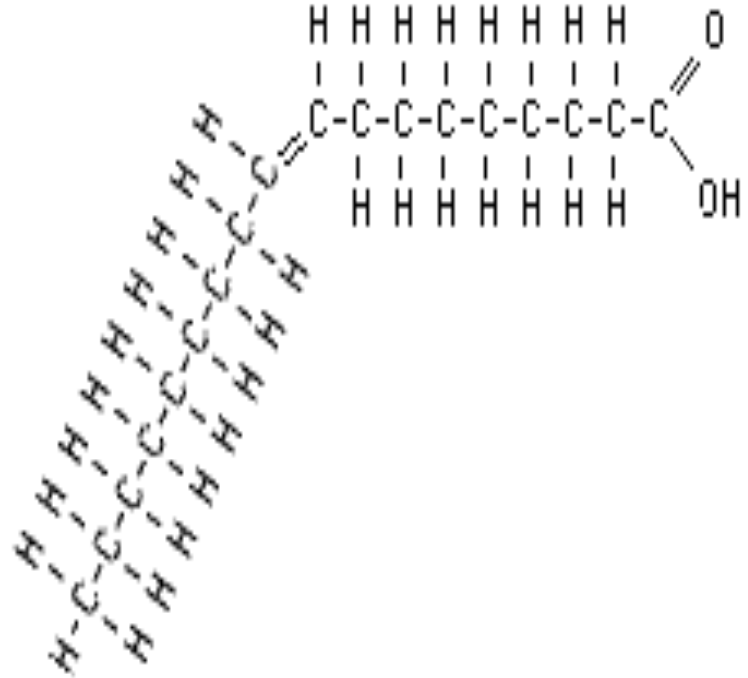
# Fettsyrornas indelning





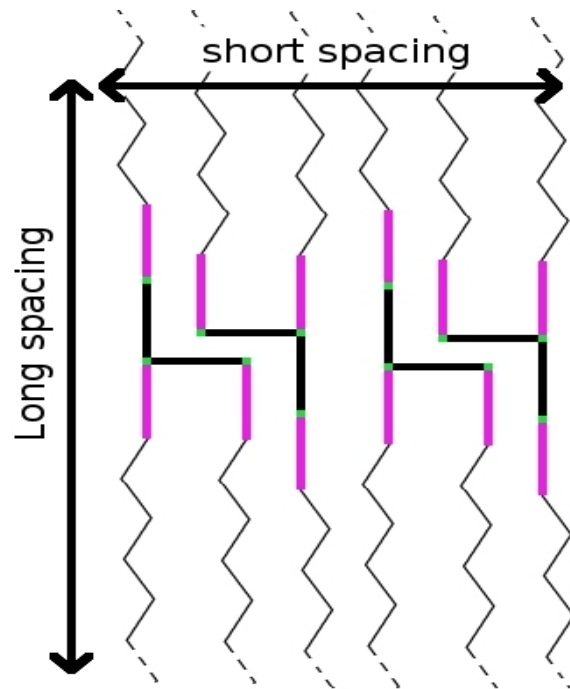
# Varför har omättade fettsyror en böjd struktur?

- ✓ Vid dubbelbindningen sitter väteatomerna på samma sida (cis-struktur) och det innebär att hela fettsyran får en böjd form eftersom elektronerna repellerar varandra och intar största möjliga avstånd från varandra.



# Fettsyrornas struktur påverkar egenskaperna

- ✓ **Mättade fettsyror har inga** dubbelbindningar och har därför en rak struktur.
- ✓ **Triglycerider eller fosfolipider med mättade fettsyror** kan packas väldigt tätt p.g.a. fettsyrornas raka struktur. Detta gör att det blir många kontaktpunkter mellan olika fettsyror och därmed starka bindningar. Det leder till att fetter med stor andel mättade fettsyror får hård konsistens och hög smältpunkt (t.ex. smör).
- ✓ **Eftersom omättade fettsyror** är krokiga går dessa inte alls att packa lika effektivt och det leder till att fetter med mycket omättade fettsyror blir mjuka och får låga smältpunkter (t.ex. rapsolja).
- ✓ **Om ett cellmembran innehåller** många mättade fettsyror så blir cellmembranet "stelare" och mindre flexibelt jämfört med om det innehåller en hög andel omättade fettsyror.

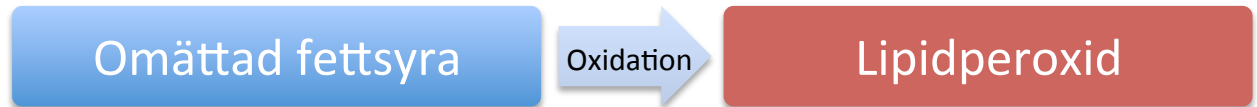


Bildkälla: By Laghi. I (Own work) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons



# Omättade fettsyror kan förstöras genom en typ av oxidation som kallas för "lipidperoxidation"

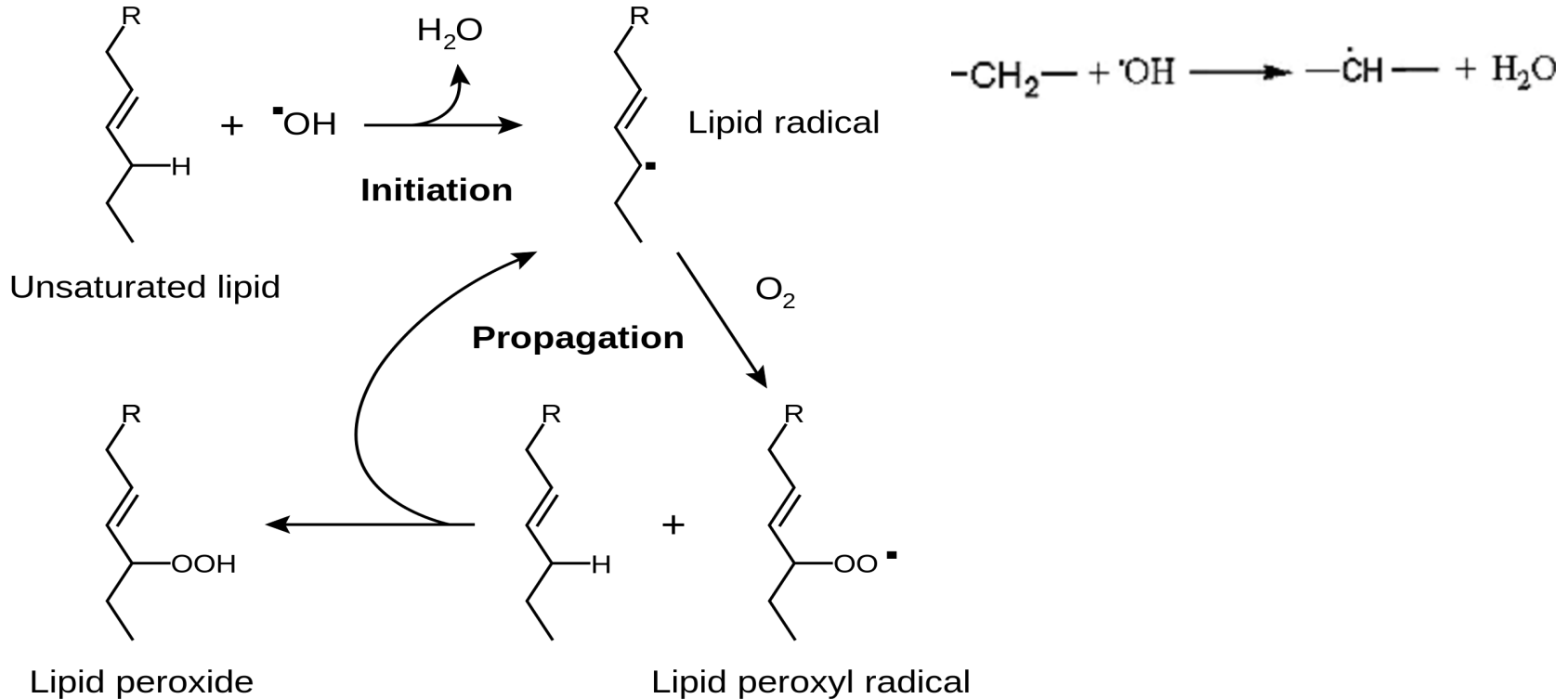
- ✓ **Oxidation:** Elektroner avges helt eller delvis från molekyl. Det kan ske på flera olika sätt. Här nedan anges tre vanliga sätt.
  1. Oxidation kan ske genom att en eller flera väteatomer avges från molekyl (varje väteatom har 1 elektron som då också försvinner iväg).
  2. Oxidation kan ske genom att en eller flera syreatomer kopplas på molekyl. Syreatomer är mycket elektronegativa och drar åt sig elektroner från den ursprungliga molekyl.
  3. Oxidation kan ske genom att en eller flera elektroner avges från atomen/molekyl (enbart elektronerna avges och inte en hel atom).
- ✓ **Lipidperoxidation:** Lipidperoxidation innebär att en fettsyra oxideras. Den produkt som bildas kallas för en "lipidhydroperoxid" men oftast förkortas namnet till "lipidperoxid" eller "fettperoxid".



# Fria radikaler och antioxidanter

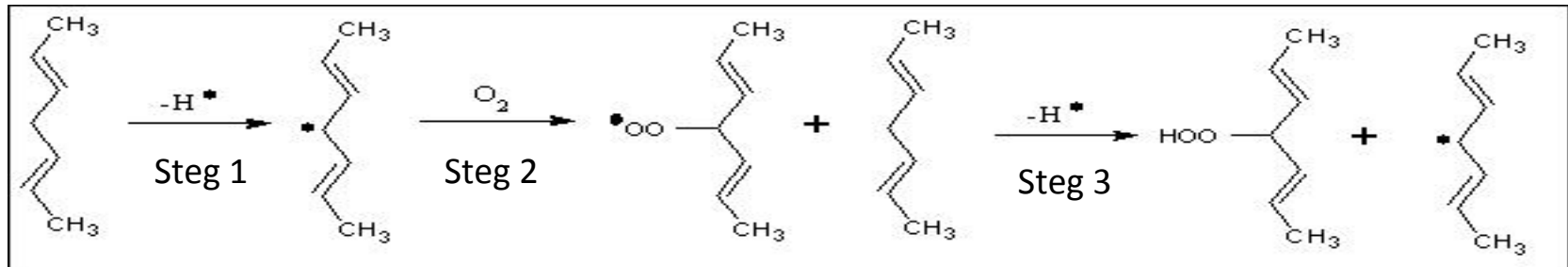
- ✓ **Fria radikaler:** Fria radikaler är ämnen som har s.k. "oparade elektroner" och vill ha en elektron till. De är därför ostabila och reaktiva. De fria radikalerna "stjäl" därför de elektroner från andra ämnen, t.ex. från fettsyror. Vi kan få i oss fria radikaler genom t.ex. cigarettrökning men de kan även bildas i våra kroppar.
- ✓ **Reaktiva syreföreningar/syreradikaler** (ROS; reactive oxygen species) bildas hela tiden i elektrontransportkedjan i mitokondrierna som en biprodukt. Hydroxylradikalen ( $\bullet\text{OH}$ ) är den reaktivaste av dessa. Den kan lätt attackera och oxidera ämnen där det finns dubbelbindningar, t.ex. omättade fettsyror, DNA och proteiner.
- ✓ **Antioxidanter:** Antioxidanter skyddar fettsyror och andra ämnen genom att fungera som "livvakter" och offra sig själva. Antioxidanter donerar elektroner åt de fria radikalerna och därför skyddas fettsyror.
- ✓ **Exempel på antioxidanter:** C- och E-vitamin och olika fytokemikalier är exempel på antioxidanter. Fytokemikalier är färgämnen som finns i frukt, bär och grönsaker och som är verksamma i växternas immunförsvar. Fytokemikalierna skyddar även cellerna mot fria radikaler. På 1940-talet upptäckte man att E-vitamin kan skydda omättade fettsyror mot oxidering. E-vitamin kan tillsättas i livsmedel som till exempel fiskolja för att hålla dem färska och förhindra härskning. E-vitamin finns bl.a. i frukt och grönsaker, vegetabiliska oljor, nötter och frön.

# Hur går lipidperoxidationen till?



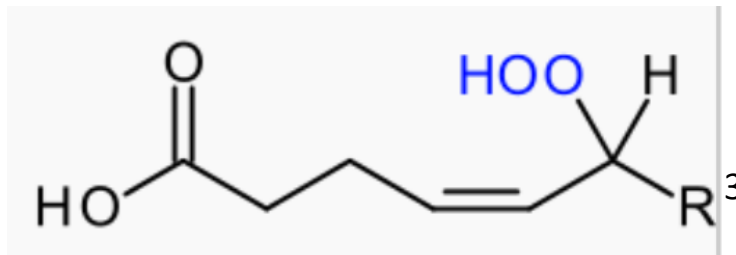
# Lipidperoxidationen förklarad i detalj

- ✓ **Steg 1:** En fri radikal (t.ex. hydroxylradikalen,  $\bullet\text{OH}$ ) vill ha en till elektron och rycker loss en väteatom (oxidation) som sitter på en metylengrupp nära en eller mellan två dubbelbindningar (vatten bildas). Kvar blir då på fettsyran en ensam och oparad elektron. Nu är det alltså fettsyran som är en fri radikal.
- ✓ **Steg 2:** Vanliga syremolekyler har också 2 oparade elektroner (men är inte alls lika reaktiva som t.ex. hydroxylradikalen). Syremolekylen attraheras därför av den "kvarlämnade" elektronen och binder därmed till fettsyran. I syremolekylen (som nu sitter på fettsyran) finns det fortfarande en oparad elektron.
- ✓ **Steg 3:** Den oxiderade fettsyran (fettsyra 1) kommer nu kunna oxidera en annan fettsyra (fettsyra 2). Den oparade elektronen på syret i fettsyra 1 kommer attrahera och "stjäla" en väteatom från fettsyra 2. Fettsyra 1 blir då en "lipidperoxid" medan fettsyra 2 blir en fri radikal som i sin tur kommer oxidera en annan fettsyra osv. En kedjereaktion har satts igång.



# Lipidperoxider (fettperoxider) är skadliga

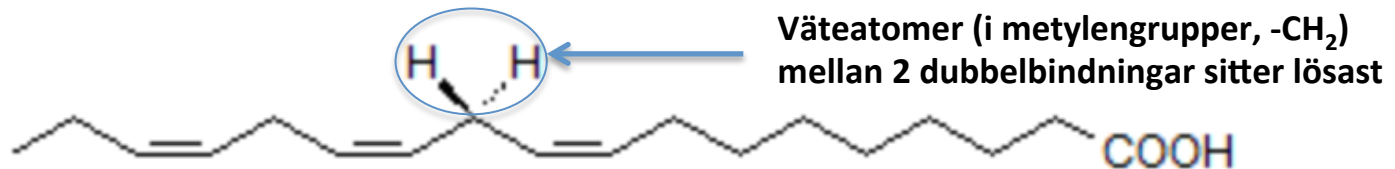
- ✓ **Lipidperoxiderna (LOOH)** är skadliga för kroppen. Peroxidgruppen (O-O) förstör fettsyornas struktur och funktion och leder ofta till att en spjälkning sker av fettsyran vilket ger upphov till olika ämnen som är farliga för kroppen. Vissa av dessa fungerar som fria radikaler.
- ✓ **Lipidperoxiderna och de ämnen** som bildas från dessa är sammankopplade med många allvarliga sjukdomar och sjukdomstillstånd i våra kroppar. Hög halt lipidperoxider i cellerna verkar t.ex. kunna bidra till insulinresistens, cancer och själva åldrandet av cellerna. Lipidperoxider i LDL-partiklarna (ox-LDL) i blodet är sammankopplade med ateroskleros och därmed också hjärt- och kärlsjukdomar.
- ✓ **Peroxider=** Ämnen som har en enkelbindning mellan 2 syreatomer (O-O).



*En enkelomättad fettsyra som har genomgått lipidperoxidation och blivit en lipidperoxid.*

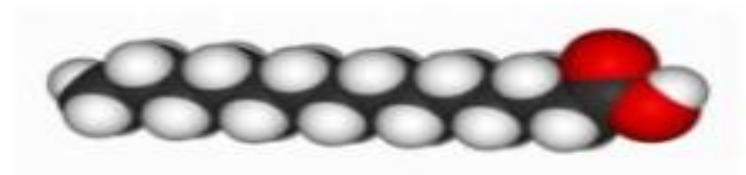
# Fleromättade fettsyror oxideras lättast

- ✓ **Väteatomer lossnar lättast hos fleromättade fettsyror:** Lipidperoxidationen startar med att en eller flera väteatomer lossnar hos fettsyran. Hos fleromättade fettsyror sitter väteatomerna lösast och lossnar därför lättast. Därför är dessa fettsyror känsligast mot lipidperoxidation.
- ✓ **Dubbelbindningar försvagar bindningarna mellan C och H i metylengrupper ( $\text{CH}_2$ ):** Väteatomer i metylengrupper ( $\text{CH}_2$ ) som sitter nära dubbelbindningar lossnar lättast eftersom dubbelbindningarna försvagar bindningarna mellan C och H (förklaringen är dock ganska komplicerad och har att göra med att den produkt som bildas kan anta olika resonansstrukturer etc.). Om väteatomerna sitter i närheten av 2 dubbelbindningar kommer det innebära att väteatomerna lossnar ännu lättare jämfört med om väteatomerna enbart sitter i närheten av en dubbelbindning (som fallet är hos enkelomättade fettsyror).



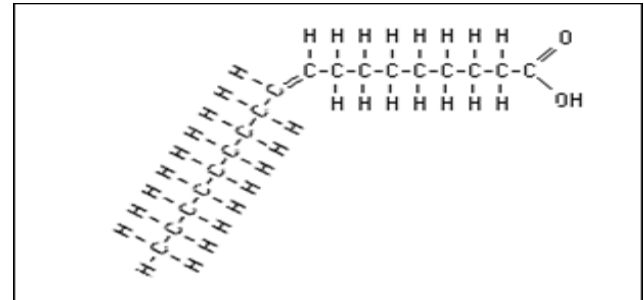
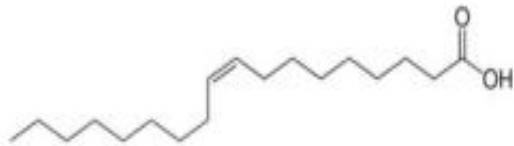
# Mättade fettsyror

- ✓ **Struktur:** Är mättade med väteatomer. Det finns inte plats för fler. Eftersom de har fullt med väteatomer behövs inga dubbelbindningar för att alla atomer ska få ädelgasstruktur. Inga dubbelbindningar innebär att fettsyran får en rak form.
- ✓ **Egenskaper:** Den raka strukturen gör att de mättade fettsyrorerna kan packas väldigt tätt och saknaden av dubbelbindningar innebär att de är skyddade mot lipidperoxidation. Dessa egenskaper har lett till att levande organismer till stor del lagrar överskottsenergi i form av långkedjade mättade fettsyror.



# Enkelomättade fettsyror

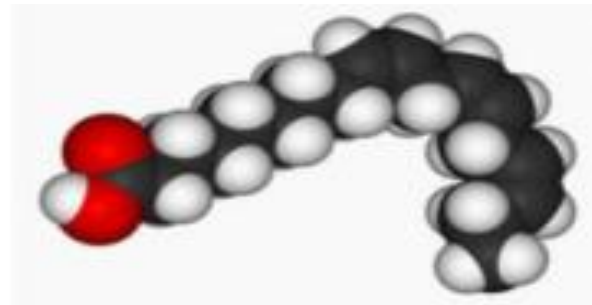
- ✓ **Struktur:** Saknar 2 väteatomer och har istället 1 dubbelbindning för att varje kolatom ska få ädelgasstruktur. Har en böjd struktur.
- ✓ **Egenskaper:** P.g.a. den böjda strukturen kan enkelomättade fettsyror inte packas lika tätt mot varandra. Färre kontaktpunkter ger svagare bindningar mellan fettsyror vilket innebär att fetter med mycket enkelomättade fettsyror får en mjukare konsistens. Dessa fetter kan genomgå lipidperoxidation tack vare dubbelbindningen, men dock inte lika lätt som hos fleromättade fettsyror.





# Fleromättade fettsyror

- ✓ **Struktur:** Saknar flera väteatomer och har istället flera dubbelbindningar för att alla kolatomer ska få ädelgasstruktur. Dubbelbindningarna ger en mycket böjd struktur.
- ✓ **Egenskaper:** P.g.a. den mycket böjda strukturen kan fleromättade fettsyror inte packas lika tätt mot varandra. Färre kontaktpunkter ger svagare bindningar mellan fettsyror vilket innebär att fetter med mycket fleromättade fettsyror har den mjukaste konsistensen av alla fetter. Dessa fettsyror genomgår lipidperoxidation lättast av alla fettsyror p.g.a. att väteatomerna mellan dubbelbindningar sitter lösast av alla väteatomer i fettsyror. Det ger den sämsta hållbarheten av alla fetter och kan också orsaka skada i våra kroppar.



# Viktiga begrepp

- Fettsyror
- Triglycerider
- Glycerol
- Karboxylsyror
- Karboxylgrupp
- $pK_a$ -värde
- Protolyserad
- Metylgrupp
- Mättade fettsyror

- Enkelomättade fettsyror
- Fleromättade fettsyror
- Lipidperoxidation
- Lipidperoxider/fettperoxider
- Metylengrupp
- ROS
- Fria radikaler
- Antioxidanter
- Peroxider

Se gärna fler filmer av Niklas Dahrén:

<http://www.youtube.com/Kemilektioner>

<http://www.youtube.com/Medicinlektioner>

