

Lipidoxidation

Indhold

Indhold	1
Introduktion	2
Lipid oxidation.....	2
Primær oxidation	2
Sekundær oxidation	4
Fotosensibilisatorer	5
Formål og hypotese	6
Metode.....	6
Resultater	10
Standardkurve.....	10
Primære oxidationsprodukter	13
Sekundære oxidationsprodukter	15
Diskussion	16
Konklusion og perspektivering.....	17
Referencer	19
Bilag 1.....	19

Introduktion

Lipider består af mange forskellige organiske stoffer, som er uopløselige i vand, men opløselige i de fleste organiske midler. Lipider i fødevarer kan være mættede eller umættede fedtstoffer, hvilket anghænger af om de indeholder dobbeltbindinger eller ej. Der findes primært et højt indhold af umættede lipider i planter og deres produkter, fx olivenolie.

Olivenolie indeholder i alt ca. 87,1% umættet fedtsyre.

Fordeling af umættet fedtsyre: 71,1% Oliesyre (C18:1, cis-9), Linolsyre (C18:2, cis-6) 8,51%, 0,608% (C18:3, cis-3) linolensyre, samt små mængder af andre umættet fedtsyre. (Forskningsgruppen for ernæring, 2022)

Lipid oxidation

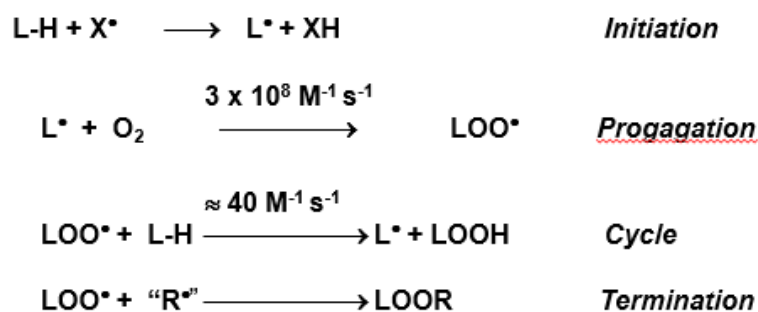
Lipidoxidation kan ske på grund af mange forskellige eksterne faktorer. Oxidationsprocessen af lipider kan initieres ved autooxidation, som er en spontan proces under tilstedeværelse af ilt, eller ved fotooxidation, hvor lys og fotosensibilisator indgår.

Lipidoxidation afhænger også af opbygningen af det enkelte lipid, dvs. om den er mættet eller umættet. Lipidoxidation stiger i takt med antallet af dobbeltbindinger:

Oliesyre n:1 (1 gang) < Linolsyre n:2 (10 gange) < linolensyre n:3 (100 gange)

Primær oxidation

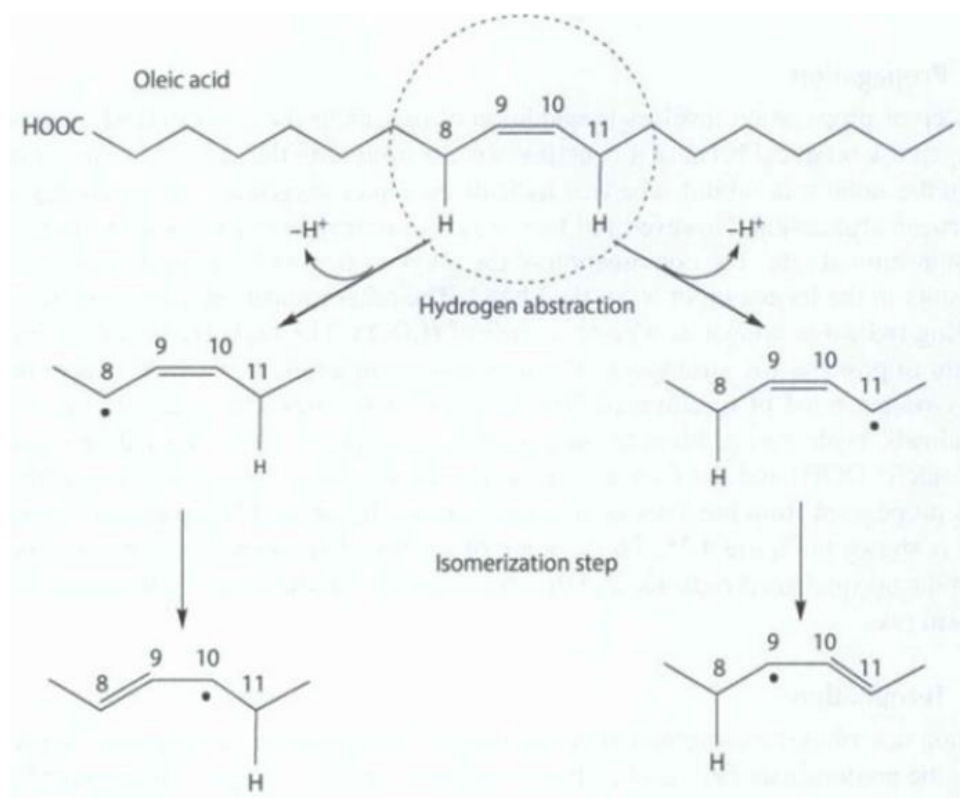
Primær lipidoxidation kan beskrives ved følgende trin: initiation, propagation og termination og forløber i rækkefølge ifølge figur 1.



Figur 1: Trin i den primære oxidation af lipider. (Powerpoint fra lipidoxidations lektionen)

I initiation trinnet reagerer et radikale med et lipid og danner et alkyl radikal (L^*) på grund af fraspaltning af hydrogenatom fra lipidet. Reaktion kan aktiveres ved hjælp af lys og/eller temperatur. Det hydrogenatom der dissocieres fra lipidet, er bundet til enten C8 og C11 (jf. Figur 2) idet denne bindingsenergi er mindsket grundet den elektronrige dobbeltbinding mellem C9 og C10 (jf. Figur 2).

Efter dannelse af alkyl radikalet, kan der ske en isomerisering fra cis til trans for at opnå en højere stabilitet. Under initiationstrinnet af olivenolie, kan alkylradikalet eksistere i fire forskellige former. (jf. figur 2)(Damodaran and Parkin, 2017)



Figur 2. Initiations trin af lipidoxidation for olivenolie.

I løbet af propagation reagerer alkylradikalet med tilgængeligt oxygen, hvorved der dannes peroxyradikal (LOO^*). Denne reaktion kan forløbe længe, idet peroxyradikalerne kan reagere med andre lipider og danne lipidhydroperoxid og et nyt alkyl radikale. Denne cyklus stopper under termination.

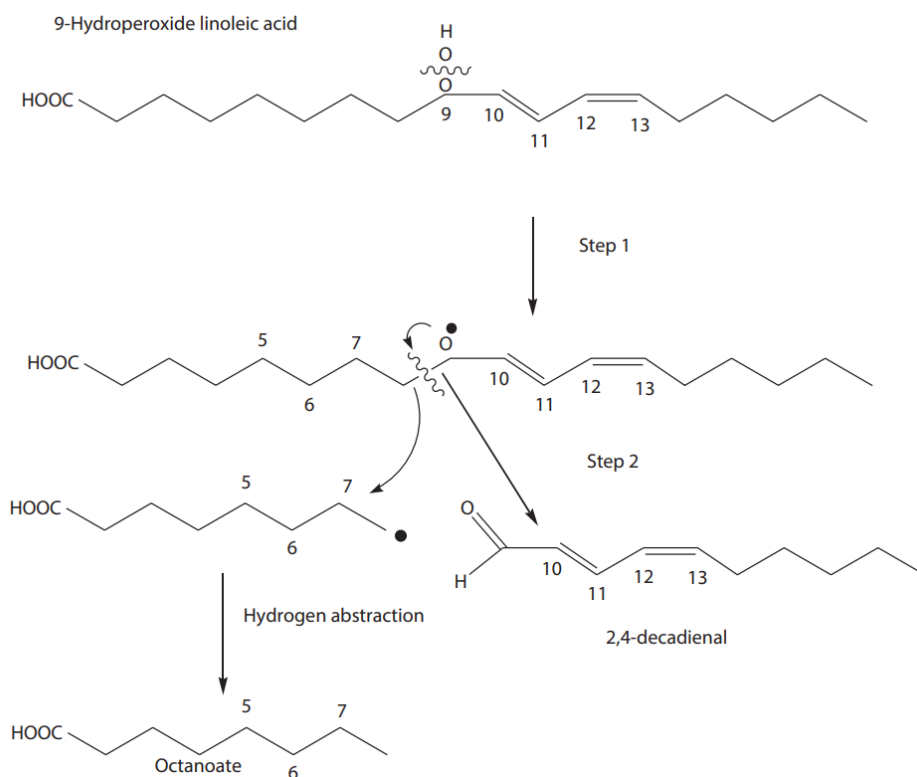
Under termination reagerer to radikaler med hinanden og danner ikke-radikale forbindelse ($LOOR$). Radikalerne kan både være alkylradikaler, peroxyradikaler eller frie radikaler fra den tilgængelige ilt. (Damodaran and Parkin, 2017)

Sekundær oxidation

Den sekundære oxidation, der kan ske i fødevarer, danner kompotener som eks. Aldehyder, ketoner og alkoholer, som giver produktet en off-flavor. Det er betakløvning, som er skyld i denne produktion af sekundære lipidoxiderationsprodukter idet betakløvning omdanner lipidhydroperoxider til disse sekundære lipidoxiderationsprodukter. Betakløvning sker i to trin. I første trin nedbrydes lipidhydroperoxidet til et alkoxy-radikale. Dvs. Lipidet indeholder et carbonatom, der er enkeltbundet til et oxygenatom. Oxygenatomet har dermed en uparret elektron, hvilket gør oxygenatomet til et radikale. I andet trin i reaktionen vil alkoxy-radikalet optage en elektron fra den nærtliggende carbon-carbon binding, hvilket resulterer i en kløvning i fedtsyrekæden. Dermed dannes to sekundære lipidoxiderationsprodukter, som afhænger af hvilken fedtsyre der kløves. (jf. Figur 3)

De sekundære lipidoxiderationsprodukter har størst indflydelse på fødevarekvaliteten, såsom ændring i smag, farve og lugt, tab af næringsværdi, dannelse af sundhedsskadelige stoffer. (Damodaran and Parkin, 2017)

Et eksempel på et sekundært lipidoxiderationsprodukt er hexanal, som findes i olivenolie.

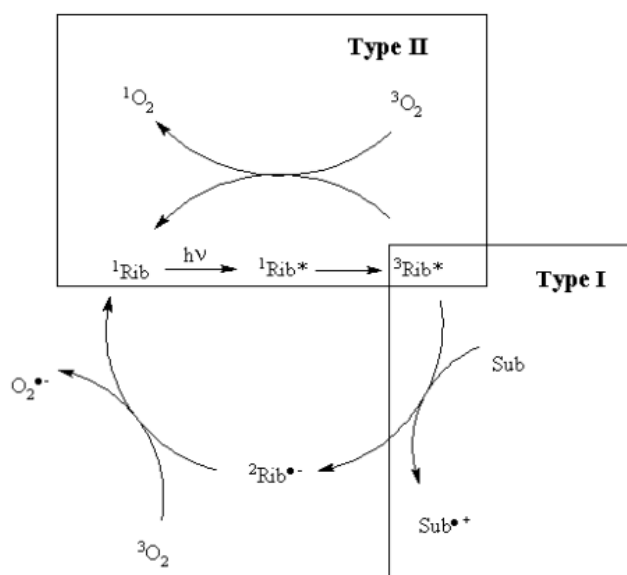


Figur 3. Sekundær oxidation af 9-hydroperoxid linolsyre

Fotosensibilisatorer

Fotosensibilisatorer er molekyler der kan absorbere lys, hvorved de i deres exciterede form kan overføre energien til et andet molekyle. Hermed sker der en kemisk ændring i molekylet. Kendetegnet for en fotosensibilisator er den kan vende tilbage til dens grundtilstand og forblive kemisk uændret, ved afslutning af den kemiske proces. Eksempel på fotosensibilisatorer som findes i blandt andet olivenolie er klorofyl, som er med til at give olien dens grønne farve.

Fotosensibilisatorer har en væsentlig rolle i lipidoxidationen, fordi vigtige molekyler for lipidoxidation såsom singlet ilt ofte bliver dannet ved fotosensibilisering. Fotooxidation kan forløbe ved to forskellige mekanismer; 'type 1' og 'type 2' (jf. Figur 4).



Figur 4. Fotooxidation type 1 og type 2

I fotooxidation type 1, vil exciterede singlet-tilstand for fotosensibilisatoren opnås ved absorption af lys. Fotosensibilisatoren i den exciterede singlet-tilstand vil herefter gennemgå intersystem krydsning og omdannes til et exciteret triplet stadie. Den exciterede triplet-stadie vil reagere direkte med substratet, som her er de umættede fedtsyrer og påbegynde initiering af den primære lipidoxidationen.

Ved fotooxidation type 2 vil fotosensibilisatoren i sin exciterede stadie i stedet reagere med triplet oxygen. Her tilbage falder fotosensibilisatoren til sit grundstadie, mens triplet oxygen exciteres til singlet oxygen. Singlet oxygen kan reagere med umættet fedtsyrer, hvilket resulterer i dannelse af lipidhydroperoxider. Dette skyldes, at singlet oxygen har et spin op og et

spin ned elektron, som matcher spinretningen af elektronerne i den umættede fedtsyres dobbeltbinding. Pga. dette match kan singlet oxygen reagere med umættede fedtsyrer 1500 gange hurtigere end triplet oxygen. De to typer fotooxidation mekanismer vil altid konkurrere med hinanden afhængige af iltkoncentrationen, og hvilke typer fotosensibilisatorer der er tilsted. (Damodaran and Parkin, 2017)

Formål og hypotese

Formålet er at undersøge indholdet af primære og sekundære oxidationsprodukter i olivenolie, som har været opbevaret i forskellige tidsperioder enten med eller uden lys. Her vil benyttes 2 forskellige målemetoder, herunder spektrofotometri, som undersøger mængden af peroxider, som er de primære oxidationsprodukter, og gaskromatografi og massespektrometri, som undersøger sekundære oxidationsprodukter, med fokus på hexanal.

Gruppens hypotese er, at de prøver som har været udsat for lys, indeholder flere primære og sekundære oxidationsprodukter, idet der her sker fotooxidation.

Metode

Del I: Primære lipidoxiderationsprodukter - Måling af peroxider

Under bestemmelse af primær oxidation måles på mængden af hydroperoxider. Dette gøres ud fra analyse af en standardkurve samt 2 forskellige olieprøver, som er duplikeret vha. spektrofotometri.

Standardkurve

En standardkurve fremstilles ud fra en stock-opløsning bestående af hydrogenperoxid opløst i Chloroform/MeOH i koncentrationen 1 mmol/L. Standardkurvens fortyndinger kan ses i tabel 1. Fortyndingerne blev lavet ved at overføre en beregnet mængde fra stock til målekolben samt fylde op til 10 mL med Chloroform/Methanol (1:1). beregningerne blev foretaget med følgende formel $c_{før} \cdot V_{før} = c_{efter} \cdot V_{efter}$.

Tabel 1: Tabellen angiver hvilket fortyndingsforhold blandingerne er i til fremstilling af standardkurven.

Koncentration	Fortyndingsforhold
80 $\mu\text{mol/L}$	800 μL fra stock samt fyldt op til 10 mL med Chloroform/MeOH
60 $\mu\text{mol/L}$	600 μL fra stock samt fyldt op til 10 mL med Chloroform/MeOH
40 $\mu\text{mol/L}$	400 μL fra stock samt fyldt op til 10 mL med Chloroform/MeOH
20 $\mu\text{mol/L}$	2500 μL fra 80 $\mu\text{mol/L}$ samt fyldt op til 10 mL med Chloroform/MeOH
10 $\mu\text{mol/L}$	1250 μL fra 80 $\mu\text{mol/L}$ samt fyldt op til 10 mL med Chloroform/MeOH
5 $\mu\text{mol/L}$	625 μL fra 80 $\mu\text{mol/L}$ samt fyldt op til 10 mL med Chloroform/MeOH

Alle målekolberne blev rystet og herefter blev prøverne overført til hver sit bægerglas for at kunne pipettere. 1 mL fra hvert bægerglas blev overført til hvert sit 10 mL testtuber. Desuden blev der fremstillet en blank og en blind tube. Blank-tuben blev benyttet til kalibrering af spektrofotometeret og derfor indeholdte denne kun Chloroform/MeOH. Blind-tuben indeholdt 1 mL Chloroform/MeOH. Da fotometeret var klar, blev der til de seks testtuber samt blindtuben tilsat 1 mL Jern(II)/thiocyanat. Samtidig med, at der blev tilsat Jern(II)/thiocyanat til den første tube, blev et stopur sat i gang. Her skulle gå præcist fem minutter før den spektrofotometriske test blev påbegyndt. Da Jern(II)/thiocyanat var tilsat blev tuberne omrystet og en del blev overført til kvartskuvette vha. en glaspipette. Kvartskuvetterne fik låg på og placeret i spektrofotometeret. Efter de fem minutter var gået blev testen startet og absorbansen af prøverne blev målt ved 500 nm og 700 nm.

Olieprøver

Gruppen fik udleveret fire olieprøver af 2 mL hver, der havde været opbevaret ved 40°C, under mild rotation for at sikre ensartethed, dog med en forskel i eksponering af lys. To af prøverne var udsat for lys i tre dage, og de andre to i syv dage.

To forskellige blandinger er blevet lavet på forhånd, som skal udvinde hydroperoxider fra vores olie, og hjælpe os med at analysere på forskellen i oxidations niveauer.

De to opløsninger var hhv:

Opløsning 1:

Chloroform:methanol i forholdet 1:1.

Jern(II)/Thiocyanat opløsning:

250 µl af opløsning 1 og 250 µl opløsning II fyldes med opløsning III til 25,0 ml.

De fire olieprøver blev hver især overført til et 10 mL reagensglas, hvor der blev tilføjet 2 mL methanol og 1 mL vand til hver af prøverne. 4 mL chloroform blev overført til et 10 mL måleglas, ved brug af en Pastaur glaspipette, da chloroform reagere med plastik. De 4 mL blev herfra overført til blandingerne, som efterfølgende blev rystet mildt. Prøverne blev centrifugeret i ti minutter ved stuetemperatur og ved 3000 rpm. Efter centrifugeringen, blev en Pastaur glaspipette brugt til at overføre minimum 1 mL af bundlaget af hver opløsning til et bægerglas. Bundlaget indeholdt den olie, der ønskedes undersøgt. Eftersom standardkurven gik fra 5 til 80 µmol/L, skulle alle prøverne ligeledes falde inden for dette område. Derfor blev prøverne fortyndet ud fra nedenstående skema:

Tabel 2. Fortynding af olien der blev udsat for lys i 3 dage, til spektrofotometri. For at kunne analysere olien, skal den fortyndes med faktor 400x

fortyndingsnummer	fortyndingsforhold	Opnået fortyndingsfaktor
1	100 µL af olieopløsningen fra det lille bægerglas fyldt op til 2 mL med Chloroform/MeOH	20x
2	100 µL fra første fortynding fyldt op til 2 mL med Chloroform/MeOH	400x

Tabel 3. Fortynding af olien der blev udsat for lys i 7 dage, til spektrofotometri. For at kunne analysere olien, skal den fortyndings med faktor 100x

fortyndingsnummer	fortyndingsforhold	Opnået fortyndingsfaktor
1	200 µL af olieopløsningen fra det lille bærgerglas fyldt op til 2 mL med Chloroform/MeOH	10x
2	200 µL fra første fortynding fyldt op til 2 mL med Chloroform/MeOH	100x
3	200 µL fra anden fortynding fyldt op til 2 mL med Chloroform/MeOH	1000x

Da fortyndingerne var færdige, var prøverne nu klar til og blive analyseret ved hjælp af spektrofotometri. Der blev overført 1 mL af hver opløsning, til nye 10 mL reagensglas og tilsat 1 mL Jern(II)/thiocyanat til alle prøverne. Fra tilføjelse af Jern(II)/thiocyanat til den første prøve, blev et stopur startet. Her skulle der gå præcist fem minutter før den spektrofotometriske test blev påbegyndt. Da Jern(II)/thiocyanat var tilsat blev tuberne omrystet og en del blev overført til kvartskuvette vha. en glaspipette. Kvartskuvetterne fik låg på og placeret i spektrofotometeret. Efter de fem minutter var gået blev testen startet og absorbansen af prøverne blev målt ved 500 nm og 700 nm.

Del II: Sekundære lipidoxidaionsprodukter - SPME GC-MS

I denne del af forsøget opnås en forståelse for analyse af hexanal, som er et sekundært lipidoxidaionsprodukt. Produktet kom fra nedbrydelse af peroxider i en olie, der havde været opbevaret ved 40 °C. Forsøget blev udført af underviserne, mens gruppen har observeret hvordan GC-MS fungerer og fået en forståelse af hvordan et spektrum kan se ud.

Resultater

Standardkurve

Koncentrationen af hydroperoxider i de forskellige olivenolieprøver blev målt vha. spektrofotometri. For at kunne beregne koncentrationerne af hydroperoxider i prøverne blev der fremstillet en standardkurve. Standardkurven er lavet ud data fra tabel 4.

Sofie Lentz Adersen (KFT)
Sofie Munch Agerskov (BT-Dip)
Vatunyu Pimkeeree Bruuse (KFT)
Mykola Franckuk (KFT)
Nicolai Skjødtt (KFT)

Gruppe 10

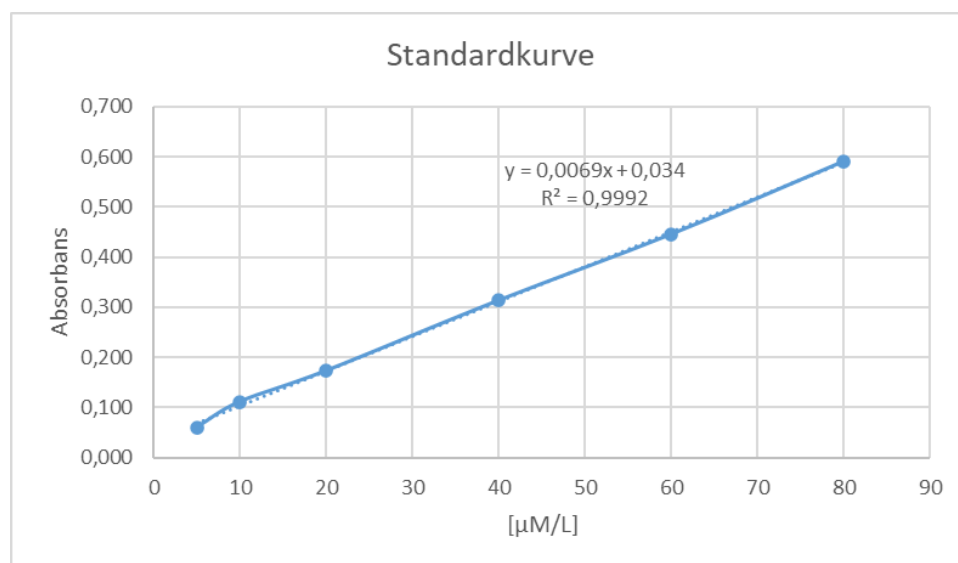
Tabel 4: Middelværdi af absorbansen ved 500 nm for de bestemte koncentrationer i standardkurven samt standardafvigelsen. Middelværdien er fratrasket absorbans ved 700 nm og den blinde på 0,058.

Prøve standardkurve [$\mu\text{M/L}$]	Middelværdi	SD
5	0,06	3,00E-04
10	0,11	1,00E-04
20	0,17	5,77E-05
40	0,31	1,73E-04
60	0,45	1,00E-04
80	0,59	1,73E-04

Tabel 4 viser forskellige koncentrationer af hydroperoxider i den første kolonne. Den anden kolonne viser middelværdi af triplicaterne. Der er blevet fratrasket den absorbans som blev målt 700 nm, samt absorbansen for den blinde prøve, for at tage højde for baggrundsstøj.

Standardkurven opstilles ved at plote hydroperoxidkoncentrationerne ud af x-aksen og middelværdierne for absorbanserne på af y-aksen fra tabel 4. Denne standardkurve viser en lineær sammenhæng mellem absorbans og koncentration af hydroperoxider med en R^2 -værdi på 0,99. Standardkurven ses i figur 4. Funktionsforskriften er $y = 0,0069 \cdot x + 0,034$.

Hvilket kan omskrives til $abs = 0,0069 \frac{L}{\mu\text{M}} \cdot konc + 0,034$.



Figur 5: Standardkurve for hydroperoxid. X-aksen angiver koncentrationen af hydroperoxid i mM/L mens y-aksen angiver absorbansen som er enhedsløs.

Standardkurven benyttes til at beregne den ukendte koncentration af hydroperoxider i de forskellige olivenolieprøver. Dette gøres ved at isolere x i standardkurvens funktionsforskrift, så det bliver muligt at udregne koncentrationen af hydroperoxider ud fra absorbansen.

$$x = \frac{y-b}{a} = \frac{y-0,034}{0,0069} \quad (1)$$

x=hydroperoxidkoncentration, y= absorbans

Primære oxidationsprodukter

Prøverne med olivenolie har været opbevaret i lys eller mørke i forskellige tidsperioder. I forsøgsprotokollen blev der opgivet forskellige fortyndningsfaktorer til de forskellige prøver, eftersom det er vigtigt, at absorbansen for prøverne ligger inden for standardkurvens interval. Således er det muligt at beregne hydroperoxidkoncentrationen i prøverne. I Tabel 7 ses hvilke prøver der blev udsat for lys eller mørke, hvor længde de blev opbevaret ved dette miljø, samt hvilken fortyndningsfaktor der skulle bruges.

Tabel 7: Prøve inddeling i forhold til lys, længde på opbevaring og fortyndingsfaktor

Prøve	Dag	Lys	Fortyndningsfaktor
1	0	N/A	100x
3	2	+	400x
5	2	-	400x
7	7	+	1000x
9	7	-	1000x
11	14	+	1000x
13	14	-	1000x

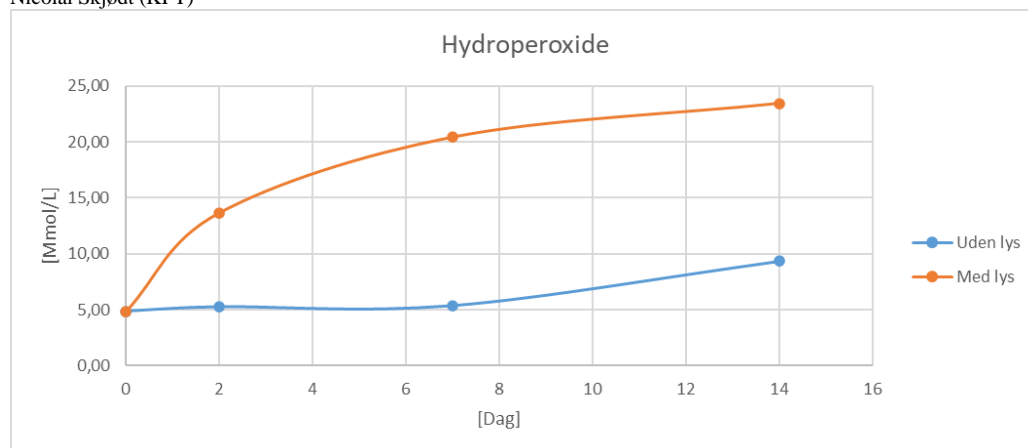
Der blev lavet triplicater af hver af prøverne fra tabel 7, hvor der blev målt tre gange på hver triplicat dvs. at der blev målt ni absorbanser i alt for hver prøve. Tabel 8 angiver middelværdierne for de ni målte absorbanser af hver af de fortyndede prøver. Her ses, at alle absorbanser ligger indenfor standardkurven (jf. Figur 5). Det ses at SD for prøverne ligger under 0,09. Koncentrationen i Tabel 8 er udregnet ud fra standardkurvens funktionsforskrift og derefter er fortyndningsfaktoren for prøven ganget på.

Tabel 8: Middelværdi af absorbansen for olivenolieprøver, deres standardafvigelse og koncentration. Middelværdien er fratrasket absorbans ved 700 nm og den blinde på 0,058. Fortyndningsfaktoren er ganget på koncentrationen.

Prøve	Middelværdi absorbans	SD	Koncentration [mmol/L]
1	0,37	0,06	4,86
3	0,27	0,07	13,66
5	0,12	0,08	5,25
7	0,17	0,08	20,42
9	0,07	0,07	5,35
11	0,20	0,06	23,43
13	0,10	0,02	9,33

På figur 6 ses det tydeligt, at de olivenolieprøver som er blevet opbevaret med lys, indeholder over dobbelt så stor en koncentration af hydroperoxider end dem, som blev opbevaret uden lys. De prøver som blev opbevaret i lys stiger, desto flere dage de opbevares. De prøver der blev opbevaret uden lys, stiger ikke markant mellem 0-7 dages opbevaring. Det er først fra 7-14 dages opbevaring, at koncentrationen af hydroperoxider stiger markant.

Der kan også ses at koncentration forskel mellem de to opbevaringsmåder stiger. Dvs. At forskellen i koncentration ligger på 8,41 mmol/L ved 2 dage, 15,07 mmol/L ved 7 dage og 14,10 mmol/L ved 14 dage.



Figur 6: Y-aksen angiver koncentrationen af hydroperoxider i mmol/L og x-aksen angiver antallet af dage opbevaret. Den blå kurve angiver prøverne, der blev opbevaret uden lys og orange angiver prøverne, der blev opbevaret med lys.

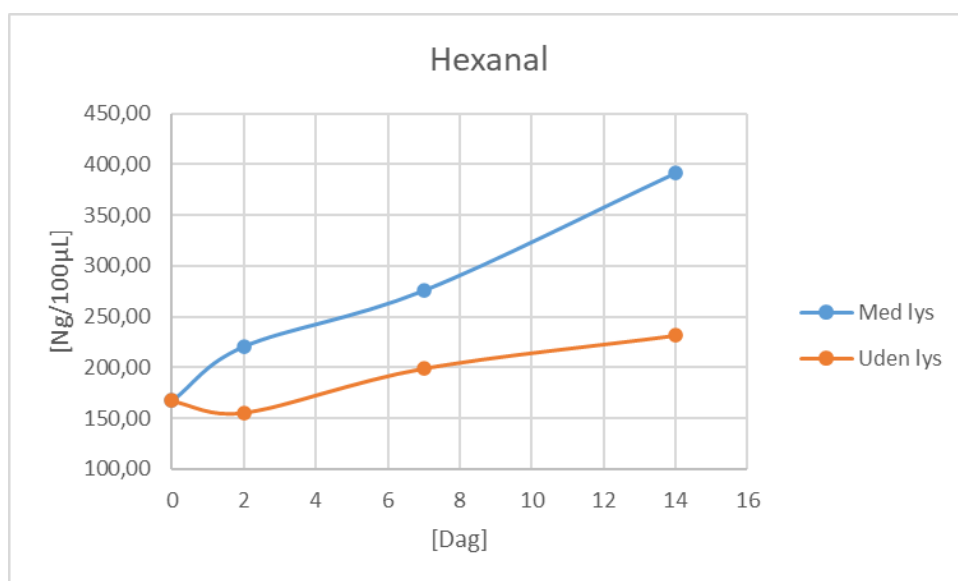
Sekundære oxidationsprodukter

Middelværdierne for duplikaterne af hexanal koncentrationerne i prøverne kan ses i Tabel 9. Her kan det ses, at de prøver som blev udsat for lys under opbevaring, har et højere koncentration end dem som ikke blev udsat for lys. I Tabel 9 er standardafvigelsen (SD) også angivet. SD for prøve 1 og 3 har en værdi på hhv. 4,24 og 4,95. For de resterende prøver er SD relativt høje, med værdier mellem 11,31 – 40,31. Dette viser, at der er en stor spredning på målingerne med SPME GC-MS. Hvis SD lægges til eller trækkes fra prøvernes middelværdi ville alle prøverne, der blev opbevaret i mørke, overlappe hinanden, dermed kan værdierne for prøverne ikke siges at være forskellige fra hinanden.

Tabel 9: Middelværdi for koncentrationen af hexanal i olivenoileprøverne og deres standardafvigelse.

Prøve	Middelværdi [ng/100 µL]	SD
1	167,00	4,24
3	220,50	4,95
5	155,50	24,75
7	275,50	38,89
9	199,00	28,28
11	391,00	11,31
13	231,50	40,31

På Figur 7 kan det ses, at prøverne udsat for lys indeholder en betydelig højere koncentration af hexanal end dem opbevaret uden lys. Samtidigt stiger koncentration for den blå kurve også proportionelt med antal dage opbevaret. Det kan også ses, at koncentrationen af hexanal stiger mest mellem dag 7 og dag 14 for prøverne opbevaret med lys. For prøverne opbevaret uden lys ses det i Figur 6, at koncentration hexanal falder ved dag nr. 2. Det kan også ses koncentrationen af hexanal ikke stiger lige så meget mellem dag 7 og 14 i forhold til mellem dag 2 og 7.



Figur 7: Y-aksen angiver koncentrationen af hexanal i Ng/100µL og x-aksen angiver antallet af dage opbevaret. Den blå kurve angiver prøverne, der blev opbevaret med lys og orange angiver prøverne, der blev opbevaret uden lys.

Diskussion

Ud fra standardkurven (jf. figur 4), kan det ses, at R^2 -værdien ligger på 0,99, hvilket indikerer, at der er en god lineær sammenhæng mellem absorbans og koncentrationen af hydroperoxider. Dermed kan standardkurven bruges til at bestemme koncentrationen af hydroperoxider dannet ved primær lipidoxidation.

Figur 6 samt Tabel 8 viser hvordan koncentrationen af hydroperoxider ændres over tid for både olie der blev udsat for lys og olie der ikke var udsat for lys. Resultaterne bekræfter teorien ift. dannelse af primære oxidationsprodukter i olivenolie grundet tilstedeværelse af klorofyl og de umættede fedtsyrer. Her ses, at koncentration af hydroperoxider stiger med tiden både for olie der blev opbevaret i lys og i mørke. Det ses, at koncentration af hydroperoxider er generelt

højere for prøverne opbevaret med lys end prøverne opbevaret uden lys. Dette bekræfter at der dannes flere frie radikaler, når der er lys tilstede pga. olivenoliens høje indhold af klorofyl. På figur 6 ses det, at stigningen mellem 7 og 14 blandt prøverne der blev opbevaret uden lys. Denne stigning kan skyldes, at der er sket en autooxidation pga. den ilt som muligvis er tilstede under opbevaringen (jf. Se bilag 1). Denne stigning kan ses ved, at koncentrationsforskellen mellem de to opbevaringsmåder falder fra dag 7 til 14. Koncentrationsforskellen ved dag 7 ligger på 15,07 mmol/L og ved 14,10 mmol/L på dag 14. Dette indikerer, at det først er på dag 14 at propagation er gået ordentligt i gang.

Resultaterne for hexanalanalysen kan ses i tabel 9 samt figur 7. Figuren 7 viser hvordan koncentration af hexanal ændres med tiden. I olivenolie, som blev opbevaret med lys, stiger hexanal koncentrationen fra dag 1 til dag 14. Men i olivenolie, som blev opbevaret uden lys, observeres fald i koncentration af hexanal fra dag 1 til dag 2, og stigning under videre opbevaring. Det kan dog være svært at konkludere hvorvidt disse resultater er brugbare, da standardafvigelserne er høje. Dette kan ses ved, at prøverne opbevaret i mørke har resultater, der overlapper hinanden, når der tages højde for SD. Det kan dog ud fra resultaterne ses, at der bliver dannet hexanal under opbevaring i hhv. lys og i mørke, dette indikerer at der sker lipidoxidation i form af både primær og sekundær lipidoxidation. I forsøget blev der kun produceret duplikationer, hvilket ikke giver et stort datamæssigt grundlag, og dermed kan en enkelt fejlmåling have stor betydning for det endelige resultat.

Konklusion og perspektivering

Ud fra de opnåede resultater kan det konkluderes, at koncentrationen af dannede hydroperoxider stiger i takt med opbevaringstiden, med eksponering af lys, grundet klorofylindholdet i olivenolie, som har forårsaget en øget lipidoxidation. Desuden kan det også konkluderes, at koncentrationen af dannede hydroperoxider er højere for prøverne, som blev udsat for lys under opbevaring. Dermed kan den opstillede hypotese accepteres.

Ved analyse af hexanal, kan det konkluderes, at en højere koncentration af hexanal kan ses hos prøverne opbevaret i lys. Dermed kan den opstillede hypotese accepteres.

Det er dog svært at konkludere noget ud fra på koncentrationer af hexanal, da standardafvigelser var høje generelt og især for prøverne opbevaret i mørke.

For at finde sammenhæng i koncentrationsændringerne af både primære og sekundære oxidationsprodukter under lipidoxidation af olivenolie, bør flere forsøg foretages. Både flere duplicationer samt undersøgelse af en længere opbevaringsperiode.

Referencer

DAMODARAN, S. & PARKIN, K. L. 2017. *Fennema's Food Chemistry*, London, CRC Press.

FORSKNINGSGRUPPEN FOR ERNÆRING, B. O. S. 2022. Frida fooddata.dk. DTU Fødevareinstituttet.

Bilag 1

Jævnfør billedet fra protokol, Olies opbevarings forhold.

