



FORORD

Denne masteroppgaven ble utført ved institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap (IKBM) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven utgjør 30 studiepoeng av 5-årig master i teknologi (sivilingeniør) - kjemi og bioteknologi, og er utført i perioden januar til mai 2014. Oppgaven er en organisk analytisk kjemi-oppgave, og alt praktisk arbeid er utført ved IKBM.

Takk til veileder Dag Ekeberg, for hjelp med utforming av oppgaven og gode diskusjoner underveis i arbeidsprosessen. Takk også til medveileder Hanne Devle for gode råd og hjelp med praktisk arbeid og resultatbehandling.

I tillegg vil jeg takke Svein Are Mjøs, ved Universitetet i bergen, for to standarder av transfettsyrer, som gjorde identifiseringsarbeidet enklere og mer presist.

Ås, mai 2014

Emil Snorre Øisang

SAMMENDRAG

Det ble utført et komparativt studium av fettsyreprofiler i rapsolje, soyaolje og to ulike olivenoljer. Oksidativ nedbrytning og dannelse av transfettsyrer ved steking ble undersøkt i de fire ulike planteoljene over tid. Oljene ble stekt ved 220, 250 og 300 °C i 40 minutter. Kvalitativ og kvantitativ analyse av fettsyremetylestere (FAMES) ble utført på GC-MS.

Det ble identifisert fettsyrer fra C16 til C24 i kjedelengde i rapsolje og olivenolje, og i soyaolje fra C16 til C22. Alle planteoljene hadde et høyt innhold av umettede fettsyrer (82-93%). Rapsolje hadde det laveste innholdet av mettede fettsyrer (7%), og det høyeste innholdet av ω -3 fettsyrer (6%). Det høyeste innholdet av flerumettede fettsyrer (57%) ble detektert i soyaolje, og av enumettede fettsyrer (81%) i olivenoljen fra Montabes. Relativt standardavvik (RSD) for de fleste FAMES var under 5%, med unntak av noen FAMES detektert i svært lave konsentrasjoner.

Det ble observert en signifikant sammenheng mellom grad av oksidativ nedbrytning og transfettdannelse i alle fire planteoljene. Økende steketid og steketemperatur ga større grad av oksidativ nedbrytning og transfettdannelse. Total mengde transfettsyrer dannet i rapsolje var: 0,024-2,0g/100g olje; i olivenolje fra Ybarra: 0,08-1,8g/100g olje; i olivenolje fra Montabes: 0,11-2,0g/100g olje og i soyaolje: 0,08-0,66g/100g olje. Soyaolje viste best oksidativ stabilitet, og hadde det laveste innholdet av transfettsyrer under langvarig steking ved alle temperaturer. Olivenoljen fra Montabes viste gjennomgående høyest transfettdannelse ved alle steketemperaturer. Relativt standardavvik var høyest ved 220 °C, der de detekterte mengdene transfett var lavest. I rapsolje hadde enkelte målepunkter RSD så høyt som 50%. Øvrige målinger hadde i hovedsak RSD under 10%.

ABSTRACT

A comparative study of fatty acid profiles in rapeseed oil, soybean oil and two different olive oils was carried out. The rate of oxidative degradation and formation of trans fatty acids during frying, was investigated in all of the analyzed vegetable oils. The frying process was carried out at 220, 250 and 300 °C for 40 minutes. GC-MS was used for qualitative and quantitative analysis of fatty acid methyl esters (FAMES), obtained from the corresponding acylglycerols by transesterification.

Fatty acids from chain length C16 to C24 was identified in rapeseed oil and olive oil, and from C16 to C22 in soybean oil. All of the vegetable oils contained high amounts of unsaturated fatty acids (82-93%). Rapeseed oil showed the lowest amounts of saturated fats (7%), and the highest amounts of ω -3 fatty acids (6%). The highest amounts of polyunsaturated fats was found in soybean oil (57%), while the olive oil from Montabes contained the most monounsaturated fats (81%). The relative standard deviation (RSD) for most FAMES was below 5%, except for a select few FAMES detected in very small concentrations.

A strong correlation between oxidative degradation and formation of trans fatty acids was observed in all four vegetable oils. An increase in frying temperatures and the duration of which the vegetable oils were heated, lead to a higher degree of both oxidative degradation and trans fatty acid formation. The total amount of trans fatty acids formed in rapeseed oil was: 0,024-2,0g/100g oil; in olive oil from Ybarra: 0,08-1,8g/100g oil; in olive oil from Montabes: 0,11-2,0g/100g oil and in soybean oil: 0,08-0,66g/100g oil. Soybean oil showed the highest degree of oxidative stability, with the lowest amounts of trans fatty acid formed during prolonged frying at all temperatures. The formation of trans fatty acids was highest in the olive oil from Montabes at all frying temperatures. The relative standard deviation was highest at 220 °C, where the detected amounts of trans fats was lowest. In rapeseed oil, some of the RSD values were as high as 50%. In general RSD was mostly below 10%.

INNHOOLD

FORORD	i
SAMMENDRAG	ii
ABSTRACT	iii
1. INNLEDNING	1
1.2 HENSIKT	1
1.2 TEORI	1
1.2.1 Lipider	1
1.2.2 Fettsyrer	2
1.2.3 Glyserolipider	7
1.2.4 Andre lipider	8
1.2.5 Industriell prosessering og varmebehandling av planteoljer	9
1.2.6 Analyse av fettsyrer	13
1.2.7 Gasskromatografi	16
1.2.8 Massespektrometri	20
1.3 Forventede resultater	24
2. MATERIALER OG METODER	25
2.1 Materialer	25
2.1.1 Eksternstandard	25
2.1.2 Internstandard	25
2.1.3 Natriummetanolat	26
2.1.4 Planteoljer	26
2.2 Metoder	26
2.2.1 Varmebehandling av planteoljer	26
2.2.2 Fremstilling av FAMES	26
2.2.3 Gaskromatograf (GC)	26
2.2.4 Massespektrometer (MS)	28
2.2.5 LOD og LOQ	28
3. RESULTATER	29
3.1 Fettsyreprofil i rapsolje	29

Innhold

3.2 Fettsyreprofil i olivenolje (Ybarra)	31
3.3 Fettsyreprofil i olivenolje (Montabes).....	33
3.4 Fettsyreprofil i soyaolje.....	35
3.4 Sammenlikning av fettsyreprofiler.....	37
3.5 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i rapsolje.....	38
3.6 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i olivenolje (Ybarra).....	39
3.7 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i olivenolje (Montabes).....	40
3.8 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i soyaolje	41
3.9 Varmeindusert dannelse av C18:2 cis-9, trans-12 i soyaolje	42
3.10 Varmeindusert dannelse av C18:2 cis-9, trans-12 i raps og olivenolje.....	43
3.11 Varmeindusert dannelse av C18:2 trans-9,cis-12 i raps, oliven og soyaolje.....	44
3.12 Varmeindusert dannelse av C18:2 trans-9,12 i alle planteoljer.....	45
3.13 Oksidativ nedbrytning av C18:3 cis-9,12,15 i raps og soyaolje.....	45
3.14 Oksidativ nedbrytning av C16:0 i alle planteoljer.....	46
3.15 Sammenlikning av total mengde transfett i alle planteoljer	48
4. DISKUSJON	50
5. KONKLUSJON.....	55
6. VIDERE ARBEID	56
REFERANSER	57
VEDLEGG	67

1. INNLEDNING

1.1 HENSIKT

Det har lenge blitt rapportert sammenhenger mellom inntak av fettsyrer med *trans*-konfigurasjon og økt risiko for utvikling av hjerte- og karsykdommer (Zock & Katan 1992; Judd *et al.* 1994; Stender & Dyerberg 2004; Michas *et al.* 2014). Det er vist at transfettsyrer dannes i planteoljer ved varmebehandling (Moreno *et al.* 1999; Juanéda *et al.* 2003; Li *et al.* 2013). Flere europeiske land har derfor anbefalt at stekeoljetemperatur ikke bør overskride 180 °C for å begrense dannelse av transfett (Martin *et al.* 2007). Det finnes likevel få studier som sammenlikner dannelse av transfett i ulike planteoljer ved forskjellige steketemperaturer og steketider.

Hensikten med dette arbeidet har derfor vært å undersøke i hvilken grad transfettsyrer dannes i ulike planteoljer ved steking, og i hvilken grad disse påvirkes av fettsyreprofil og oksidativ nedbrytning, samt om dette bør ha noen implikasjoner for hvordan man benytter stekeoljer i hjemmet. Kvalitativ og kvantitativ analyse ble utført på GC-MS for å opprette fettsyreprofiler av de ulike planteoljene. Både dannelse av transfettsyrer og oksidativ nedbrytning av planteoljene ble undersøkt over tid ved ulike temperaturer.

1.2 TEORI

1.2.1 Lipider

Ordet lipid, i dets moderne betydning, ble først tatt i bruk på tidlig 1900-tallet og kommer fra det franske ordet *lipide*, som igjen stammer fra gresk *lipos* 'fett' (Oxford Dictionaries 2014).

Lipider finnes i vesentlige mengder i de fleste typer biologisk materiale. De biologiske hovedfunksjonene til lipider i dyr og planter er lagring av energi og signalisering på cellenivå. I tillegg inngår lipider som del av strukturen i cellemembraner (Subramaniam *et al.* 2011). Kostholdsmessig er lipider også av stor betydning, og kan ha stor innvirkning på human helse (Damodaran *et al.* 2008).

Det eksisterer mange definisjoner av begrepet lipid. I Oxford Dictionaries defineres lipider som:

Innledning

”Alle organiske forbindelser som er fettsyrer eller deres derivater, og er uløselige i vann, men løselige i organiske løsemidler”. Liknende definisjoner finnes i Hart *et al.* 2007 og Christie 1989.

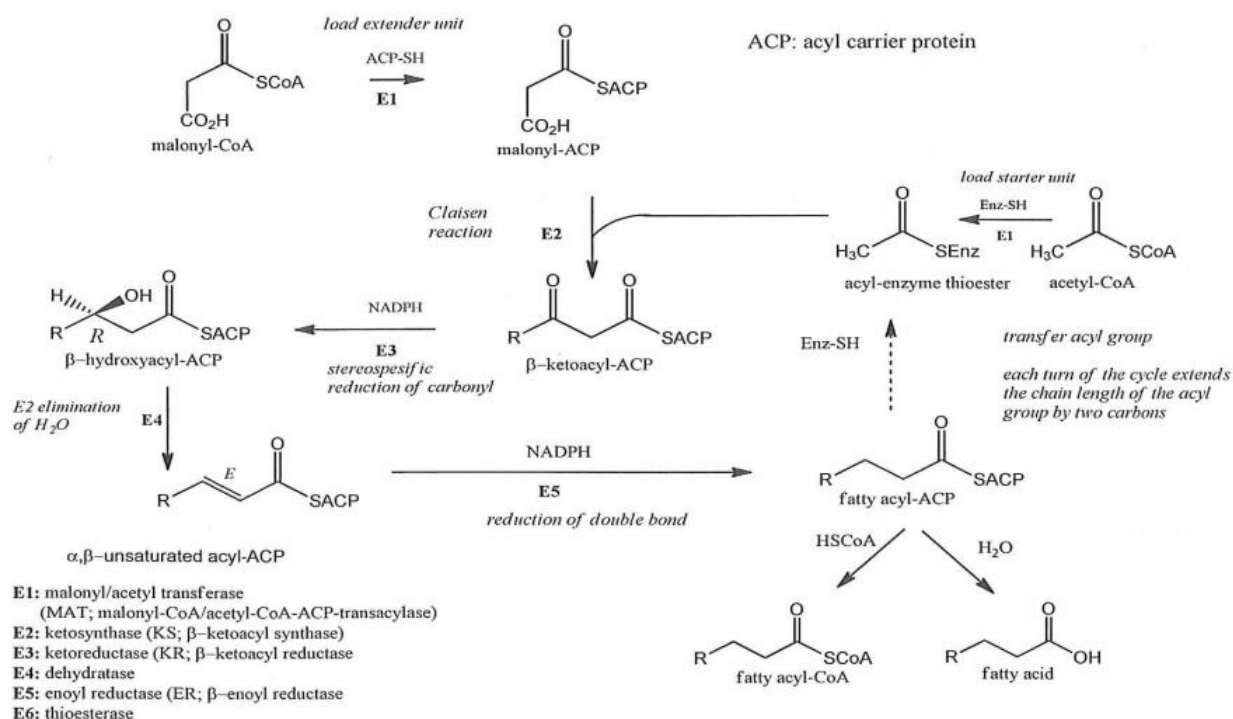
Ettersom det finnes flere ulike definisjoner, har det tidligere vært knyttet en del utfordringer til klassifisering av lipider. Det vanligste har vært å gruppere lipider på bakgrunn av deres fysiske egenskaper, polaritet og struktur. I dagligtale er det vanligst å kategorisere etter synlige egenskaper (fast/flytende) ved romtemperatur. Klassifisering etter struktur er mest konsekvent, og foretrekkes ofte (Akoh & Min 2002).

I 2005 introduserte Fahy *et al.* et omfattende klassifiseringssystem der de delte lipidene inn i 8 klasser: 1) fettsyrer, 2) glycerolipider, 3) glycerofosfolipider, 4) sphingolipider, 5) sterol-lipider, 6) prenol-lipider, 7) sakkarolipider og 8) polyketider. I denne sammenhengen beskrives lipider som: *”Små hydrofobe eller amfipatiske/amfifile molekyler som har sin opprinnelse, delvis eller helt, fra kondensering av tioestere eller isoprenenheter”*.

1.2.2 Fettsyrer

Lipidene med enklest oppbygning kalles fettsyrer, og karakteriseres av en repeterende hydrofob alkylkjede med en hydrofil syregruppe på enden (Ratnayake & Galli 2009). De vanligste fettsyrene er rette kjeder uten forgreninger med et partall antall karbonatomer mellom 12 og 20 (Hart *et al.* 2007). Biosyntese av fettsyrer foregår i cytosolet og katalyseres av et fettsyre syntase enzym (FAS). Enzymet har strukturelle forskjeller avhengig av om det er i dyr eller planter, men alle de ulike FAS-systemene utfører de samme oppgavene (Dewick 2009). En fettsyre er som regel et produkt av en startenhed acetyl-CoA, forlenget av malonyl-CoA med to karbon per syklus. Dette er grunnen til at de fleste fettsyrer i naturen har en karbonkjede med et partall karboner i kjeden (Mathews *et al.* 2000).

Innledning



Figur 1.1: Biosyntese av fettsyrer i pattedyr. Hver syklus forlenger kjeden med to karbon (Dewick 2009).

Fettsyrer med et oddetall karbonatomer eksisterer også i naturen, selv om de er svært sjeldne. Disse har ofte propionyl-CoA som startenhet, istedenfor acetyl-CoA (Berg *et al.* 2002). Oddetalls karbonkjeder i fettsyrer kan også dannes ved tap av et karbon fra en syre med partall kjedelengde (Dewick 2009).

Nomenklatur

Det er mulig å navngi fettsyrer på flere måter. I tidligere tider har det vært vanlig å gi navn etter hvor fettsyren først ble isolert fra. Dette kalles trivialnavn, og brukes fortsatt i en del sammenhenger. Ulempen med trivialnavn er at de ikke gir noen form for informasjon om fettsyrens oppbygning.

Systematisk navngivning foretrekkes i det fleste sammenhenger, da fettsyrens struktur kan beskrives direkte fra navnet. De enkleste syrene navngis etter antall karboner i

Innledning

hydrokarbonkjeden, medregnet karboksylkarbonet, med endelsen *–syre*. Dersom fettsyrens karbonkjede inneholder dobbeltbindinger, gis den endelsen *–ensyre*, med forstavelser *di*, *tri*, *tetra*, *penta* osv., avhengig av antall dobbeltbindinger. Dobbeltbindingen(e)s konfigurasjon, angis med E/Z eller ”c” og ”t”. Posisjonen til dobbeltbindingene angis med tall etter avstand i antall karbon fra karboksylkarbonet (Akoh & Min 2002; IUPAC 1977).

Et alternativ til systematisk navngivning er det numeriske systemet. Her angis kun antall karbonatomer i kjeden etterfulgt av kolon og antall dobbeltbindinger. Plassering av dobbeltbindinger merkes n/ω og et nummer som beskriver avstand i antall karbonatomer fra metylenden. Ulempen er at dobbeltbindingens konfigurasjon ikke vises i navnet. Ved bruk av numerisk nomenklatur forutsettes det derfor at alle dobbeltbindinger har *cis*-konfigurasjon, og at det er en metylengruppe mellom hver. (Davidson & Cantrill 1985).

Tabell 1.1: Et eksempel på ulike typer nomenklatur for fettsyrer.

Nomenklatur	
Trivialnavn	Linolsyre
Systematisk	9Z,12Z-oktadekadiensyre
	<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-oktadekadiensyre
Numerisk	C18:2n-6
	C18:2ω6

På samme måte som fettsyrer, kan triacylglyseroler navngis enten med trivialnavn, systematiske navn eller numeriske navn. Dersom acylglyserol er bundet til tre identiske fettsyrer, er det vanlig å benytte trivialnavn. Et acylglyserol med to eller tre ulike fettsyrer vil ha endelsen *–oylsyre* etter hver fettsyres trivialnavn, avsluttet med *–glyserol*. Stereospesifikk posisjon til fettsyrene kan spesifiseres med *sn*-konvensjon (Damodaran *et al.* 2008; IUPAC 1977).

Tabell 1.2: Et eksempel på ulike typer nomenklatur for acylglyseroler.

Nomenklatur	
Trivialnavn	Palmitoyl-oleoyl-elaioyl-glyserol
Systematisk	1-hexadecanoyl-2-(9Z-octadecenoyl)-3-(9E-octadecenoyl)- <i>sn</i> -glyserol
Numerisk	16:0-18:1-18:1

Mettede fettsyrer

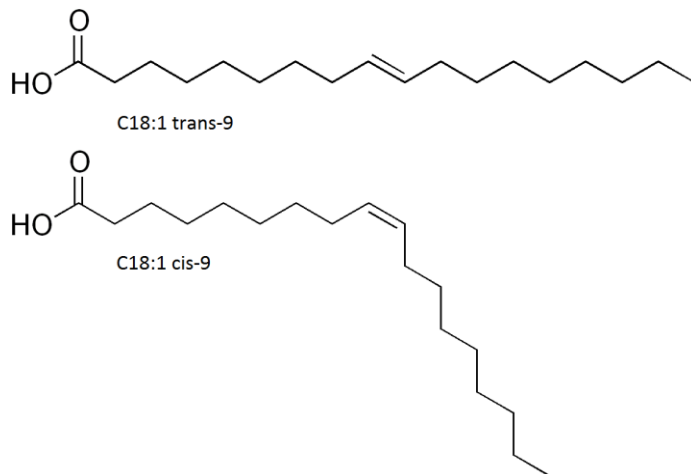
Fettsyrer uten dobbeltbindinger i den alifatiske kjeden kalles mettede, fordi de er ”mettet” med maksimalt antall hydrogenatomer, og da er uten dobbeltbindinger i kjeden. Mettede fettsyrer har ofte en rett og utstrakt molekylær struktur, som muliggjør sterkere Van der Waals interaksjoner mellom fettsyremolekylene. Fettsyrer i mettet fett lar seg derfor effektivt pakke i tette strukturer, som det krever mer energi å bryte. Høyt innhold av mettede fettsyrer i en blanding gir derfor økt smeltepunkt (Blackman *et al.* 2012)

Et kosthold rikt på mettede fettsyrer har lenge vært assosiert med økt risiko for hjerte- og karsykdommer (Mozaffarian *et al.* 2010).

Umettede fettsyrer

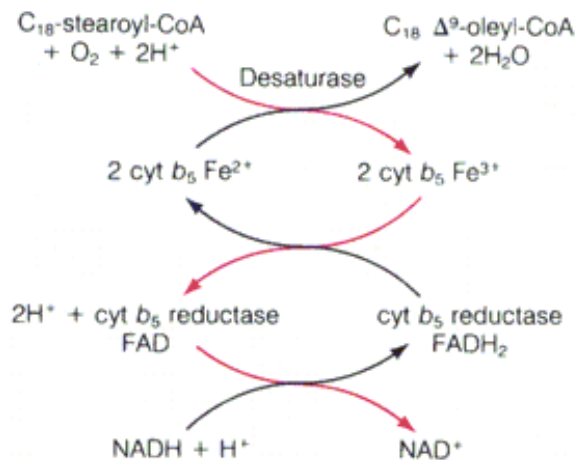
Fettsyrer med én dobbeltbinding i karbonkjeden omtales som enumettet. Dersom antallet dobbeltbindinger er to eller mer, kalles fettsyren flerumettet. Når dobbeltbindingene har *cis*-konfigurasjon, vil karbonkjeden få en ”knekk”, som igjen fører til at molekylene ikke vil kunne pakkes like effektivt som i mettede fettsyrer. Svakere molekylære interaksjoner gir utslag i lavere smeltepunkt for fett med høyt innhold av umettede fettsyrer. Det meste av umettet fett i naturen foreligger med *cis*-konfigurasjon (Blackman *et al.* 2012), men det forekommer også små mengder fett med *trans*-konfigurasjon i blant annet melk og kjøtt fra drøvtyggere (Dewick 2009). I tillegg kan industrielt prosessert mat inneholde signifikante mengder transfett, som har blitt dannet ved hydrogenering og/eller varmebehandling av oljer og fast fett (Ledoux *et al.* 2007). Umettet fett med *trans*-konfigurasjon har i likhet med mettet fett vært forbundet med økte verdier av LDL (low density lipoprotein), som er assosiert med utvikling av hjerte- og karsykdommer (Micha & Mozaffarian 2008).

Innledning



Figur 1.2: Viser trans og cis-konfigurasjon av en enumettet C18 fettsyre.

De vanligste enumettede fettsyrene i animalske lipider er C18:1 c-9 og C16:1 c-9. Disse syntetiseres fra de korresponderende mettede fettsyrene via et enzymssystem kalt acyl-CoA desaturase (figur 1.2) (Mathews *et al.* 2000).



Figur 1.2: Enzymsystem for avmetting av fettsyrer (Mathews *et al.* 2000).

Essensielle fettsyrer

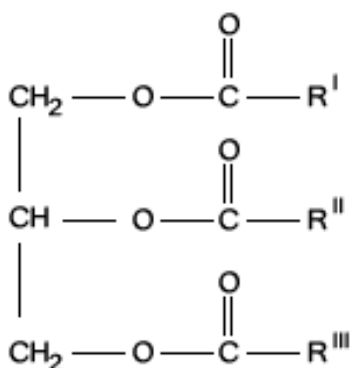
Linolsyre og α -linolensyre er eksempler på essensielle fettsyrer for mennesker. Med dette menes at de må tilføres gjennom kosten, fordi kroppen ikke kan syntetisere dem selv. De fleste eukaryote organismer har et Δ^9 -desaturaseenzym som introduserer *cis*-dobbeltbindinger på en mettet fettsyre (Mathews *et al.* 2000). I dyr skjer som regel videre avmetting av fettsyrer fra en

Innledning

eksiterende dobbeltbinding mot karboksylsyreneden. Andre organismer introduserer dobbeltbindinger mot metylenden av molekylet. Siden dyr mangler Δ^{12} og Δ^{15} desaturaseenzymer, er de ikke i stand til introdusere dobbeltbindinger lenger enn Δ^9 i karbonkjeden. De essensielle fettsyrener er nødvendig forløpere for å kunne syntetisere blant annet prostaglandiner, leukotriener og tromboxaner (Dewick 2009). Disse er metabolitter med en rekke homeostatiske biologiske funksjoner (Funk 2001).

1.2.3 Glyserolipider

Alle lipider som inneholder en enhet glyserol, klassifiseres som glyserolipider (Fahy *et al.* 2005). I planter og dyr foreligger over 99% av fettsyrer bundet som estere til glyserol. Disse forbindelsene kalles acylglyseroler, eller glyserider. Glyserol kan forestres med en, to eller tre fettsyrer og kalles da mono, di eller triacylglyserol, avhengig av hvor mange fettsyrer som er bundet til molekylet. I naturen utgjør triacylglyseroler den største andelen av total mengde acylglyseroler. (Akoh & Min 2002).



Figur 1.3: Generell formel for et triacylglyserol.

De enkleste triacylglyserolene er bygget opp av tre identiske fettsyrer, mens de mer komplekse (heterogene) har to eller tre ulike fettsyrer (Mathews *et al.* 2000). Konfigurasjon og andel av de forskjellige fettsyrener bestemmer acylglyserolets fysiske egenskaper (Blackman *et al.* 2012).

Glyserol selv har intet kiralt senter, men blir kiralt dersom ulike fettsyrer er esterifisert til hydroksylgruppene. Derfor trengs det terminologi til å differensiere mellom stereoisomerene.

Innledning

Vanligvis navngis hydroksylgruppene sn1, sn2 og sn3 i Fisher-projeksjon, slik at de lett kan skilles fra hverandre (Akoh & Min 2002).

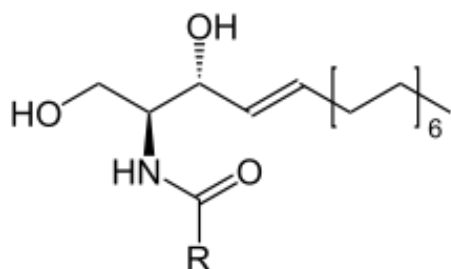
1.2.4 Andre lipider

Glyserofosfolipider

Lipider basert på glyserol der minimum én av hydroksylgruppene er esterifisert med en fosforsyre, kalles glyserofosfolipider. Et eksempel er fosfatdycholine der glyserol har esterbindinger til to fettsyrer og en fosfatester (Mathews *et al.* 2000). Fosfolipider utgjør en viktig del av cellemembraner, hvor de ordnes i doble lag slik at to upolare hydrokarbonender peker inn mot hverandre, mens de polare fosfatidylamin-gruppene peker ut (Hart *et al.* 2007)

Sphingolipider

En lipidklasse basert på et ”skjelett” av sphingosine eller andre alifatiske aminoalkoholer. En viktig underklasse av sphingolipider er ceramider, som består av en enhet sphingosin bundet til en fettsyre. Ceramider finnes blant annet i høye konsentrasjoner i cellemembraner (Mathews *et al.* 2000)



Figur 1.4: Generell struktur for et ceramid. R representerer alkylkjeden til en fettsyre.

Sterol-lipider

Lipider bestående av et tetrasyklisk ringsystem med en sidekjede av hydrokarbon og en alkohol, kalles sterol-lipider eller steroidalkoholer. Steroler finnes i små mengder, både i animalsk fett og i planteoljer. En av de mest kjente sterolene er kolesterol, som er en viktig komponent i cellemembraner (Ratnayake & Galli 2009).

Innledning

Prenollipider

Prenollipider syntetiseres fra isopentyl difosfat og dimetylallyl difosfat, som hovedsakelig produseres via mevalonat biosyntesevei. De enkleste prenoene er isoprenoide dannet ved addisjon av C5 enheter og klassifiseres etter antall terpenenheter. Strukturer med mer enn 40 karbonatomer, kalles polyterpener (Fahy *et al.* 2005). En annen viktig gruppe prenoellipider er vitamin E (Ratnayake & Galli 2009).

Sakkarolipider

I motsetning til glycerolipider og glyserofosfolipider, består sakkarolipider av fettsyrer direkte bundet til et sukker. Sakkarolipider er sjeldne, men finnes eksempelvis som en del av strukturen til endotoksiner i gram-negative bakterier (Raetz *et al.* 2009).

Polyketider

Polyketider inkorporerer en stor klasse naturprodukter beslektet utelukkende via deres biologiske synteseveier (Dewick 2007). Polyketider produseres av nesten alle slags levende organismer, og er blant annet kjent for å inneha en rekke antimikrobielle og immunosuppressive egenskaper. (Khosla *et al.* 1999). Biosyntese av polyketider foregår som regel gjennom dekarboksylativ kondensasjon av malonyl-CoA (Kuzuyama & Seto 2003).

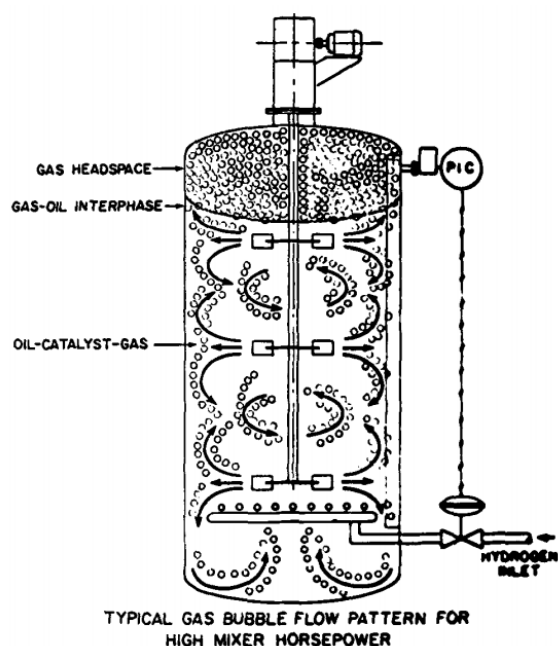
1.2.5 Industriell prosessering og varmebehandling av planteoljer

Store deler av planteoljene som prosesseres industrielt gjennomgår en behandling som kalles hydrogenering. Hydrogengass pumpes inn i en stor tank med planteolje og sirkuleres ved omrøringer. Prosessen foregår under trykk og oppvarming med en katalysator til stede (Allen 1981). Katalysatoren er ofte nikkelbasert, og virker ved at fettsyrekjedene adsorberes til overflaten der en dobbeltbinding brytes for å danne bindinger til nikkel. Samtidig adsorberes hydrogen til nikkeloverflaten og brytes ned til enkeltatomer. Fettsyrekjedens bindinger til nikkel erstattes av bindinger til to hydrogenatomer, og løsner deretter fra nikkelkatalysatorens overflate (Mattson *et al.* 2013). Hydrogenering reduserer dobbeltbindinger i de umettede fettsyrene. Resultatet er en olje med høyere andel mettede fettsyrer og fast konsistens. Graden av hydrogenering kontrolleres etter hva slags konsistens som ønskes på plantefettet (Blackman

Innledning

2012). En annen viktig grunn til industriell hydrogenering av planteoljer er økt holdbarhet. Høyere innhold av mettede fettsyrer betyr økt resistens mot harskning (oksidasjon).

Signifikante mengder umettet fett med transkonfigurasjon kan også dannes under nikkelkatalysert hydrogenering av planteoljer (Babae *et al.* 2007; Chu & Lin 1991). Det er vist at høy temperatur og konsentrasjon av katalysator, sammen med lavt trykk og lite omrøring, vil føre til økt isomerisering og akkumulering av fett med transkonfigurasjon (Hamm & Hamilton 2000; Allen 1981).



Figur 1.5: En tank til batch-hydrogenering av planteoljer (Allen 1981).

Kaldpressede og varmpressede planteoljer

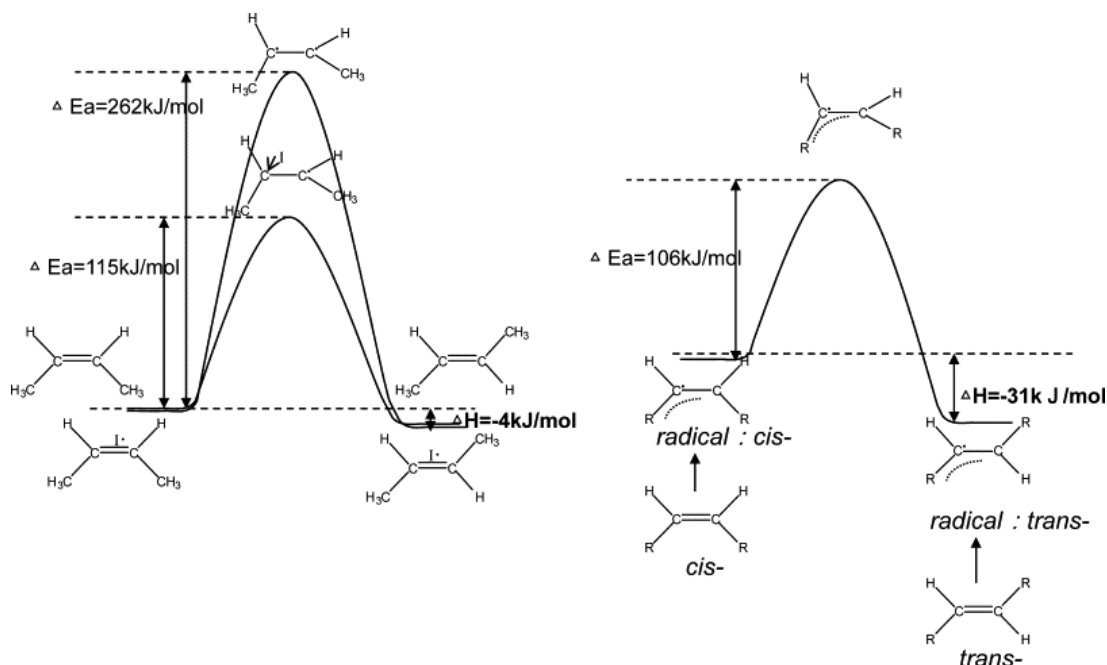
Spiselige oljer kan utvinnes fra plantemateriale ved ulike metoder. Kaldpressede oljer utvinnes fra frø eller fruktdelen av planten ved hjelp av en mekanisk presse, uten ekstra varme tilført i prosessen. Innholdet av tokoferoler, karotenoider, fosfolipider og andre nyttige stoffer er generelt sett høyere i kaldpressede oljer enn i mer raffinerte oljer (Prior *et al.* 1991). Ved å tilføre varme i utvinningsprosessen kan man øke effektiviteten og oppnå mer olje, og i noen tilfeller et høyere innhold av tokoferoler, karotenoider og fosfolipider. Disse naturlige antoksidantene vil kunne gi varmpressede oljer noe høyere oksidativ stabilitet, som er en nyttig egenskap for en stekteolje (Wroniak *et al.* 2008).

Varmeindusert cis-trans isomerisering

Det er tidligere utført studier på varmeindusert *cis-trans*-isomerisering av rene enumettede (Tsuzuki 2010) og flerumettede (Christy 2009) fettsyrer i form av triacylglyseroler.

Isomerisering av enkeltfettsyrer i blant annet soyaolje (Li *et al.* 2013) er også blitt undersøkt.

Det er blitt foreslått flere ulike isomeriseringsmekanismer for umettede acylglyseroler. En studie (Li *et al.* 2013) fokuserer på at omdannelsen fra *cis*-isomeren til *trans*, er energetiske gunstigere enn den motsatte reaksjonen. Isomerisering av C=C dobbeltbindingen foreslås å skje ved hydrogenmigrasjon via flere mellomprodukter. En annen studie (Tsuzuki 2010), tok for seg varmeindusert isomerisering ved tilsetning av ulike antioksidanter eller under en nitrogenstrøm. Resultatene viste at både oksidativ nedbrytning og isomerisering av dobbeltbindinger ble inhibert. Den observerte isomeriseringsenergien for *cis*-dobbeltbindinger i *triolein* (18:1-18:1-18:1) (106 kJ/mol) var vesentlig mindre enn i *cis-2-buten* (262 kJ/mol). Dette tyder på at de molekylære forholdene rundt dobbeltbindinger involvert i varmeindusert *cis-trans*-isomerisering, er nærmere radikaler av *cis-2-buten* (115 kJ/mol).



Figur 1.6: Viser to modeller av aktiveringsenergi for isomerisering av 2-buten (venstre) og enumettede fettsyrer (høyre) (Tsuzuki 2010).

Innledning

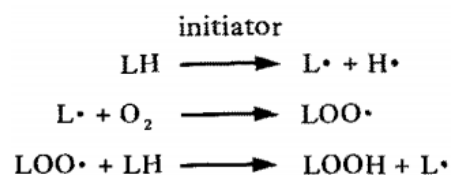
Tsuzuki foreslår en isomeriseringsmekanisme der lipidradikaler dannet ved eliminasjon av hydrogen, ikke bare er intermediater i oksidativ nedbrytning, men også i varmeindusert *cis-trans* isomerisering.

Antioksidanter og oksidasjon

En antioksidant er et molekyl som inhiberer oksidasjon av andre molekyler.

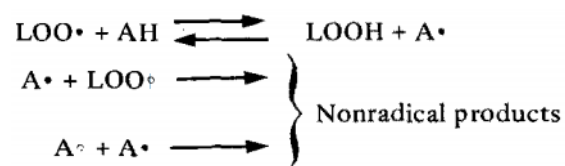
Oksidasjonsreaksjoner kan produsere frie radikaler som igjen katalyserer videre oksidasjon og nedbrytning. Antioksidanter har potensiale til å stoppe disse reaksjonene ved å selv la seg oksidere, slik at frie radikaler ikke lenger står fritt til å reagere med andre molekyler (Sies 1997).

Oksidasjon av umettede lipider (LH) initieres blant annet ved tilstedeværelse av spormetaller, lys eller varme. Tap et hydrogenatom fører til dannelsen av frie lipidradikaler (L•) som reagerer med oksygen og danner peroksyradikaler (LOO•). Videre reagerer LOO• med LH og danner hydroperoksider (LOOH), som er de primære produktene av oksidasjon (Frankel 1984).



Figur 1.7: Lipidoksidasjon (Frankel 1984).

Antioksidanter (AH) kan stoppe denne kjedereaksjonen ved å reagere med LOO• og danne stabile radikaler (A•), som enten er ureaktive eller danner ikke-radikale produkter.



Figur 1.8: Antioksidant (Frankel 1984).

Videre dekomponering av hydroperoksider er en komplisert prosess og danner blant annet nedbrytningsprodukter som aldehyder, ketoner, estere, furaner og laktoner (Forss 1972; Frankel 1983).

Antioksidanter finnes naturlig i planteoljer i ulike mengder. Velkjente stoffer med antioksidantaktivitet er blant annet askorbinsyre (vitamin C) og tokoferol (vitamin E) (Chen *et*

Innledning

al. 2001). Tokoferoler finnes i signifikante mengder i de fleste planteoljer, og det er blitt observert sammenhenger mellom innhold av tokoferoler og resistens mot oksidativ degradering (Sherwin 1976; Tsuzuki & Wakako 2011).

1.2.6 Analyse av fettsyrer

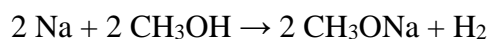
Før fettsyrer analyseres på GC, konverteres de som regel til mer flyktige estere. På den måten kan det brukes lavere kolonnetemperaturer for å få fettsyrene over i gassfase, og problemer med dimerisering og nedbrytning av fettsyrene ved høye temperaturer, blir unngått (James & Martin 1952). Fettsyreesteren er vanligvis en metylester, men andre estere brukes også i spesifikke tilfeller (Christie 1989; Eder 1995; Metcalffe & Wang 1981; Zeng et al 2013). Det er mange ulike metoder og reagenser som brukes til å esterifisere fettsyrer og transesterifisere acylglyseroler. Metodene kategoriseres ofte etter om de bruker en syre eller base som katalysator.

Basekatalysert omestring

Et triglyserid reagerer med en alkohol i løsning med en sterk base som katalysator. Reaksjonen produserer en blanding av fettsyreestere og glyserol. Hele prosessen skjer i tre reversible steg med mono- og diglyserider som intermediater (Freedman *et al.* 1986). Omestringen skjer med overskudd av alkoholen slik at likevekten forskyves, og utbyttet blir maksimalt. Basisk omestring går ofte svært raskt, og reaksjonen kan gjøres i romtemperatur (Eder 1995).

Natriummetanolat

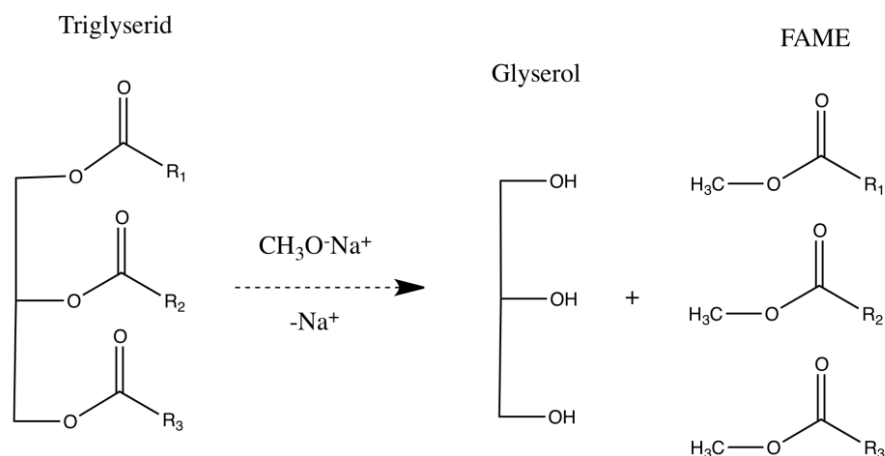
En løsning natriummetanolat (CH_3ONa) i metanol kan brukes til transesterifisere acylglyseroler. Tillagning skjer ved å løse metallisk natrium i metanol. Reaksjonen er eksoterm og danner hydrogengass (Christie 1993).



[Likning 1.1]

CH_3ONa katalyserer omestring, men forbrukes også selv i reaksjonen når metylestere dannes. Det er nok en gang viktig med vannfri metanol for å unngå hydrolyse av acylglyserolene.

Innledning

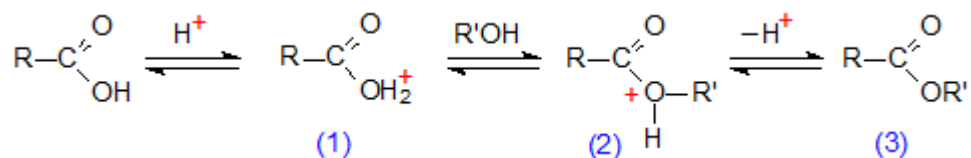


Figur 1.6: Omestring av triglyserider med CH₃ONa i metanol.

Syrekatalysert forestring

Frie fettsyrer og acylglyseroler kan forestres/omestres ved oppvarming i et overskudd vannfri metanol med en syrekatalysator til stede. Vann inhiberer reaksjonen, og vil kunne hindre den å gå fullstendig (Erickson 1990).

Første steg i forestringsreaksjonen er protonering av syra til et oxonium ion (1), som igjen reagerer med en alkohol for å danne et intermediat (2). Dette intermedietet taper et proton og en ester (3) dannes. Den vanligst benyttede alkoholen er metanol, som vil føre til dannelse av en metylester. Hvert steg i reaksjonen er reversibelt, men i et stort overskudd av alkoholen, vil likevekten forskyves slik at reaksjonen skjer tilnærmet fullstendig (Christie 1993).

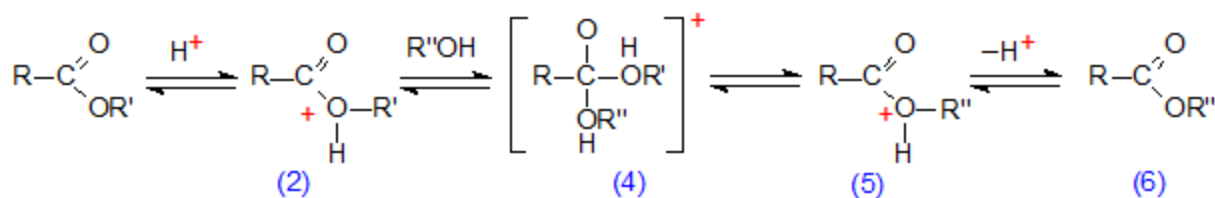


Figur 1.7: Reaksjonslikning for syrekatalysert forestring av frie fettsyrer (Christie 1993).

Omestring av acylglyseroler starter med protonering av esteren (2), som videre reagerer med en alkohol. Reaksjonen danner et intermediat (4), som dissosierer via det midlertidige produktet (5) til en ester. Reaksjonsstegene er også her reversible, men likevekten forskyves igjen mot B.

Tilstedeværelse av vann vil kunne føre til hydrolyse av et intermediat tilsvarende (4) (der R''=H), med en fri fettsyre som produkt (Christie 1993).

Innledning



Figur 1.8: Reaksjonslikning for syrekatalysert omestring av acylglyseroler (Christie 1993).

Hydrogenklorid-metanol

En av de mest brukte reagensene for dannelse av metylestere fra acylglyseroler eller frie fettsyrer, er 5% hydrogenklorid (HCl) i vannfri metanol. En vanlig tillagningsmetode er å tilføre hydrogenkloridgass til metanol (Christie 1993). Omestring med 5% HCl kan utføres under oppvarming og reflux på ca. 2 timer (Eder 1995).

Bortrifluorid-metanol

Lewis-syra bortrifluorid (BF_3) er en mye brukt katalysator ved forestring av fettsyrer. Forestring av frie fettsyrer kan gjøres på kun to minutter med 12 til 14% BF_3 i metanol under reflux (Metcalf & Schmitz 1966). Forestring av de fleste andre lipidklasser er også mulig med BF_3 , men vil ha lenger reaksjonstid (Christie 1993). Det er blitt observert dannelse av biprodukter ved bruk av BF_3 , hovedsakelig ved bruk av gammel reagens (Fulk & Shorb 1970). Det anbefales å lagre BF_3 -metanol kjølig for lengre holdbarhet.

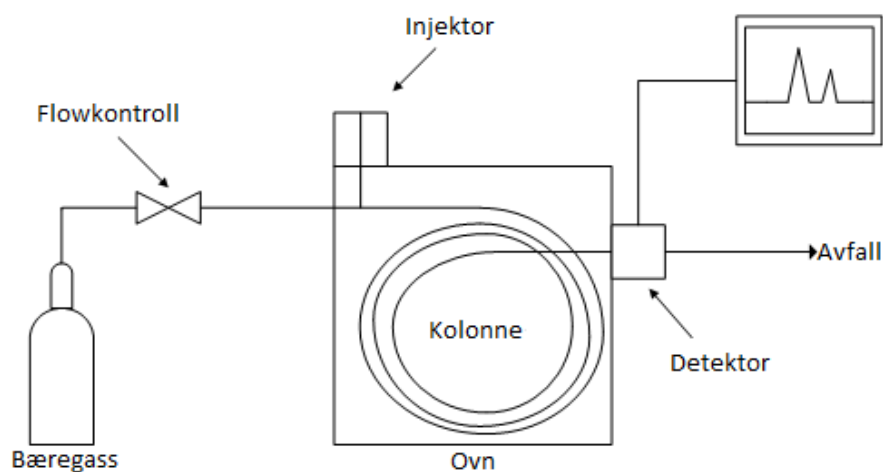
Metanolisk svovelsyre

En løsning av 1-2% svovelsyre (H_2SO_4) i metanol kan brukes til forestring av frie fettsyrer og omestring av acylglyseroler. Løsningen har liknende egenskaper som 5% HCl-metanol, og samme reaksjonstider brukes derfor ofte til begge reagenser (Christie 1993). Høyere konsentrasjoner av H_2SO_4 kan benyttes for å øke reaksjonshastigheten (Rogozinski 1964), men dette anbefales ikke da svovelsyre i høye konsentrasjoner kan oksidere dobbeltbindinger i umettede fettsyrer (Christie 1993).

1.2.7 Gasskromatografi

Gasskromatografi(GC) er i dag, en mye brukt teknikk innen analytisk kjemi. Populariteten skyldes hovedsakelig god oppløsning og mulighet til å skille svært like kjemiske forbindelser. I tillegg finnes det et bredt utvalg av ulike detektorer som kan kobles til GC, som sikrer god sensitivitet og selektivitet (Stuart & Bedson 2003).

Prinsippet bak alle kromatografiske metoder er det samme. En prøve løst i en mobilfase, fraktes gjennom et ubevegelig materiale (stasjonærfasen). Separasjon oppnås ved at de ulike komponentene i prøven har ulik affinitet til stasjonærfasen, og beveger seg med ulik hastighet gjennom den (Ahuja 2003). I gasskromatografi er mobilfasen en inert gass, mens stasjonærfasen kan være et fast stoff eller en væske bundet til et inert fast stoff på innsiden en kolonne (Stuart & Bedson 2003).



Figur 1.9: En enkel skjematisk fremstilling av en gasskromatograf.

Kromatogram

Et kromatogram er en visuell representasjon av dataene som innhentes fra detektoren koblet til en GC. Toppene i et kromatogram vises som regel i et koordinatsystem med retensjonstid plottet på x-aksen og signal på y-aksen (Stuart & Bedson 2003). Retensjonstid er tiden et stoff bruker gjennom kolonna fra injeksjon til deteksjon (Ahuja 2003). Ideelt sett bør toppene i et kromatogram være smale, symmetriske og ikke overlape hverandre (Poole 2012). I et gjennomsnittlig kromatogram vil en del av toppene være noe asymmetriske og brede. Bredden av en topp avhenger av en rekke faktorer samlet under beskrivelsen båndspredning, se Tabell 1.3 (Parris 2000).

Innledning

Tabell 1.3: Viser årsaker til båndspredning og mulige tiltak for minimering.

	Prinsipp	Tiltak for minimering
Eddydiffusjon	Effekten av ”ujevne” veier gjennom kolonna. Avhenger av størrelsen på partiklene i kolonnemembranen.	Redusere diameter til det inerte supportmateriale, og ha en mest mulig enhetlig pakkestruktur.
Longitudinal diffusjon	Analyttmolekyler diffunderer i longitudinal retning fra høy til lav konsentrasjon.	Øke hastigheten til mobilfasen.
Massetransport begrensninger	Mobilfasen har lavere hastighet nær kolonneveggen enn midt i kolonna, og diffusjonsveiene til analytt varierer i stasjonærfasen.	Minke tykkelsen til stasjonærfasen.

Temperaturprogram

Ved separasjon i en GC-kolonne under konstant temperatur, finnes det en tilnærmet eksponentiell sammenheng mellom retensjonstid og damptrykket til prøvemolekylene. Det er derfor umulig å velge én ovnstemperatur som vil gi god separasjon av en blanding som har stor variasjon i kokepunkt. I det aller fleste analyser på GC varieres derfor ovnstemperaturen over tid ved hjelp av et temperaturprogram, som fastsetter ovnsens starttemperatur, temperaturøkingsrate og sluttemperatur. Et temperaturprogram muliggjør god separasjon av analytter som vandrer raskt gjennom kolonna, og korter ned elueringstiden til analytter som interagerer sterkere med stasjonærfasen. På det måten oppnås tilfredsstillende separasjon uten at analysetiden er uhensiktsmessige lang (Poole 2012).

Kolonnetyper

Kolonner som brukes i gasskromatografer deles hovedsakelig inn i pakkede kolonner og kapillærkolonner. De pakkede kolonnene er ofte av rustfritt stål eller glass der innsiden er dekket av et pakkemateriale, som enten selv er stasjonærfasen eller er dekket av et tynt viskøst lag stasjonærfase. Pakkematerialets partikkelstørrelse, porøsitet, overflate og pakketetthet er med på å bestemme hvor effektiv kolonna er. Den indre diameteren er ofte rundt 5mm, som gjør at pakkede kolonner har relativt høy prøvekapasitet. Ulempen med stor diameter på kolonna er at

Innledning

det gir større grad av båndspredning (Barry & Grob 2007).

Kapillærkolonner tok raskt over for pakkede kolonner der god oppløsning og sensitivitet var viktig, og er i dag den mest brukte typen kolonne. De består vanligvis av smeltet silikat med et beskyttende lag av polyamid utenpå. Stasjonærfasen er ofte a polysiloksaner eller polyetyleneglykoler. Kapillærkolonner har ofte en indre diameter på kun 0.1-0.5mm. Dette gir kolonna liten prøvekapasitet, men også mye bedre sensitivitet og oppløsning i forhold til pakkede kolonner (Harris 2010).

Stasjonærfaser

Type stasjonærfase som benyttes velges ut ifra hva slags prøve som skal analyseres. Til separasjon av FAMEs brukes tre ulike hovedtyper kolonner: sterkt polare, polare og upolare (Eder 1995). Hver type kolonne har sine fordeler og ulemper som må vurderes opp mot hverandre for å kunne velge den best egnede til en spesifikk analyse.

Sterkt polare stasjonærfaser separerer FAMEs svært godt. Hovedulempen med sterkt polare kolonner er at de har lav termisk stabilitet. De kan derfor ikke opereres ved like høye temperaturer som upolare kolonner, som resulterer i økt retensjonstid (Shantha & Napolitano 1992). Sterkt polare kolonner muliggjør separasjon av geometriske og posisjonale isomerer av ulike fettsyrer, som ellers ville koeluert på mindre polare kolonner (Mjøs 2005; Huang *et al.* 2006). Dette er nyttig ved analyse fettsyrer i komplekse biologiske prøver (Ruiz-Rodriguez *et al.* 2010).

Polare stasjonærfaser har høyere termisk stabilitet enn de sterkt polare (Eder 1995), men gir samtidig tilstrekkelig god oppløsningsevne for mange biologiske prøver som marine oljer (Shantha & Ackman 1990), plasma (Lands *et al.* 1992) eller menneskelig fettvev (Cassidy *et al.* 1989).

I en kolonne med upolar stasjonærfase vil FAMEs separeres fra hverandre hovedsakelig på bakgrunn av kokepunkt. Derfor vil umettete FAMEs elueres ut før mettede (Eder 1995). Dette er motsatt av det som observeres ved bruk av polare stasjonærfaser, der FAMEs i større grad

Innledning

separeres på bakgrunn av spesifikke interaksjoner med stasjonærfasen (Ahuja 2003). Upolare kolonner har fordelen av høy termisk stabilitet, som gjør at de kan opereres ved høy temperatur, som hjelper til med å korte ned analysetiden. I tillegg er det lettere å få fettsyrer med høy molekylvekt over i gassfase dersom kolonnetemperaturen er høy (Shanta & Napolitano 1992). Hovedulempen med upolare kolonner er koelivering av enkelte umettede fettsyrer (Christie 1989).

Kolonnelengde

Lengden av en kromatografisk kolonne er en vesentlig parameter når det kommer til oppløsningsevne (Eder 1995). Generelt sett vil lengre kolonne gi bedre separasjonsevne fordi de ulike molekylene forskjell i affinitet til stasjonærfasen, vil i større grad gjøre seg gjeldende når de har lengre vandringvei (Stuart & Bedson 2003). Lengre kolonne betyr imidlertid også lengre retensjonstid. Derfor er det viktig å finne et kompromiss som sikrer tilstrekkelig god separasjon, samtidig som analysetiden holdes lav. Dersom prøven som skal analyseres er en relativt ukompleks blanding av FAMES (ingen geometriske og posisjonelle isomerer), vil en kolonne på 25m eller kortere gi tilstrekkelig god separasjon (Eder 1995).

Prøveinjeksjon på kolonne

Ved bruk av høyoppløselige gasskromatografiske metoder, er prøveinjeksjon det mest kritiske steget for å oppnå høy presisjon og nøyaktighet. Det finnes tre ulike injeksjonsmoduser: split, splitless eller direkte på kolonna (Grob 2008). Ved splittinjeksjon introduseres prøven inn i et injeksjonskammer som holder høy temperatur. Prøven fordampes og fortynnes med bæregass, før den strømmer forbi en åpning, hvor en liten del introduseres på kolonna. Resten av prøven føres ut av apparatet. Hvor stor andel av prøven som introduseres på kolonna oppgis ofte som en splittratio, og kan endres etter behov. En splitt på 1:10 vil si at én del prøve injiseres, og de resterende ni delene forkastes. Hovedfordelen med splittinjeksjon er at selv relativt konsentrerte prøver kan injiseres uten å overbelaste kolonna. En overbelastet kolonne gir dårligere ytelse over tid (Harris 2010). Dersom det skal gjøres sporanalyser, der svært små mengder analytt er til stede, er det fordelaktig å benytte injeksjon uten splitt.

Tidligere var en annen kjent ulempe med splittinjeksjon, potensielt dårlig presisjon og nøyaktighet med prøver der kjedelengden av fettsyrene spente over et stort område. Problemene

Innledning

kommer blant annet av endringer i splitratio, som følge av trykkbølger, selektiv og ufullstendig fordamping. En detaljert beskrivelse og beskrivelser om hvordan man kan minimere effekten av problemene kan diskutert av Grob (2008). Disse problemene kan unngås ved bruk av injeksjon direkte på kolonna (Grob 1987). Ulempen er at det på denne måten er lett å overbelaste kolonne, og at enkelte løsemidler kan skade noen typer kolonner (Karasek & Clement 1988).

Detektorer

Det finnes ulike typer detektorer som kan kobles til en gasskromatograf, og som hver har sine fordeler og ulemper. En mye brukt detektor er FID eller flammeionisasjonsdetektor (Eder 1995). FID fungerer ved at prøven som elueres ut fra kolonna introduseres inn i en hydrogen/oksygen flamme, der den ioniseres. Ionene samles av en kollektor og inducerer en svak strøm som måles av et elektrometer. Den induserte strømmen er proporsjonal med mengde analytt som er blitt ionisert (Poole 2012). FID gir god linearitet over et stort område, men detekterer kun organiske forbindelser (Ahuja 2003). I motsetningen til et massespektrometer gir FID kun informasjon om de ulike analyttenes retensjonstid og signal. Derfor er det nødvendig å ha rene standarder av alle stoffene man er ute etter å detektere. FID er m.a.o ideell til rutineanalyser, men utilstrekkelig for analyse av komplekse prøver. (Pacchiarotta *et al.* 2010).

I en GC-MS benyttes massespektrometer som detektor. Et massespektrometer har, i motsetning til mange andre detektorer, potensiale til å identifisere ukjente forbindelser i en prøve. Etter en prøvekjøring kan de ulike massespektrene fra en prøve sammenliknes med kjente forbindelsers massespektre, via søk i et referansebibliotek (Sparkman *et al.* 2011). Dersom biblioteket ikke inneholder informasjon om en forbindelse, er det mulig å tolke massespekteret manuelt. Dette krever god kunnskap og ekspertise. Eventuelt er det mulig å verifisere tolkningen av et massespekter om man har tilgang på rent stoff av den antatte forbindelsen.

1.2.8 Massespektrometri

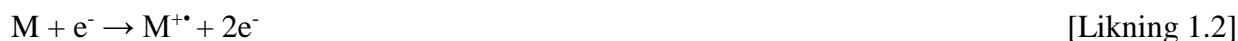
Et massespektrometer er et apparat som brukes til å ionisere og ”veie” en forbindelse, slik at vi kan innhente informasjon om forbindelsenes struktur og bestemme dens molekulære vekt (Williams & Fleming 2008). Apparatet består av en ionekilde, en masseanalysator/massefilter, og en ionedetektor. Første steg i prosessen er ionisering av analyttmolekylene i ionekilden.

Innledning

Ionisering kan skje via mange ulike metoder. Metoder som elektronionisasjon og kjemisk ionisasjon brukes ofte ved analyse av små og flyktige molekyler. Andre metoder som f. eks MALDI, er mer spesialiserte og benyttes for å muliggjøre ionisasjon av store molekyler som proteiner og peptider (de Hoffmann & Stroobant 2007). Etter ionisering akselereres ionene mot masseanalysatoren, der de ved hjelp av et magnetiske og/eller elektrisk felt, separeres på bakgrunn av deres masse og ladning. Ionene treffer deretter detektoren og konverteres til en elektrisk strøm som amplifiseres og detekteres som et signal på en datamaskin. Alle ionenes signal kan samlet sees som et massespekter, der detektorsignal er plottet mot m/z -ratio (William & Fleming 2008).

Elektronionisasjon

Elektronionisasjon (EI) er en mye brukt metode til ionisasjon av flyktige organiske molekyler med maksimal molekylvekt på omtrent 400Da. Prøven fordampes og introduseres inn i et ionisasjonskammer som holdes ved svært lavt trykk for å hindre kollisjon mellom molekyler. Et oppvarmet filament, vanligvis med en potensialforskjell på 70eV gir fra seg elektroner som trekkes mot en anode i spiralformede baner (William & Fleming 2008). Prøvemolekyler som befinner seg på gassform inne i ionekilden bombarderes av elektroner. Et 70eV elektron er energetisk nok til å kunne slå løs et elektron fra molekylet det kolliderer med, slik at det dannes et radikalt kation, kalt molekyllionet ($M^{+•}$).



I gjennomsnitt produseres det et ion per 1000 molekyler i ionekilden, ved 70eV. Omtrent 10-20eV overføres til molekylet under ioniseringsprosessen. Dette er mer energi enn det som kreves for å ionisere de fleste organiske molekyler. Energien til overs vil derfor kunne føre til videre fragmentering av molekyllionet. Denne fragmenteringen kan gi nyttig informasjon til bestemmelse av ukjente forbindelser (de Hoffmann & Stroobant 2007).

Magnetiske og elektrostatisk analysatorer

Etter at ioner er blitt dannet i ionekilden, blir de frastøtt av en repeller og akselereres ut av ionekilden mot masseanalysatoren. På dette tidspunktet er et ions kinetiske energi (E_k) gitt ved (likning 1.2), der m og q er ionets masse og ladning akselerert av en potensialforskjell V_s (de

Innledning

Hoffmann & Stroobant 2007).

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = qV_s \quad [\text{Likning 1.3}]$$

Ved bruk av en magnetsektor som masseanalysator, går ionestrømmen gjennom et magnetfelt. Dersom dette magnetfeltet (B) har en retning som er vinkelrett på ionestrømmen, vil ionene med ladning q og hastighet v , utsettes for en kraft F_M .

$$F_M = qvB \quad [\text{Likning 1.4}]$$

Ionene med masse m , vil følge en sirkulær bane med radius r , slik at sentrifugalkraften er lik den magnetiske kraften.

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \quad [\text{Likning 1.5}]$$

For hver verdi av B , vil ioner med samme ladning og moment (mv) følge en sirkulær bane med en spesifikk verdi av r . En magnetisk sektor separerer m.a.o ioner med hensyn på moment.

Tas det hensyn til ionenes kinetiske energi ved utgangen av ionekilden, får man fra likning 1.2:

$$mv^2 = 2qV_s \quad [\text{Likning 1.6}]$$

og videre

$$\frac{m}{q} = \frac{r^2 B^2}{2V_s} \quad [\text{Likning 1.7}]$$

Ved en bestemt verdi av B , vil kun ioner med korresponderende m/q -verdi gå gjennom magnetfeltet til detektoren, mens de resterende ionene vil kollidere med veggene. Ved å endre B over tid er det derfor mulig å raskt detektere ioner med ulike m/q -verdier.

Innledning

Dersom $q=1$ for alle ioner, og alle ionene har lik kinetisk energi, kan en magnetisk analysator separere ioner på bakgrunn av masse. I praksis vil ioner forlate ionekilden med ulik kinetisk energi, fordi de dannes på ulike steder i ionekilden. Dette fører til at ioner med ulik m/q -verdi, ved en verdi av B , kan nå detektoren samtidig. Dette gir utslag i dårligere oppløsning. For å minimere dette problemet er det vanlig å benytte dobbeltfokuserende instrumenter med en magnetisk og en elektrostatisk analysator.

En enkel type elektrostatisk analysator består av to kurvede plater parallelt ovenfor hverandre. Platene er som regel motsatt ladd og danner et elektrostatisk felt med intensitet E . Et ion med ladning q og masse m vil bevege seg gjennom feltet når sentrifugalkraften er lik den elektrostatiske kraften.

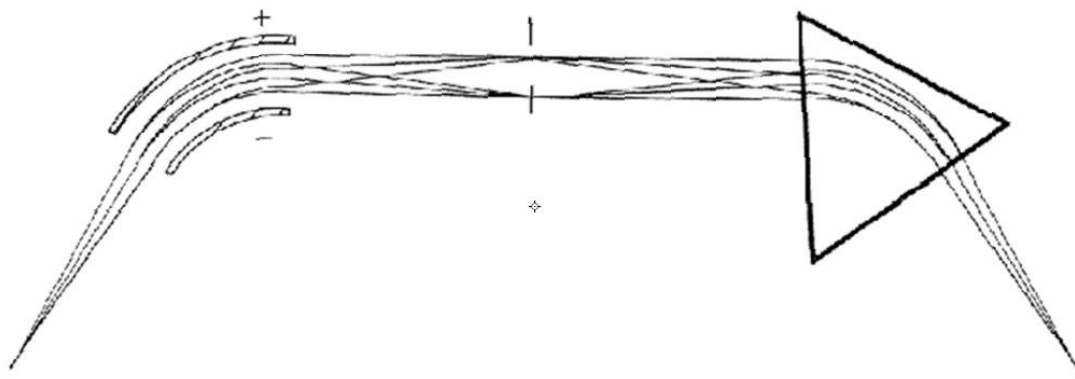
$$qE = \frac{mv^2}{r} \quad [\text{Likning 1.8}]$$

Setter inn E_k og får:

$$r = \frac{2E_k}{qE} \quad [\text{Likning 1.9}]$$

Ut ifra likning 1.7 sees det at et ions vei gjennom et elektrostatisk felt er uavhengig av masse og ladning. En elektrostatisk analysator separerer m.a.o ioner med hensyn på deres kinetiske energi.

Dobbeltfokuserende sektorinstrumenter kan orienteres med elektrostatisk analysator før (EB-geometri) eller etter (BE-geometri) den magnetiske analysatoren. Det er også mulig å ha en elektrostatisk analysator både før og etter (EBE-geometri).



Figur 2.53: Viser en vanlig måte å orientere en magnetisk og en elektrostatisk sektor i et dobbeltfokuserende instrument. Den første sektorenes dispersjon i energi korrigeres av den andre sektoren, som gir bedre oppløsning.

1.3 Forventede resultater

I tråd med tidligere studier av transfettdannelse i planteoljer (Moreno *et al.* 1999; Juanéda *et al.* 2003; Tsuzuki 2010; Li *et al.* 2013) ble det forventet økende grad av oksidativ nedbrytning og transfettdannelse i planteoljene, med økende steketid og steketemperatur. Det ble også forventet at soyaolje og rapsolje, på bakgrunn av deres høye innhold av flerumettede fettsyrer ville ha dårligere oksidativ stabilitet enn olivenoljene.

2. MATERIALER OG METODER

2.1 Materialer

Tabell 2.1: Viser løsemidler og kjemikalier benyttet under labarbeidet.

Løsemiddel/Kjemikalie	Summeformel	Kvalitet	Cas-nr	Produsent
Metanol	CH ₃ OH	Chromasolv®, for HPLC ≥99,9%	67-56-1	Sigma Aldrich
Kloroform	CHCl ₃	Chromasolv®, for HPLC ≥99,8%	67-66-3	Sigma Aldrich
Heksan	C ₆ H ₁₄	Chromasolv®, for HPLC ≥97,0% (GC)	110-54-3	Sigma Aldrich
Bortrifluoridmetanolløsning	BF ₃ CH ₃ OH løsning	14 % BF ₃ i metanol	373-57-9	Sigma Aldrich
Natrium	Na (s)	Purum		Merck, Darmstadt, Tyskland

2.1.1 Eksternstandard

Til identifiseringen av FAMES ble det brukt en 37 komponents fettsyremetylester mix, R38 (Food Industry Fame Mix, Restek, Bellefonte, PA, USA).

Metylestere av 9(Z),12(E)-Oktadekadiensyre og 9(E),12(Z)-Oktadekadiensyre ble levert av Svein Are Mjøs (Universitetet i Bergen). Tillagningen av disse metylestere er beskrevet i (Mjøs & Pettersen 2003).

2.1.2 Internstandard

For kvantitering ble det tillaget en stamløsning med internstandard (IS) av trionadekanoin (triglyserid av nonadekansyre, C19:0), med en konsentrasjon på 1,0 mg/mL. Denne ble brukt til kvantitering av transfettsyrer gjennom hele arbeidet. Standarden ble oppbevart i en fryser ved -20 °C.

2.1.3 Natriummetanolat

Natrium-metanolat løsningen ble laget ved å løse metallisk natrium i metanol til en konsentrasjon på 3,0 mg/mL.

2.1.4 Planteoljer

Tabell 2.2: Viser planteoljene analysert i oppgaven.

Planteolje	Importør	Produsent
Eldorado rapsolje	Norgesgruppen	Norgesgruppen
Soyaolje	Mills	Mills
Extra virgin kaldpresset olivenolje	Haugen-gruppen	Ybarra
Montabes extra virgin olivenolje	Botella AS	Monva

2.2 Metoder

2.2.1 Varmebehandling av planteoljer

En keramisk stekepanne (Brugiatelli Design, diameter 200mm, bunntykkelse 5,3mm) ble varmet opp til en overflatetemperatur på 220, 250 og 300 °C før ca. 20 ml olje ble tilsatt. En representativ prøve på 1 mL ble tatt ut etter 15, 20, 30 og 40 minutter. Temperaturkontrollens nøyaktighet under steking var ± 10 °C.

2.2.2 Fremstilling av FAMEs

Det ble veid ut 5 mg olje fra hver parallell i reagensrør av glass, som deretter ble løst i 2,5 mL heksan og tilsatt 40 μ L internstandard. Hvert reagensrør ble så tilsatt 1.5 ml natrium-metanolat (3.0 mg/mL) og plassert i et vannbad på 80 °C i 20 min. Etter nedkjøling til romtemperatur ble 1.0 ml 14% BF₃-metanol tilsatt, og reagensrørene satt på vannbad i 15 min. Reagensrørene ble så ristet under nedkjøling til romtemperatur. Til slutt ble heksanfasen overført til prøveglass. Disse ble lagret mørkt ved -20 °C før analyse på GC-MS.

2.2.3 Gasskromatograf (GC)

Alle analyser av fettsyremetylestere ble utført på en Agilent 6890 Series gasskromatograf (Agilent Technology, Wilmington, DE, USA), utstyrt med en CTC PAL autosampler (CTC Analytics AG, Zwingen, Sveits). Kolonnen brukt i gasskromatografen var en 50 m CP-Sil 88

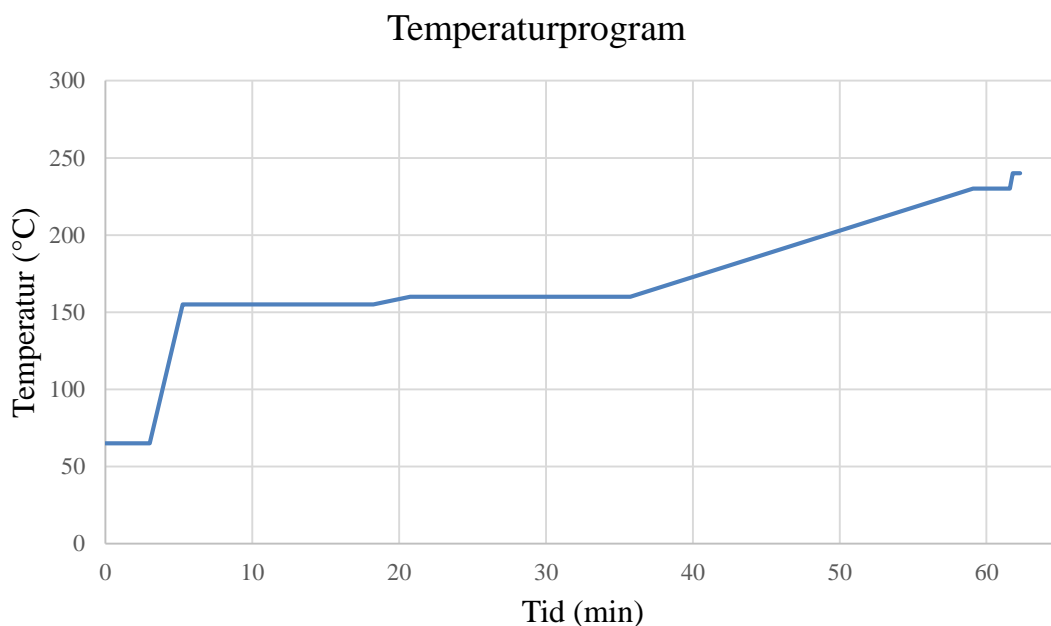
Materialer og metoder

kapillær WCOT fused silica kolonne fra Agilent J&W med indre diameter på 0.25 mm og 0.2 µm filmtykkelse (Varian, Middelburgh, The Netherlands). Helium (Yara, Norge, kvalitet 6.0) ble benyttet som bæregass med en konstant flow på 1 mL/min.

Det ble brukt en splittinjektor med en splitt-ratio på 1:10 og injeksjonstemperaturen var 245 °C. Heptan ble brukt for å vaske injektorsprøyte før og etter injeksjon.

Temperaturprogram

GC-ovnen ble programmert med en starttemperatur på 65 °C og holdt der i 3 min, før temperaturen ble økt med 40 °/min til 155 °C (13 min). Videre ble temperaturen økt med 2.0 °/min til 160 °C (15 min). Deretter fulgte en økning på 3.0 °/min til 230 °C (2.5 min). Avslutningsvis ble temperaturen økt med 50 °/min til 240 °C, og holdt der i 0.5 min. Den totale analysetiden var 62.28 min.



Figur 2.1: Temperaturprogram benyttet ved analyse av FAMEs på GC-MS.

2.2.4 Massespektrometer (MS)

Massespektrometeret benyttet for identifisering av FAMEs var et sektorinstrument av typen Autospec Ultima (Micromass Ltd. Manchester, England). Massespektrometeret var utstyrt med en elektronionisasjonskilde som produserte 70 eV elektroner, og det ble benyttet masseområde fra 40 til 600 m/z .

Programvaren som ble benyttet til innhenting av kromatogrammer og massespektre var MassLynx versjon 4.0 (Waters, Milford, MA, USA). Referansebiblioteket NIST 08 (Gaithersburg, MD, USA), ble brukt til identifisering av prøver og internstandard.

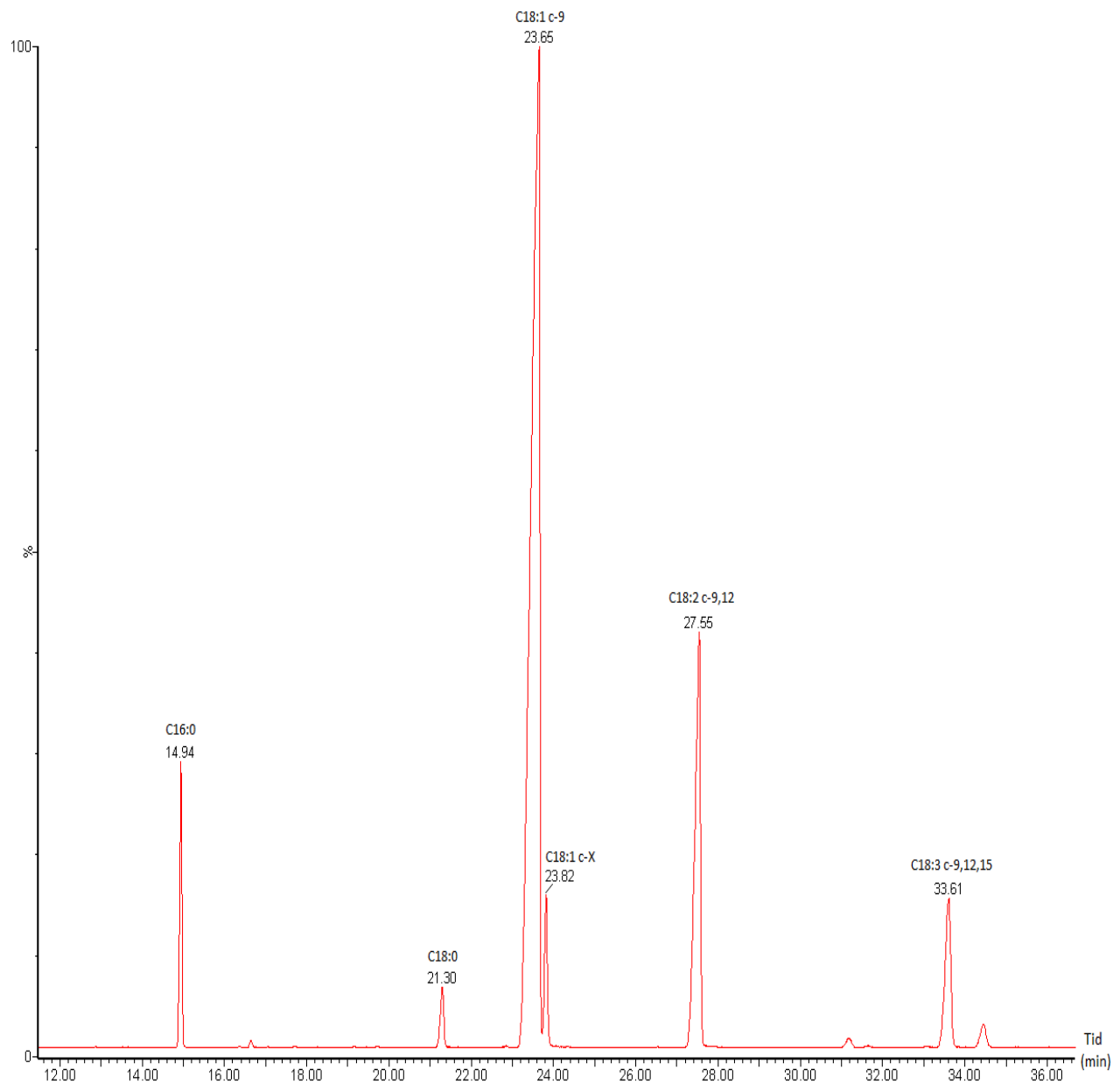
2.2.5 LOD og LOQ

Metodens limit of detection (LOD) og limit of quantification (LOQ) ble bestemt for hver komponent i resteks Food Industry FAME mix. I scan mode var LOD-verdier for FAMEs 3,8-24,2 ng/mL, og LOQ-verdier 13,0-80,7 ng/mL (Devle *et al.* 2009).

3. RESULTATER

3.1 Fettsyreprofil i rapsolje

Figur 3.1 viser fettsyreprofilen til rapsolje. Kun topper med tilstrekkelig høyde for å vise retensjonstid er merket med navn. En komplett liste over FAMES som var over LOQ er vist i tabell 3.1.



Figur 3.1: TIC av fettsyremetylestere fra rapsolje.

Resultater

Tabell 3.1: Viser en liste over alle detekterte FAMEs i prøver av rapsolje, oppgitt med IUPAC-navn og prosentandel med standardavvik.

FAME av	IUPAC-navn	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
C16:0	Heksadekansyre metyl ester	4,97±0,11
C16:1 c-9	<i>cis</i> -9-heksadekansyre	0,13±0,01
C17:0	Heptadekansyre metyl ester	0,04±0,02
C17:1 c-10	<i>cis</i> -10-heptadekansyre metyl ester	0,04±0,02
C18:0	Oktadekansyre metyl ester	1,54±0,04
C18:1 c-9	<i>cis</i> -9-oktadekansyre metyl ester	64,4±0,94
C18:1 c-X*	<i>cis</i> -X-oktadekansyre metyl ester	2,92±0,08
C18:2 c-9,12	<i>cis</i> -9,12-oktadekadiensyre metyl ester	17,5±0,51
C20:0	Eikosansyre metyl ester	0,43±0,02
C18:3 c-9,12,15	<i>cis</i> -9,12,15-oktadekantrienisyre metyl ester	6,39±0,17
C20:1 c-11	<i>cis</i> -11-eikosensyre metyl ester	1,09±0,06
C22:0	Dokosansyre metyl ester	0,18±<0,01
C22:1 c-13	<i>cis</i> -13 dokosensyre metyl ester	0,29±<0,01
C24:0	Tetrakosansyre metyl ester	0,05±0,01
C24:1 c-15	<i>cis</i> -15 tetrakosensyre metyl ester	0,05±<0,01

*Dobbelbindingens posisjon kunne ikke bestemmes med sikkerhet.

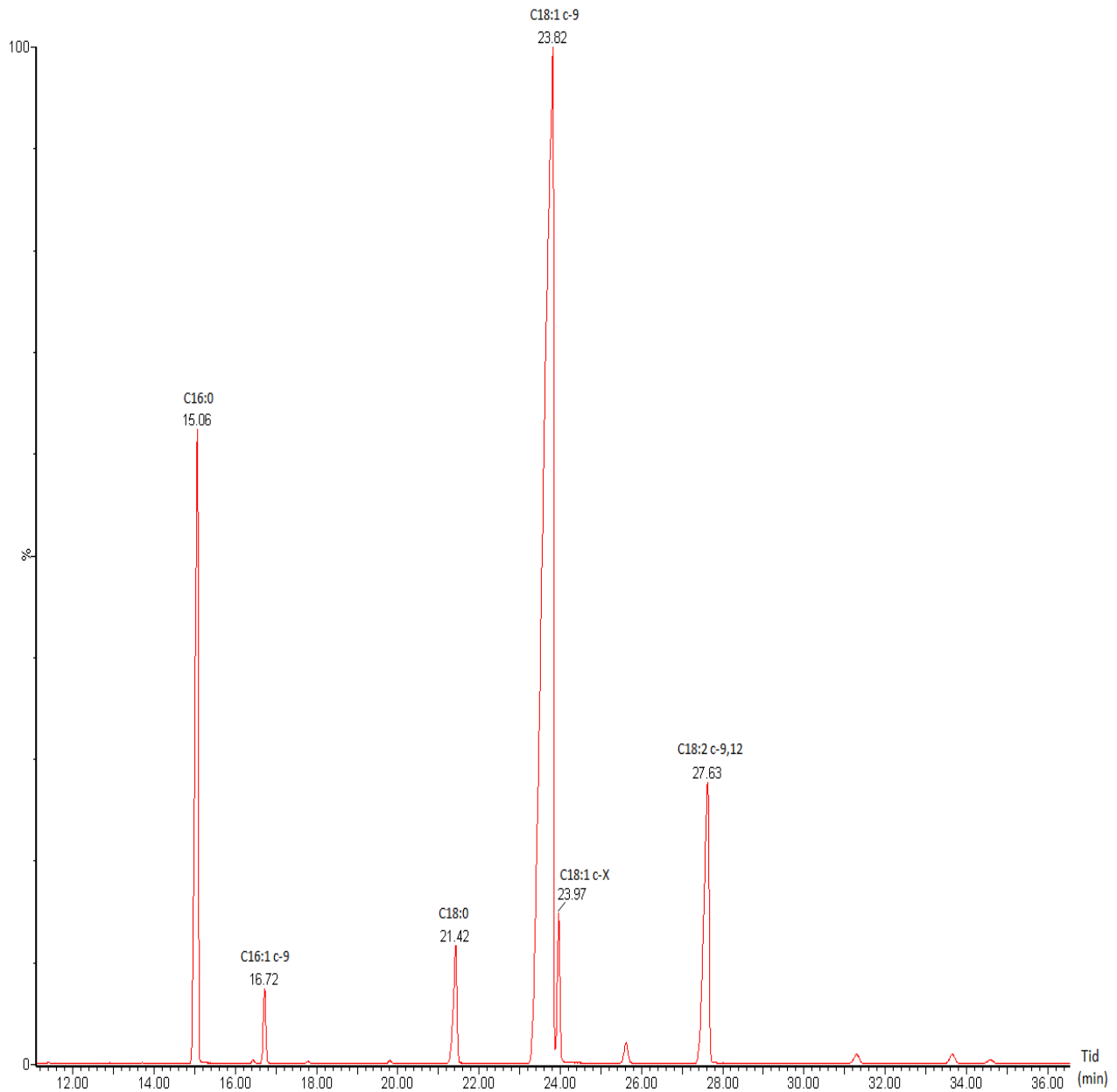
Av resultatene ser vi at C18:1 c-9 utgjør størsteparten av fettsyreinholdet i rapsolje. Den nest største andelen utgjøres av C18:2 c-9,12 og den tredje største av C18:3 c-9,12,15. Videre rangering av fettsyrer som utgjør mer enn 1% er C16:0 > C18:1 c-X > C18:0 > C20 c-11. Hovedandelen av fettsyrene i olivenolje er umettede, med en ratio på nesten 3:1 av enumettet mot flerumettet fett.

Tabell 3.2: Fettsyregrupper i rapsolje.

	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
Mettede fettsyrer	7,2±0,1
Enumettede fettsyrer	68,9±0,9
Flerumettede fettsyrer	23,9±0,5
ω-6	17,5±0,5
ω-3	6,4±0,2

3.2 Fettsyreprofil i olivenolje (Ybarra)

Figur 3.2 viser fettsyreprofilen til olivenolje (Ybarra). Kun topper med tilstrekkelig høyde for å vise retensjonstid er merket med navn. En komplett liste over FAMES som var over LOQ er vist i tabell 3.3.



Figur 3.2: TIC av fettsyremetylestere fra olivenolje (Ybarra).

Resultater

Tabell 3.3: Viser en liste over alle detekterte FAMEs i prøver av olivenolje (Ybarra), oppgitt med IUPAC-navn og prosentandel med standardavvik.

FAME av	IUPAC-navn	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
C16:0	Heksadekansyre metyl ester	14,6±0,3
C16:1 c-9	<i>cis</i> -9-heksadekensäure	1,26±0,03
C17:0	Heptadekansyre metyl ester	0,04±<0,01
C17:1 c-10	<i>cis</i> -10-heptadekensäure metyl ester	0,05±0<0,01
C18:0	Oktadekansyre metyl ester	2,93±0,05
C18:1 c-9	<i>cis</i> -9-oktadekensäure metyl ester	67,9±0,09
C18:1 c-X*	<i>cis</i> -X-oktadekensäure metyl ester	2,3±0,06
C18:2 c-9,12	<i>cis</i> -9,12-oktadekadiensäure metyl ester	9,97±0,1
C20:0	Eikosansyre metyl ester	0,33±<0,01
C18:3 c-9,12,15	<i>cis</i> -9,12,15-oktadekantriensäure metyl ester	0,31±0,01
C20:1 c-11	<i>cis</i> -11-eikosensäure metyl ester	0,13±<0,01
C21:0	Heneikosansyre metyl ester	0,05±0,04
C22:0	Dokosansyre metyl ester	0,07±<0,01
C24:0	Tetrakosansyre metyl ester	0,03±<0,01

*Dobbeltbindingens posisjon kunne ikke bestemmes med sikkerhet.

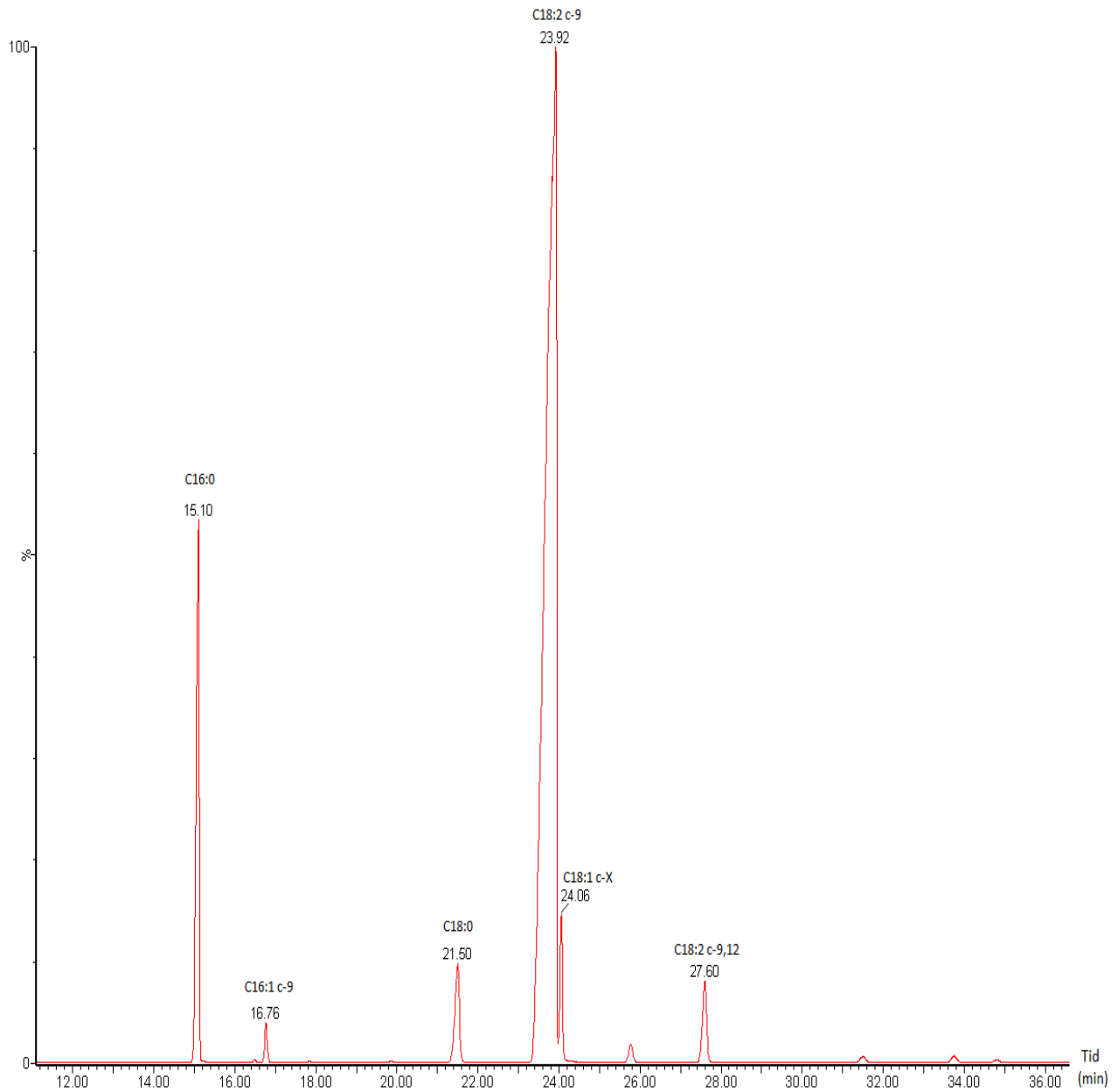
Olivenoljen fra Ybarra hadde mest av C18:1 c-9. Rangeringen av fettsyrer som utgjør mer enn 1% er deretter C16:0 > C18:2 c-9,12 > C18:0 > C18:1 c-X > C16:1 c-9. Enumettet fett står for den største andelen med en ratio på nesten 7:1 mot flerumettet fett. Mengden mettede fettsyrer er relativt høy og står for nesten en femtedel av det totale fettinnholdet.

Tabell 3.4: Fettsyregrupper i olivenolje (Ybarra).

	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
Mettede fettsyrer	18,0±0,3
Enumettede fettsyrer	71,6±0,1
Flerumettede fettsyrer	10,4±<0,1
ω-6	9,9±<0,1
ω-3	0,3±<0,1

3.3 Fettsyreprofil i olivenolje (Montabes)

Figur 3.3 viser fettsyreprofilen til olivenolje (Montabes). Kun toppe med tilstrekkelig høyde for å vise retensjonstid er merket med navn. En komplett liste over FAMEs som var over LOQ er vist i tabell 3.5



Figur 3.3: TIC av fettsyremetylestere fra olivenolje (Montabes).

Resultater

Tabell 3.5: Viser en liste over alle detekterte FAMES i prøver av olivenolje (Montabes), oppgitt med IUPAC-navn og prosentandel med standardavvik.

FAME av	IUPAC-navn	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
C16:0	Heksadekansyre metyl ester	12,2±0,19
C16:1 c-9	<i>cis</i> -9-heksadekensyre	0,73±0,02
C17:0	Heptadekansyre metyl ester	0,03±<0,01
C17:1 c-10	<i>cis</i> -10-heptadekensyre metyl ester	0,04±<0,01
C18:0	Oktadekansyre metyl ester	3,23±0,07
C18:1 c-9	<i>cis</i> -9-oktadekensyre metyl ester	78,3±0,14
C18:1 c-X*	<i>cis</i> -X-oktadekensyre metyl ester	2,24±0,02
C18:2 c-9,12	<i>cis</i> -9,12-oktadekadiensyre metyl ester	2,5±0,07
C20:0	Eikosansyre metyl ester	0,25±<0,01
C18:3 c-9,12,15	<i>cis</i> -9,12,15-oktadekantriensyre metyl ester	0,26±0,01
C20:1 c-11	<i>cis</i> -11-eikosensyre metyl ester	0,11±<0,01
C21:0	Heneikosansyre metyl ester	0,02±0,01
C22:0	Dokosansyre metyl ester	0,07±0,06
C24:0	Tetrakosansyre metyl ester	0,01±<0,01

*Dobbeltbindingens posisjon kunne ikke bestemmes med sikkerhet.

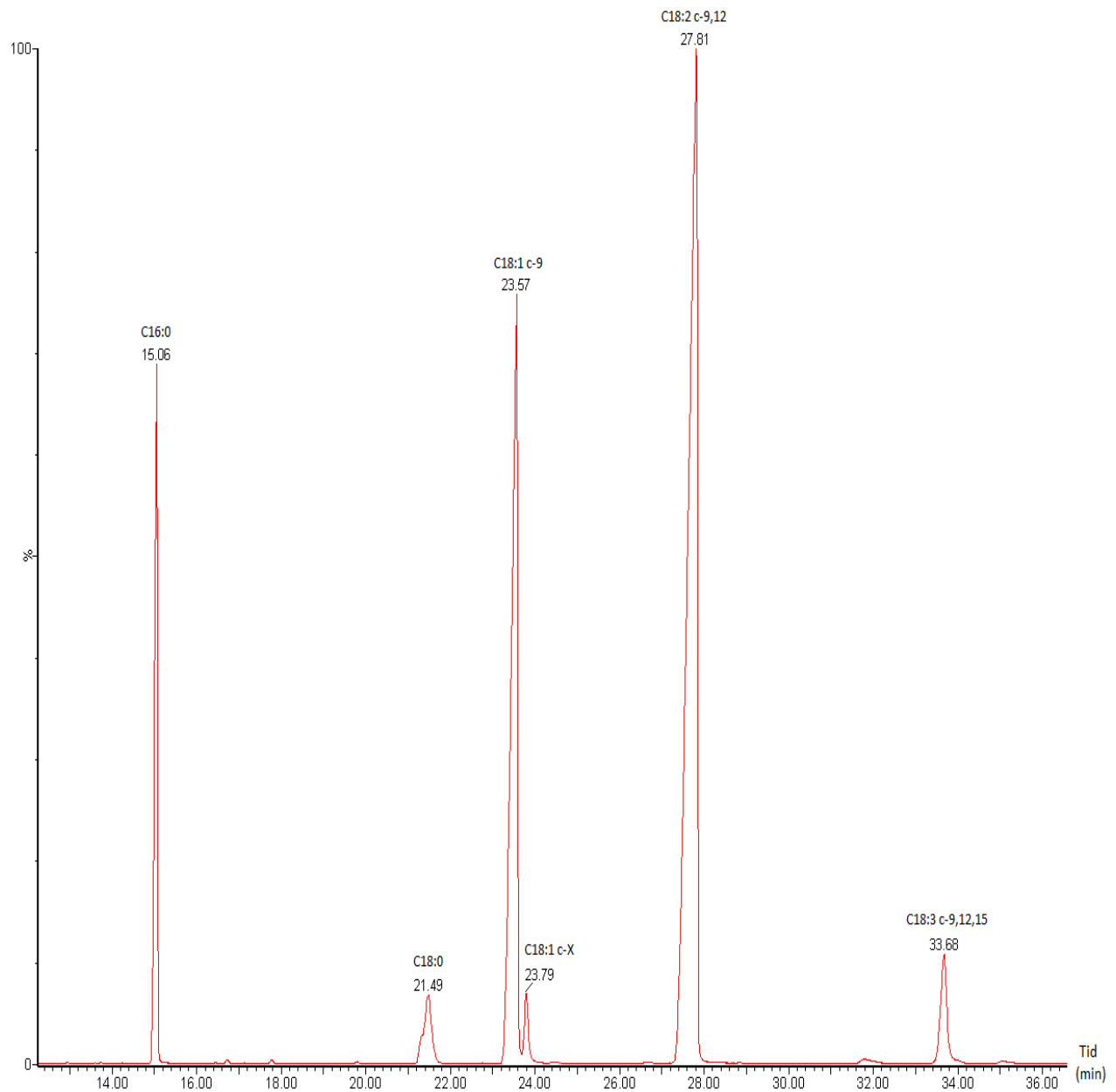
Olivenoljen fra Montabes inneholder hovedsakelig C18:1 c-9, med et moderat høyt innhold av C16:0. Videre rangering av fettsyrer som utgjør over 1% er C18:0 > C18:2 c-9,12 > C18:1 c-X. Andelen enumettet fett er svært høy, og nesten 30 ganger større enn andelen flerumettet fett. Dette kan forklares med at olivenoljen fra Montabes er produsert sør i Spania, der klimaet er varmt. Planteoljer fra varme klimaer er observert å generelt ha høyere C18:1 mot C18:2 ratio (Brignoli *et al.* 1976). Mettede fettsyrer står for omtrent en sjettedel av fettinnholdet olivenoljen.

Tabell 3.6: Fettsyregrupper i olivenolje (Montabes).

	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
Mettede fettsyrer	15,8±0,2
Enumettede fettsyrer	81,4±0,1
Flerumettede fettsyrer	2,8±<0,1
ω-6	2,5±<0,1
ω-3	0,3±<0,1

3.4 Fettsyreprofil i soyaolje

Figur 3.4 viser fettsyreprofilen til soyaolje. Kun topper med tilstrekkelig høyde for å vise retensjonstid er merket med navn. En komplett liste over FAMES som var over LOQ er vist i tabell 3.7.



Figur 3.4: TIC av fettsyremetylestere fra soyaolje.

Resultater

Tabell 3.7: Viser en liste over alle detekterte FAMEs i prøver av soyaolje, oppgitt med IUPAC-navn og prosentandel med standardavvik.

FAME av	IUPAC-navn	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
C16:0	Heksadekansyre metyl ester	12±0,33
C16:1 c-9	<i>cis</i> -9-heksadekensyre	0,06±<0,01
C17:0	Heptadekansyre metyl ester	0,06±<0,01
C17:1 c-10	<i>cis</i> -10-heptadekensyre metyl ester	0,02±<0,01
C18:0	Oktadekansyre metyl ester	3,13±0,06
C18:1 c-9	<i>cis</i> -9-oktadekensyre metyl ester	26±0,35
C18:1 c-X*	<i>cis</i> -X-oktadekensyre metyl ester	1,4±0,21
C18:2 c-9,12	<i>cis</i> -9,12-oktadekadiensyre metyl ester	53±0,22
C20:0	Eikosansyre metyl ester	0,26±0,02
C18:3 c-9,12,15	<i>cis</i> -9,12,15-oktadekantrienysyre metyl ester	3,72±0,23
C20:1 c-11	<i>cis</i> -11-eikosensyre metyl ester	0,09±0,01
C22:0	Dokosansyre metyl ester	0,25±0,01

*Dobbelbindingens posisjon kunne ikke bestemmes med sikkerhet.

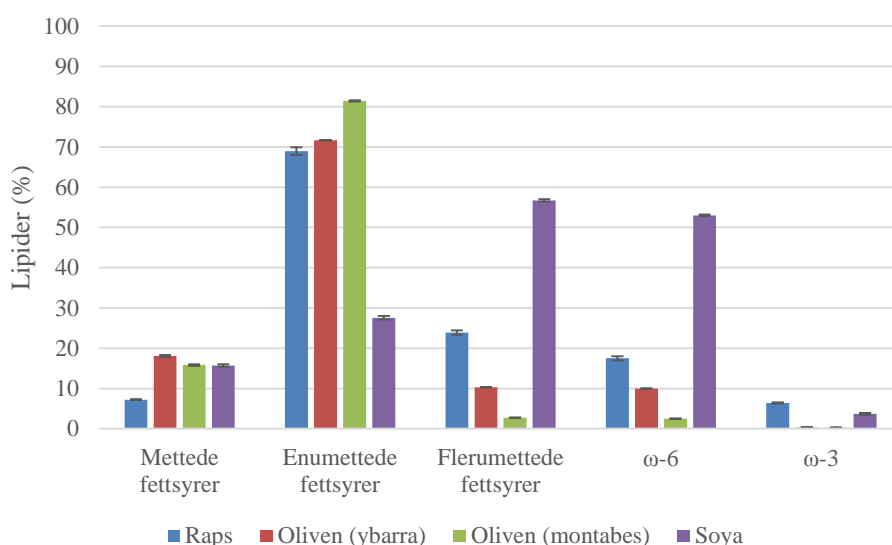
Den analyserte soyaoljen inneholder mest av C18:2 c-9,12 og omtrent halvparten så mye C18:1 c-9. Videre rangering av fettsyrer som utgjør mer enn 1% er C16:0 > C18:3 c-9,12,15 > C18:0 > C18:1 c-X. Flerumettet fett er mest vanlig i soyaoljen, og utgjør omtrent dobbelt så stor andel som enumettet fett. Mettede fettsyrer står for omtrent en sjettedel av fettinnholdet i soyaoljen.

Tabell 3.8: Fettsyregrupper i soyaolje.

	Gj.snitt i % av tot. areal ± std.avvik
Mettede fettsyrer	15,7±0,3
Enumettede fettsyrer	27,6±0,4
Flerumettede fettsyrer	56,7±0,3
ω-6	53,0±0,2
ω-3	3,7±0,2

3.4 Sammenlikning av fettsyreprofiler

Felles for de planteoljene som er analysert er at de alle har et høyt innhold av umettede fettsyrer og et signifikant lavere innhold (7-18%) av mettede fettsyrer, se figur 3.5. I raps og de to olivenoljene står den enumettede fettsyren C18:1 n-7 for hoveddelen (64-78%) av fettsyresammensetningen. Rapsoljen inneholder vesentlig mer flerumettet fett enn begge olivenoljene. Olivenoljen fra Montabes inneholder svært lite (2,8%) flerumettet fett, men har også det høyeste (81%) innholdet av enumettet fett blant alle planteoljene. Soyaoljen skiller seg fra de andre planteoljene ved at omtrent halvparten (57%) av fettsyreinholdet kommer fra flerumettet fett. Av alle planteoljene har raps det laveste innholdet av mettet fett, mens de tre andre planteoljene stiller omtrent likt. Raps har også høyest innhold totalt av umettede fettsyrer, i tillegg til det høyeste innholdet av ω -3-fettsyrer. Soyaoljen har det desidert høyeste innholdet av ω -6-fettsyrer, men også det laveste innholdet av enumettede fettsyrer (28%).

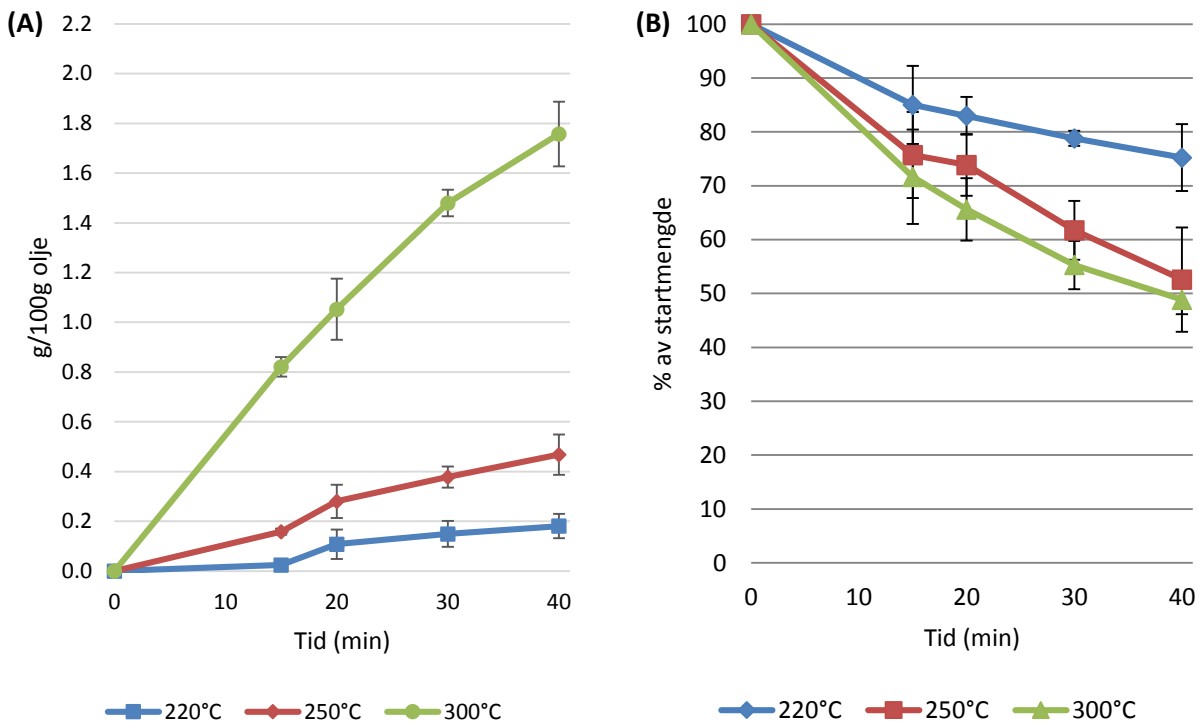


Figur 3.5: Sammenlikning av fettsyregrupper i planteoljer.

Oddetallsfettsyrene C17:0 og C17:1 n-10 ble detektert i svært små mengder i samtlige planteoljer. Rapsolje inneholdt størst mengde fettsyrer med kjedelengde \geq C20.

3.5 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i rapsolje

Som vist i figur 3.6 ble det dannet signifikante mengder C18:1 t-9 i rapsolje ved alle steketemperaturer. For 220 °C og 250 °C var utviklingen over tid ganske lik, og det ble etter 40 min dannet i underkant av tre ganger mer C18:1 t-9 ved 250 °C (0,47 g/100g) enn ved 220 °C (0,18 g/100g). Dannelsen av C18:1 t-9 ved en 300 °C skiller seg fra de to andre steketemperaturer ved at utviklingen skjer vesentlig tidligere, og at mengden C18:1 t-9 dannet er nesten 10 ganger høyere (1,76 g/100g) enn ved 220 °C.



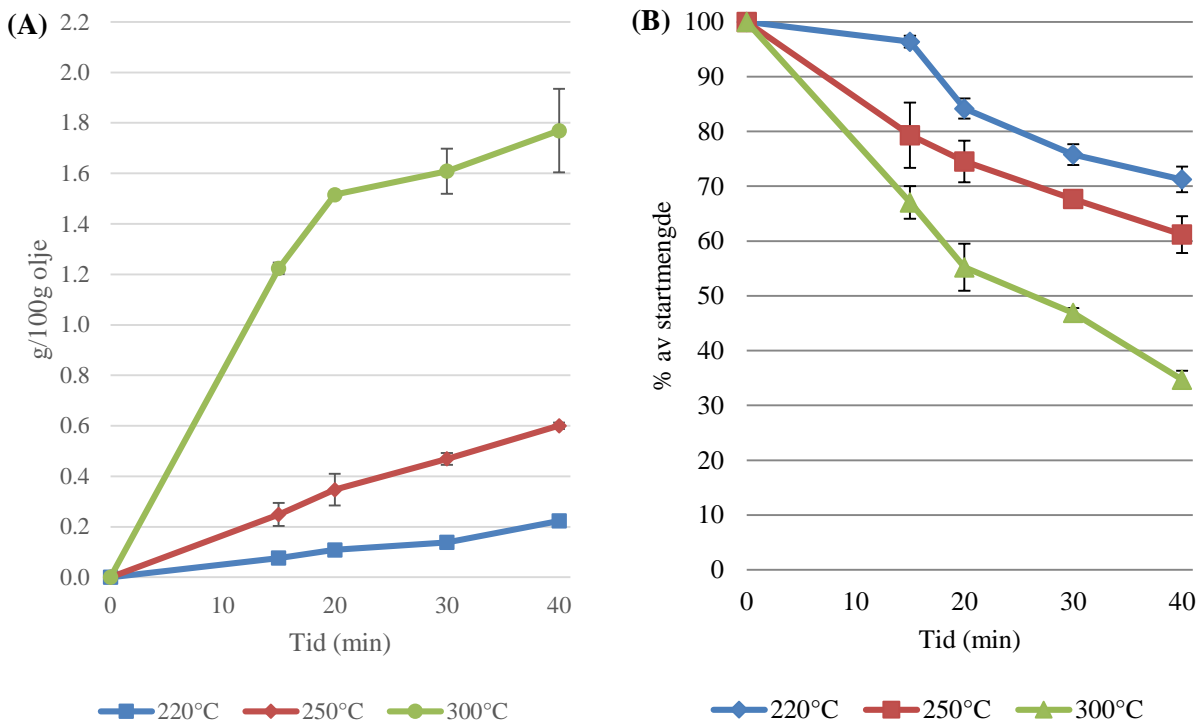
Figur 3.6: Viser dannelse av C18:1 trans-9 (A) og oksidativ nedbrytning av C18:1 cis-9 (B) i rapsolje.

Startmengden av C18:1 c-9 i rapsolje følger en tilnærmet jevn synkende kurve ved alle steketemperaturer. Etter 40 min ved 300 °C er over 50% av startmengden C18:1 c-9 brutt ned. Utviklingen skjer saktere ved 220 °C, der over 75% av startmengden C18:1 c-9 er igjen etter 40 min. Standardavvikene er under 10 % for alle målepunkter.

3.6 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i olivenolje (Ybarra)

Det ble detektert C18:1 t-9 i olivenolje (Ybarra) ved alle steketemperaturer, se figur 3.7.

Utviklingen ved 220 og 250 °C følger en jevn stigning over tid, og det er etter 40 min dannet 3 ganger mer C18:1 t-9 ved 250 °C (0,60 g/100g) enn ved 220 °C (0,22 g/100g). Dannelsen av C18:1 t-9 ved 300 °C over tid følger en mye brattere stigning frem til 20 min, hvor den begynner å flate ut. Mengde C18:1 t-9 etter 40 min er 1,77 g/100g. Dette er henholdsvis ca. 9 og 3 ganger større enn ved 220 °C og 250 °C.

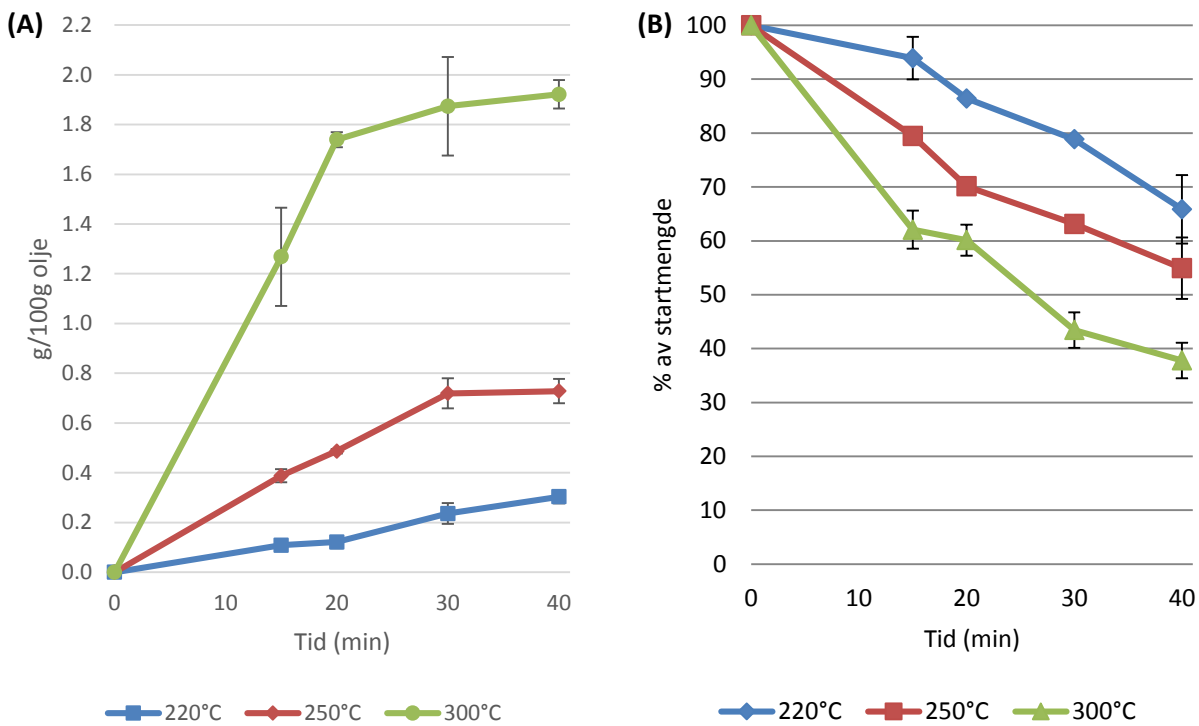


Figur 3.7: Viser dannelse av C18:1 trans-9 (A) og oksidativ nedbrytning av C18:1 cis-9 (B) i olivenolje (Ybarra).

Nedbrytningen av C18:1 c-9 i olivenolje (Ybarra) har et ensartet forløp for steketemperaturene 220 °C og 250 °C. Mengde nedbrutt C18:1 c-9 ved de fleste målepunktene er omtrent 10% høyere ved 250 °C enn ved 220 °C. Etter 40 min ved 300 °C er over 65% av startmengden C18:1 c-9 brutt ned. Utviklingen skjer raskere enn ved 220 °C og 250 °C der i underkant av 30% og 40% av startmengden er brutt ned etter 40 min. Standardavvikene er under 5% på det flest av målingene.

3.7 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i olivenolje (Montabes)

Som det sees i figur 3.8 ble det i olivenolje (Montabes) funnet C18:1 t-9 ved alle steketemperaturer. Utviklingen ved 220°C følger en gjevn stigning frem til 40 min. Ved 250 °C observeres det en noe brattere stigning frem til 30 min og deretter en utflatning mot 40min, hvor det er dannet ca. 2,5 ganger mer C18:1 t-9 (0,73 g/100g) enn ved 220 °C (0,30 g/100g). Dannelsen av C18:1 t-9 ved 300 °C følger en brattere utvikling frem til 20 min, og flater ut frem mot 40 min, hvor det er dannet i overkant av 6 ganger mer C18:1 t-9 (1,92 g/100g) enn ved 220 °C.

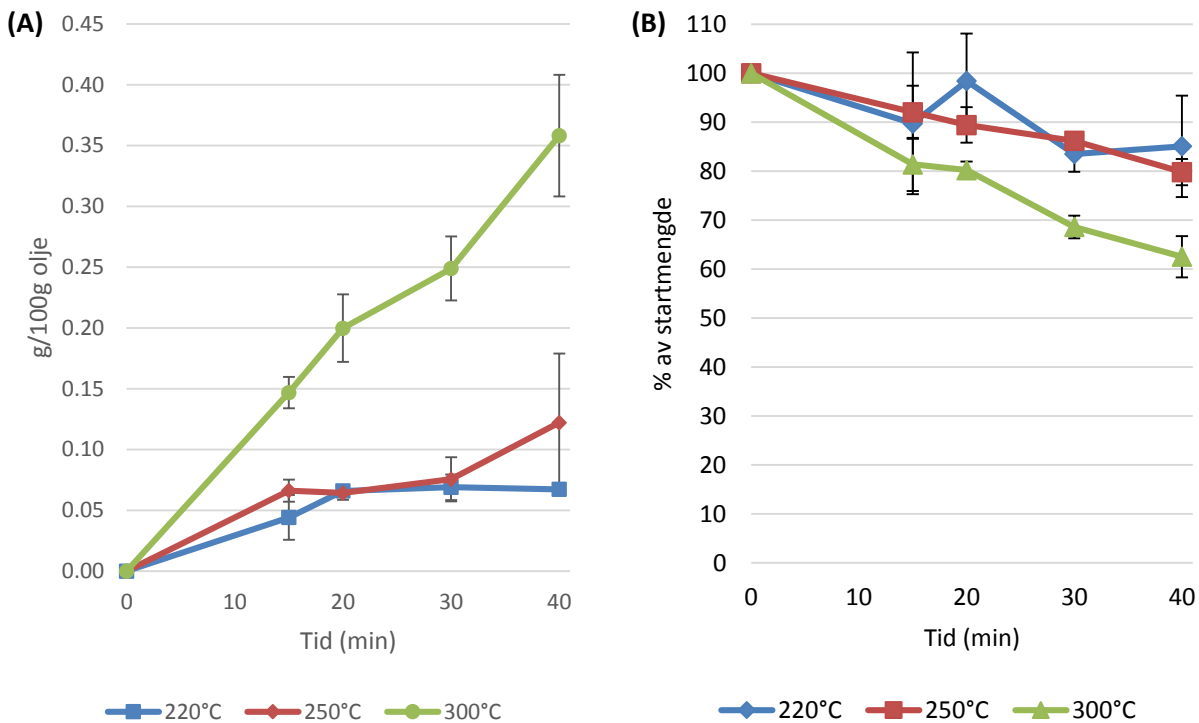


Figur 3.8: Viser dannelse av C18:1 trans-9 (A) og oksidativ nedbrytning av C18:1 cis-9 (B) i olivenolje (Montabes).

Nedbrytningen av C18:1 c-9 i olivenolje (Montabes) følger et liknende mønster for alle steketemperaturer. Mengde nedbrutt C18:1 c-9 ved de fleste målepunktene er omtrent 15% høyere ved 250 °C enn ved 220 °C. Forskjellen i nedbrytning mellom 250 °C og 300 °C varierer fra 10-20% ved de ulike målepunktene. Mengde C18:1 c-9 nedbrutt etter 40 min ved 300 °C er i overkant av 60% mot ca. 45% (250 °C) og 35% (220 °C). Standardavvikene varierer mye, men er under 5% for de fleste av målingene.

3.8 Varmeindusert dannelse av C18:1 trans-9 i soyaolje

Figur 3.9 viser at det ble funnet C18:1 t-9 i soyaolje ved alle steketemperaturer. Utviklingen ved 220 og 250 °C overlapper noe, spesielt ved 20 og 30 min. Dannelsen av C18:1 t-9 ved 300 °C følger en bratt stigning frem til 40 min, hvor mengden C18:1 t-9 (0,36 g/100g) er i underkant av 6 ganger høyere enn ved 220 °C (0,07 g/100g). Soyaolje skiller seg fra de andre planteoljene ved at startmengden C18:1 c-9 er lav. Det er derfor naturlig at absolutt mengde C18:1 t-9 som dannes, er mye lavere.

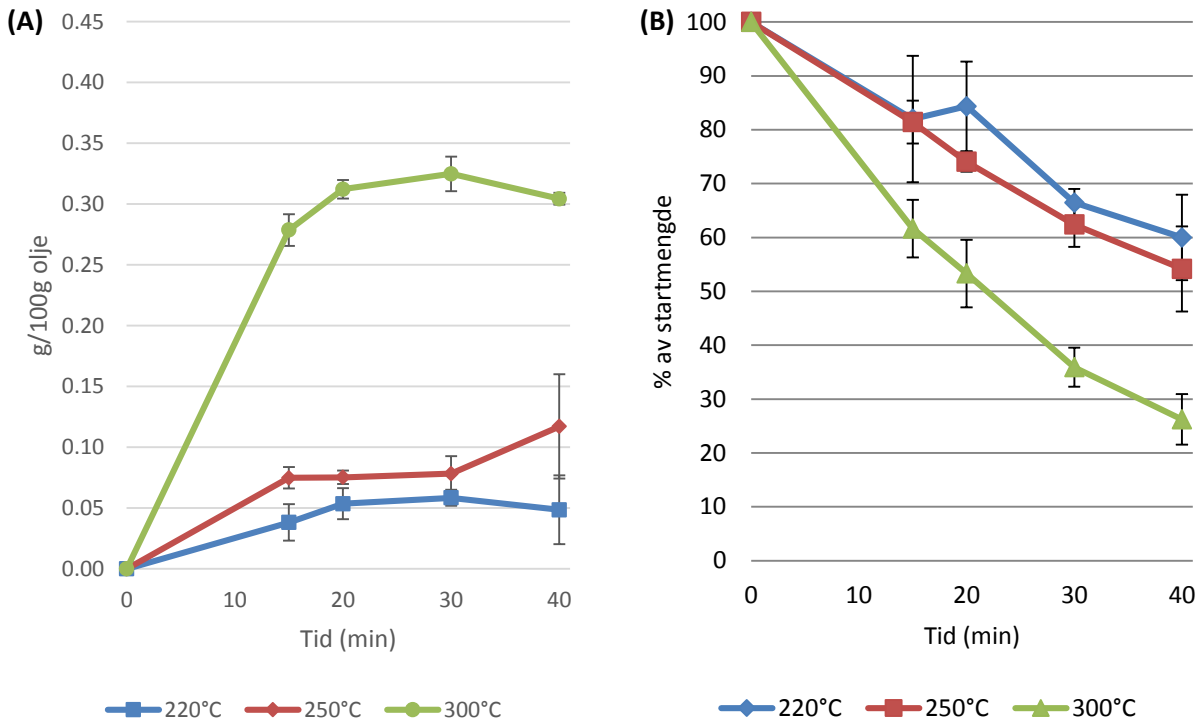


Figur 3.9: Viser dannelse av C18:1 trans-9 (A) og oksidativ nedbrytning av C18:1 cis-9 (B) i soyaolje.

Nedbrytningen av C18:1 c-9 i soyaolje overlapper mye ved 220 °C og 250 °C. Forskjellen i nedbrytning mellom 220/250 °C og 300 °C varierer mellom 10-15% ved alle målepunkter. Den absolutte mengden C18:1 c-9 nedbrutt i soyaolje ved alle steketemperaturer, er vesentlig lavere enn alle de andre planteoljene. Fordi mengdene C18:1 c-9 i soyaolje er lave, ga selv små variasjoner store utslag på standardavvik, som ved noen målepunkter er så høye som 14 %.

3.9 Varmeindusert dannelse av C18:2 cis-9, trans-12 i soyaolje

Som vist i figur 3.10 ble det dannet små mengder C18:2 c-9, t-12 i soyaolje ved alle steketemperaturer. Utviklingen ved 220 °C og 250 °C ligger ganske likt, men mengden C18:2 c-9, t-12 er omtrent dobbelt så stor ved 250 °C i forhold til 220 °C. Utviklingen ved 300 °C følger en brattere stigning, men flater ut og synker fra 30 til 40 min. Mengden C18:2 c-9, t-12 er etter 40 min ved 300 °C (0,30 g/100g) er ca. 6 ganger større enn ved 220 °C (0,05 g/100g).

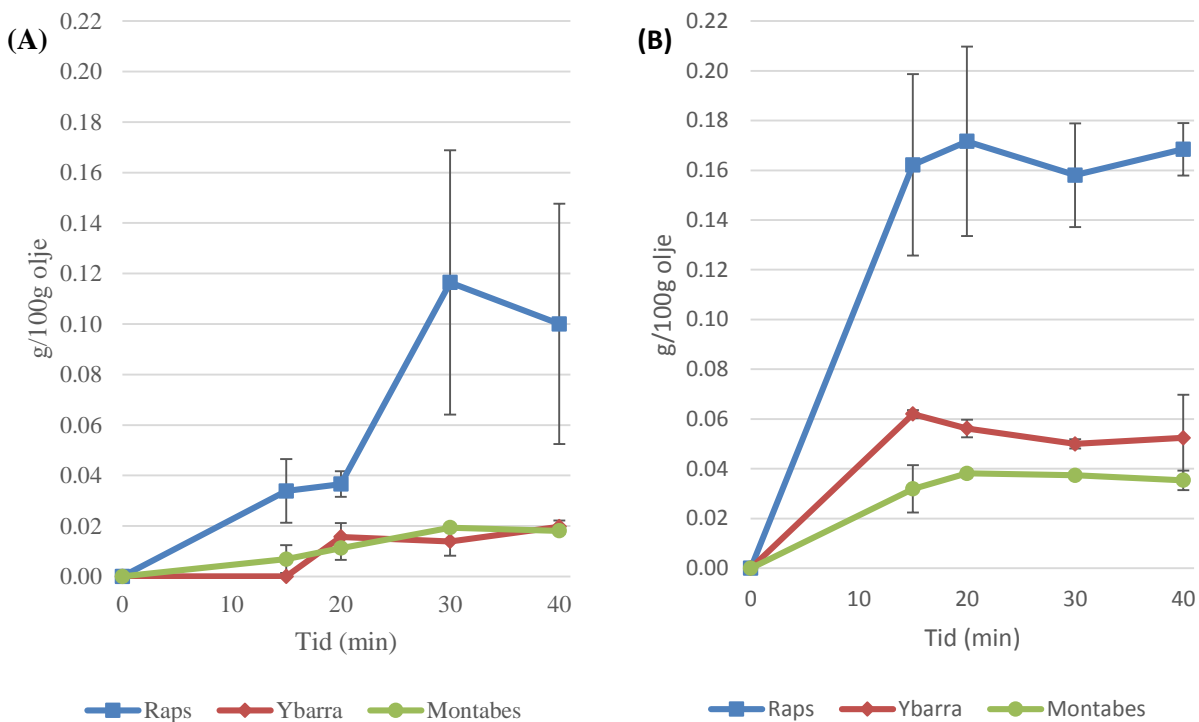


Figur 3.10: Viser dannelse av C18:1 cis-9, trans-12 (A) og oksidativ nedbrytning av C18:2 cis-9,12 (B) i soyaolje.

Nedbrytningen av C18:2 c-9,12 i soyaolje overlapper delvis ved 220 °C og 250 °C. En stor forskjell sees på nedbrytningen ved 300°C, der mengden nedbrutt C18:2 c-9,12 er 20-35% høyere enn ved 220/250 °C. Standardavviket ligger under 10% for de fleste målingene.

3.10 Varmeindusert dannelse av C18:2 cis-9, trans-12 i raps og olivenolje

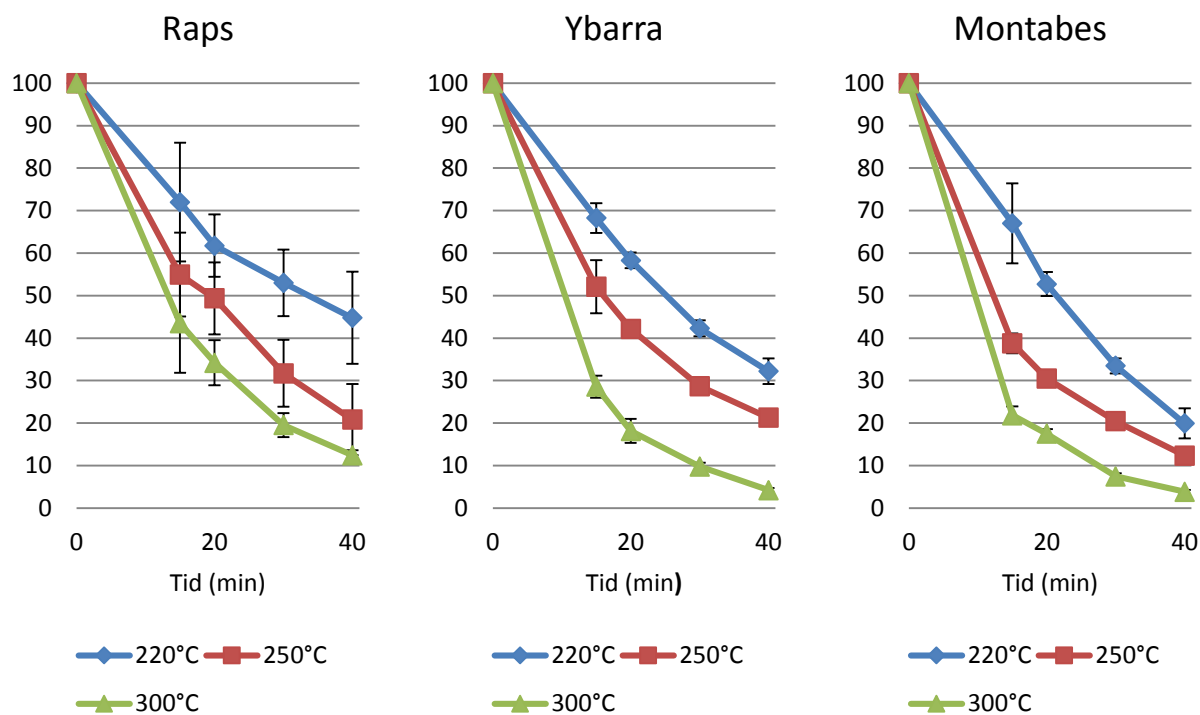
Som det fremkommer av figur 3.11 ble svært små mengder C18:2 c-9, t-12 dannet i rapsolje og de to olivenoljene etter steking ved 250 °C og 300 °C. Mengde C18:2 c-9, t-12 dannet i de to olivenoljene (<0,01-0,02 g/100g) ligger svært likt på alle målepunkter ved 250 °C. Ved 300 °C er mengden C18:2 c-9, t-12 større i olivenoljen fra Ybarra (0,05 g/100g) enn i olivenoljen fra Montabes (0,04 g/100g). Dannelsen av C18:2 c-9, t-12 i rapsolje er omtrent 4 ganger større enn i de to olivenoljene ved både 250 °C (0,03-0,11 g/100g) og 300 °C (0,16-17 g/100g).



Figur 3.11: Viser dannelse av C18:2 cis-9, trans-12 i rapsolje og to ulike olivenoljer ved 250 °C (A) og 300 °C (B).

Som det sees i figur 3.12 følger i hovedsak nedbrytningen av C18:2 c-9,12 i rapsolje og de to olivenoljene det samme mønsteret i alle oljene ved samtlige temperaturer. De to olivenoljene viser dog en noe brattere utvikling, og nedbrytningen av C18:2 c-9,12 ligger 10-15% høyere enn i rapsolje ved de fleste målepunkter.

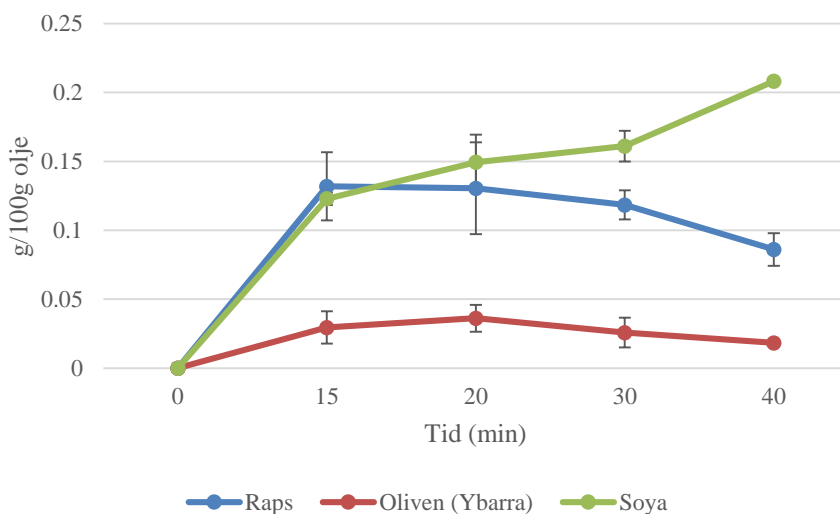
Resultater



Figur 3.12: Viser oksidativ nedbrytning av C18:2 cis-9,12 i rapsolje og to ulike olivenoljer.

3.11 Varmeindusert dannelse av C18:2 trans-9,cis-12 i raps, oliven og soyaolje

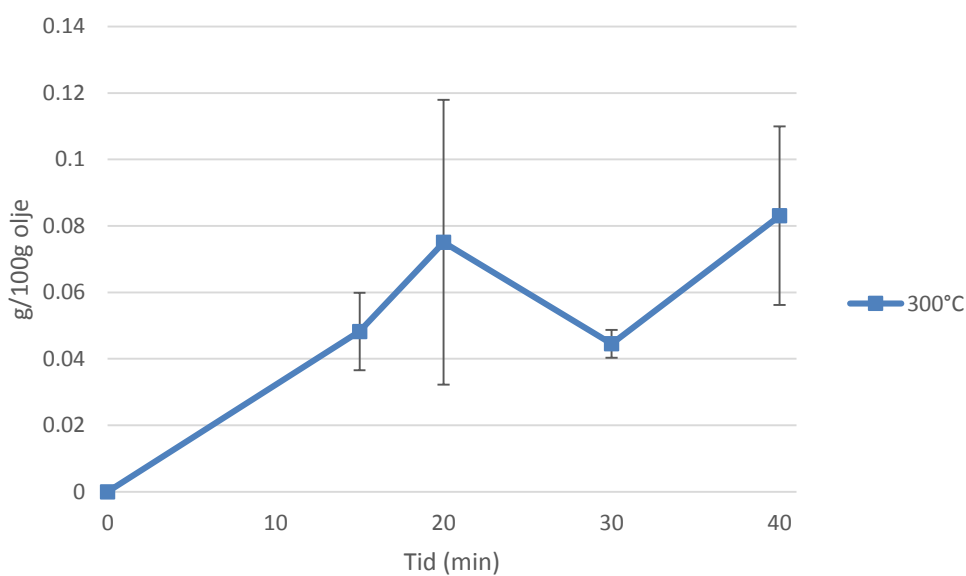
Som vist i figur 3.13 ble svært små mengder C18:2 t-9, c-12 funnet i rapsolje (0,08-0,13 g/100g), olivenolje fra Ybarra (0,02-0,03 g/100g) og soyaolje (0,12-0,20 g/100g) etter steking på 300 °C. Utviklingen er stigende i rapsolje og olivenolje frem til 20 min, hvor mengden C18:2 t-9, c-12 synker frem til 40 min. I soyaolje stiger mengden hele veien fra 10 til 40 min.



Figur 3.13: Viser dannelse av C18:2 trans-9, cis-12 i raps, oliven (Ybarra) og soyaolje ved 300 °C.

3.12 Varmeindusert dannelse av C18:2 trans-9,12 i alle planteoljer

Som vist i figur 3.14 ble svært små mengder C18:2 t-9,12 dannet i rapsolje ved en steketemperatur på 300 °C (0,05-0,08 g/100g). Utviklingen er stigende frem til 20 min, synker frem til 30 min og stiger igjen frem til 40 min. Mengden C18:2 t-9,12 detektert i soyaolje og begge olivenoljene var <0,01 g/100g ved alle steketemperaturer.

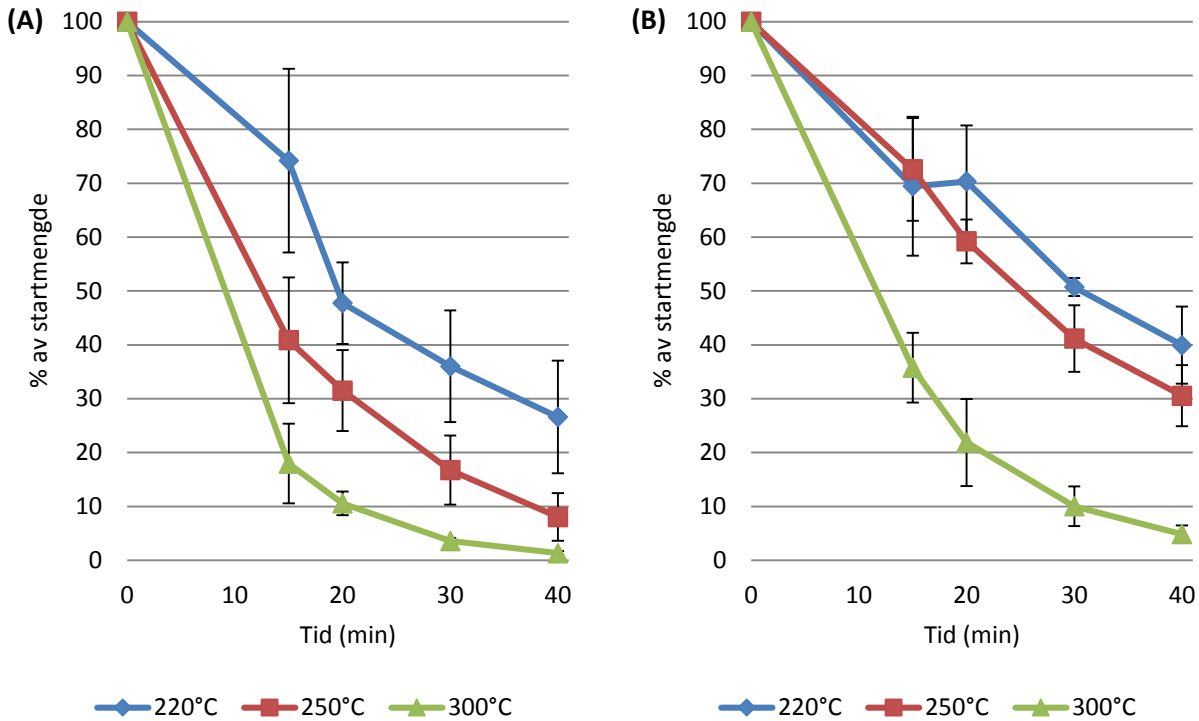


Figur 3.14: Viser dannelse av C18:2 trans-9,12 i rapsolje ved 300 °C.

3.13 Oksidativ nedbrytning av C18:3 cis-9,12,15 i raps og soyaolje

Som figur 3.15 viser følger nedbrytningen av C18:3 c-9,12,15 rapsolje og soyaolje et liknende mønster ved de fleste temperaturer og målepunkter. Hovedforskjellen sees ved 30 og 40 min der det i rapsolje er nedbrutt 15-25% mer C18:3 c-9,12,15 i rapsolje enn i soyaolje. De fleste standardavvikene er under 10% med noen få unntak.

Resultater



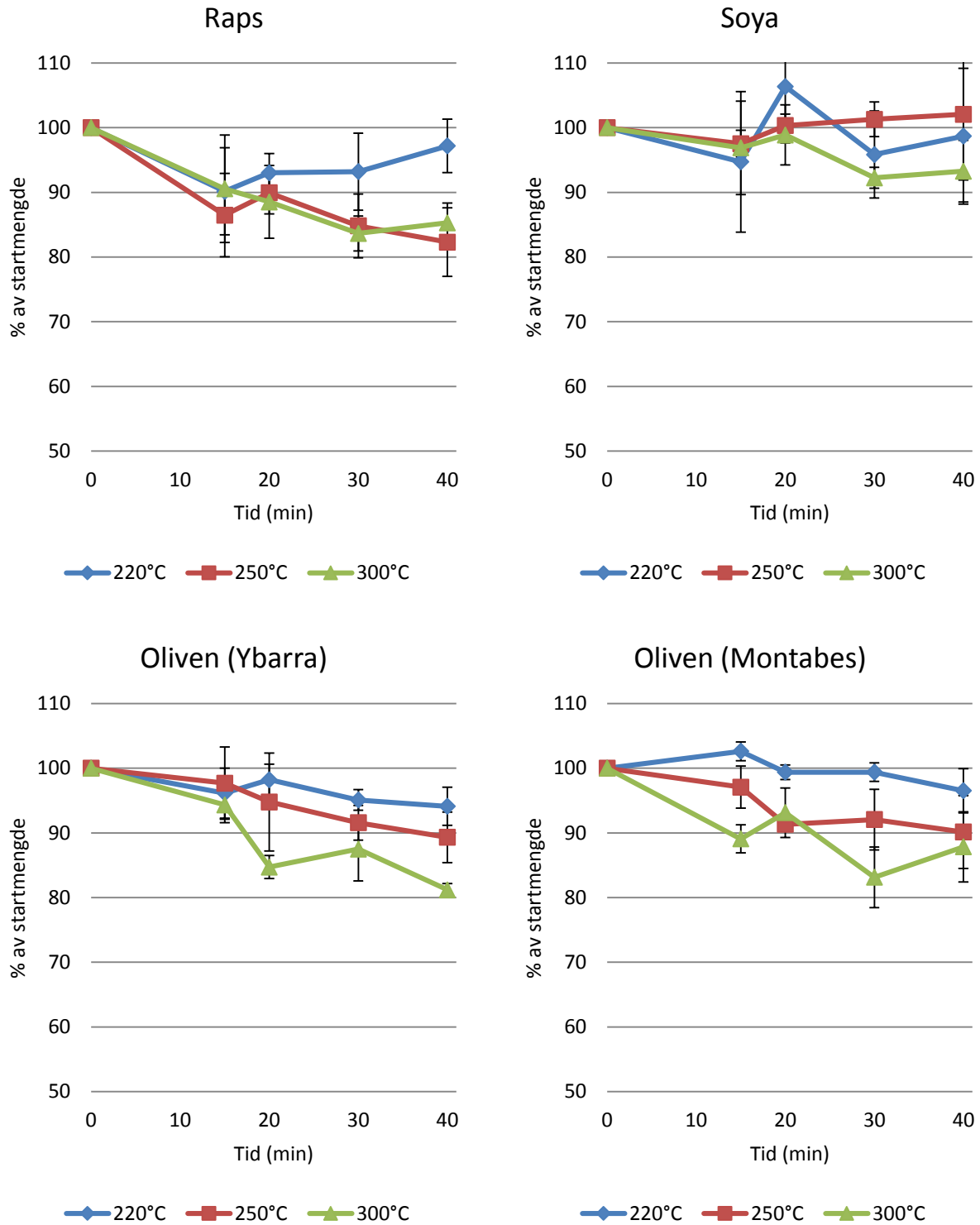
Figur 3.15: Viser oksidativ nedbrytning av C18:3 cis-9,12,15 i rapsolje (A) og soyaolje (B).

3.14 Oksidativ nedbrytning av C16:0 i alle planteoljer

Ut fra figur 3.16 sees det at den oksidative nedbrytningen av C16:0 i alle analyserte planteoljer viser noe sprikende resultater og høye standardavvik. Fire målinger viser at det etter steking eksisterer mer C16:0 enn startmengden. Dette er ikke reelt. Flere replikater ville etter all sannsynlighet gitt bedre presisjon og lavere standardavvik.

Sammenliknet med de umettede fettsyrene skjer den oksidative nedbrytningen av C16:0 i alle planteoljene saktere og i mindre grad. Total mengde nedbrutt C16:0 overstiger aldri 20 % i noen av planteoljene, selv etter 40 min ved 300 °C. Den maksimale nedbrytningsgraden for enumettede (65 %) og flerumettede (95 %) fettsyrer er vesentlig høyere. Med de umettede fettsyrene ble det også observert en markant forskjell (20-35 %) i nedbrytningsgrad fra 220 °C og 250 °C til 300 °C. Denne tendensen sees ikke med C16:0, hvor nedbrytningsgraden overlapper mye på tvers av steketemperaturene. Nedbrytningsgraden av C16:0 ligger noe lavere i soyaolje enn i de tre andre planteoljene.

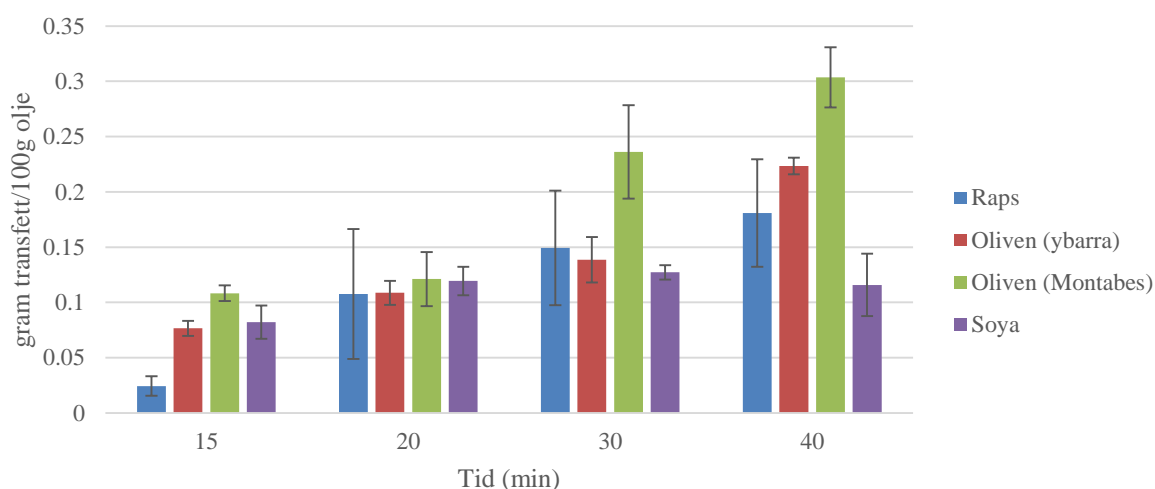
Resultater



Figur 3.16: Viser oksidativ nedbrytning av C16:0 i alle analyserte planteoljer.

3.15 Sammenlikning av total mengde transfett i alle planteoljer

Som det sees tydelig i figur 3.17 skiller rapsolje seg ut med desidert lavest mengde (0,02 g/100g) transfett dannet etter 15 min ved 220 °C. Soyaolje (0,08 g/100g) og olivenoljen fra Ybarra (0,07 g/100g) ligger relativt likt, mens olivenolje fra Montabes (0,1 g/100g) har det høyeste transfettinnholdet etter 15 min. Etter 20 min steking ligger alle planteoljene svært likt i transfettinnhold. Utviklingen etter 30 min viser en omtrent doubling av mengde transfett i olivenoljen fra Montabes, en økning på ca. 20-30% i rapsolje og olivenoljen fra Ybarra, men kun en svært liten økning på ca. 5% i soyaolje. Etter 40 min steking ved 220 °C er mengden transfett i olivenoljen fra Montabes (0,30 g/100g) ca. 3 ganger høyere enn i soyaolje (0,12 g/100g), 40% høyere enn i rapsolje (0,18 g/100g) og ca. 25% høyere enn i olivenoljen fra Ybarra (0,22 g/100g). Soyaolje er den eneste av planteoljene som viser liten eller ingen økning i mengde transfett fra 20 til 40 min. Standardavviket for rapsolje er høyere enn i de andre oljene grunnet stor variasjon i replikatene.

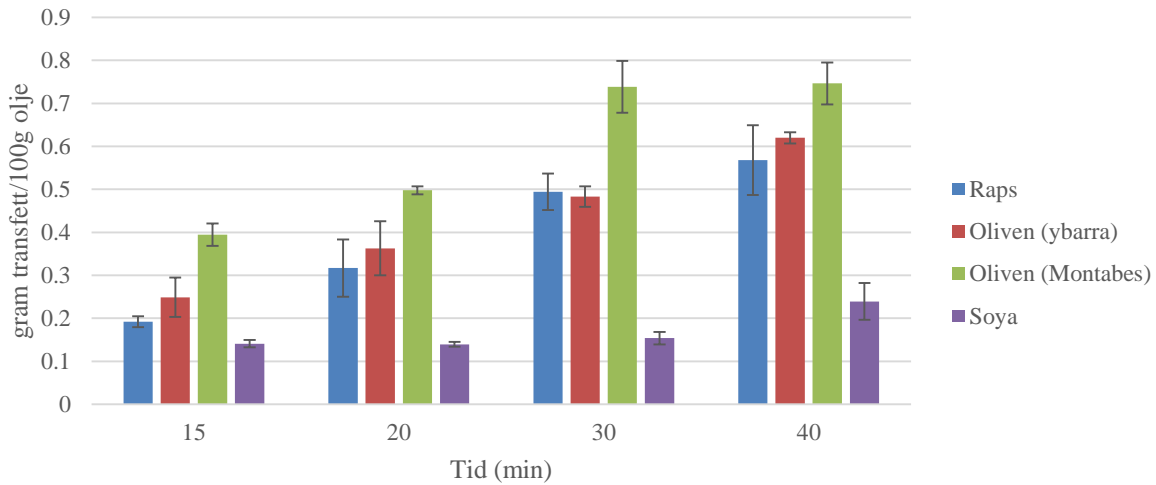


Figur 3.17: Viser en sammenlikning av total mengde transfett dannet i de ulike planteoljene ved 220 °C.

I figur 3.18 ser vi at soyaolje under steking ved 250 °C, har det laveste innholdet av transfett ved samtlige steketider (0,14-0,23 g/100g). Mengden er som ved 220 °C veldig lik ved alle steketider, men viser en økning på ca. 50% fra 30 til 40 min. Forholdet mellom de andre planteoljene i total mengde transfett dannet, viser et liknende mønster for alle steketemperaturer. Mengden transfett er høyest i olivenoljen fra Montabes (0,39-0,75 g/100g), og ligger ca 20-35%

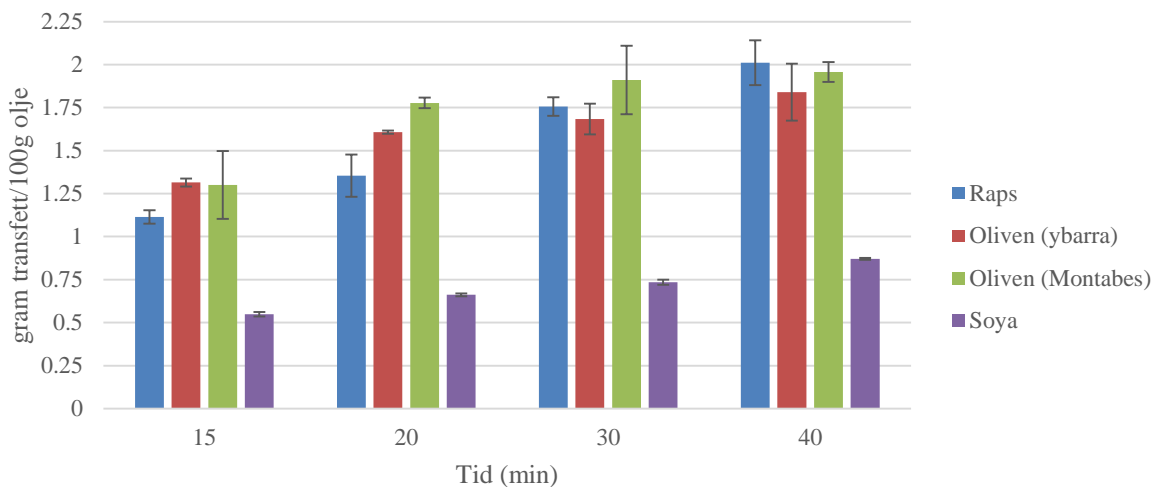
Resultater

høyere enn rapsolje (0,19-0,56 g/100g) og olivenolje fra Ybarra (0,24-0,62 g/100g) ved alle steketider. De fleste standardavvikene er under 10%, men igjen noe høyere for rapsolje.



Figur 3.18: Viser en sammenlikning av total mengde transfett dannet i de ulike planteoljene ved 250 °C.

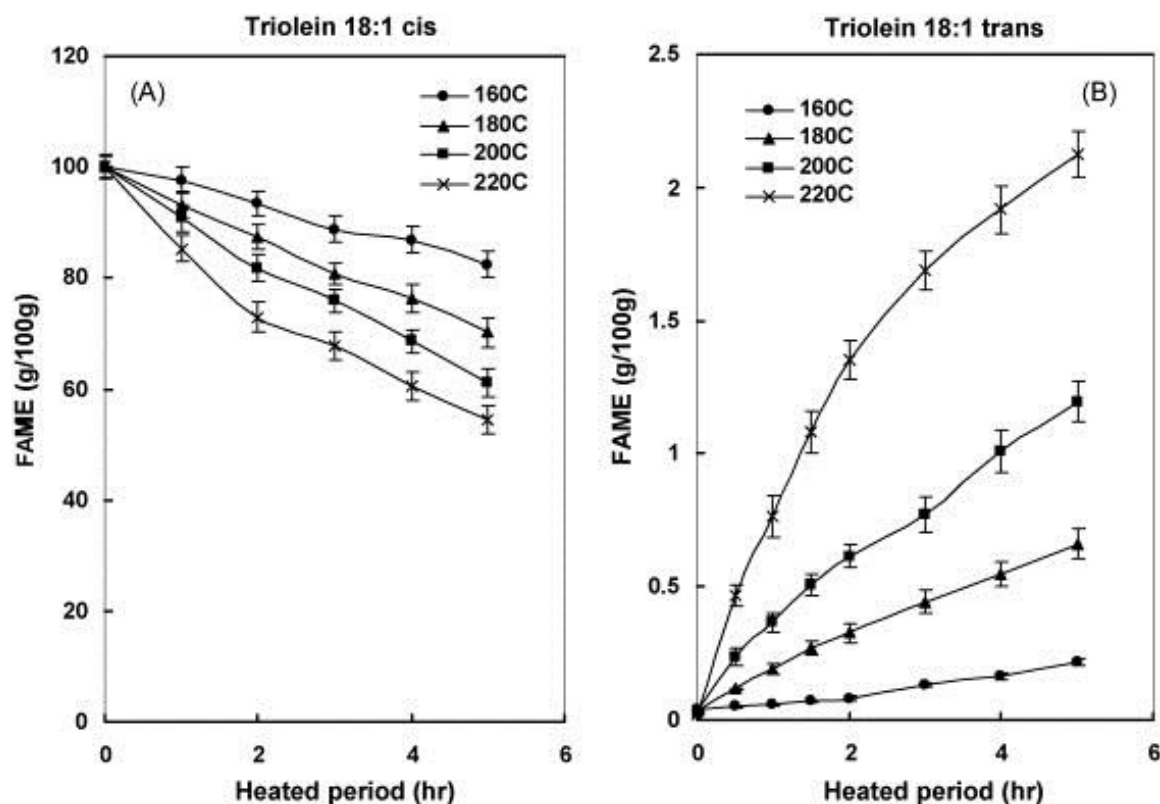
Som vist i figur 3.19 øker den totale mengden transfett dannet i soyaolje (0,55-0,87 g/100g) lite som funksjon av steketid, også ved en steketemperatur på 300 °C. Transfett dannelse i rapsolje (1,11-2,01 g/100g) viser et liknende mønster som ved 250 °C, men forskjellen mellom oljene er mindre. Generelt sett skjer økningen i mengde transfett saktere etter 20 min ved 300 °C, og spesielt i olivenoljene fra Ybarra (1,31-1,83 g/100g) og Montabes (1,30-1,96 g/100g). Rapsolje har det høyeste innholdet av transfett etter 40 min ved 300 °C (2,01 g/100g).



Figur 3.19: Viser en sammenlikning av total mengde transfett dannet i de ulike planteoljene ved 300 °C

4. DISKUSJON

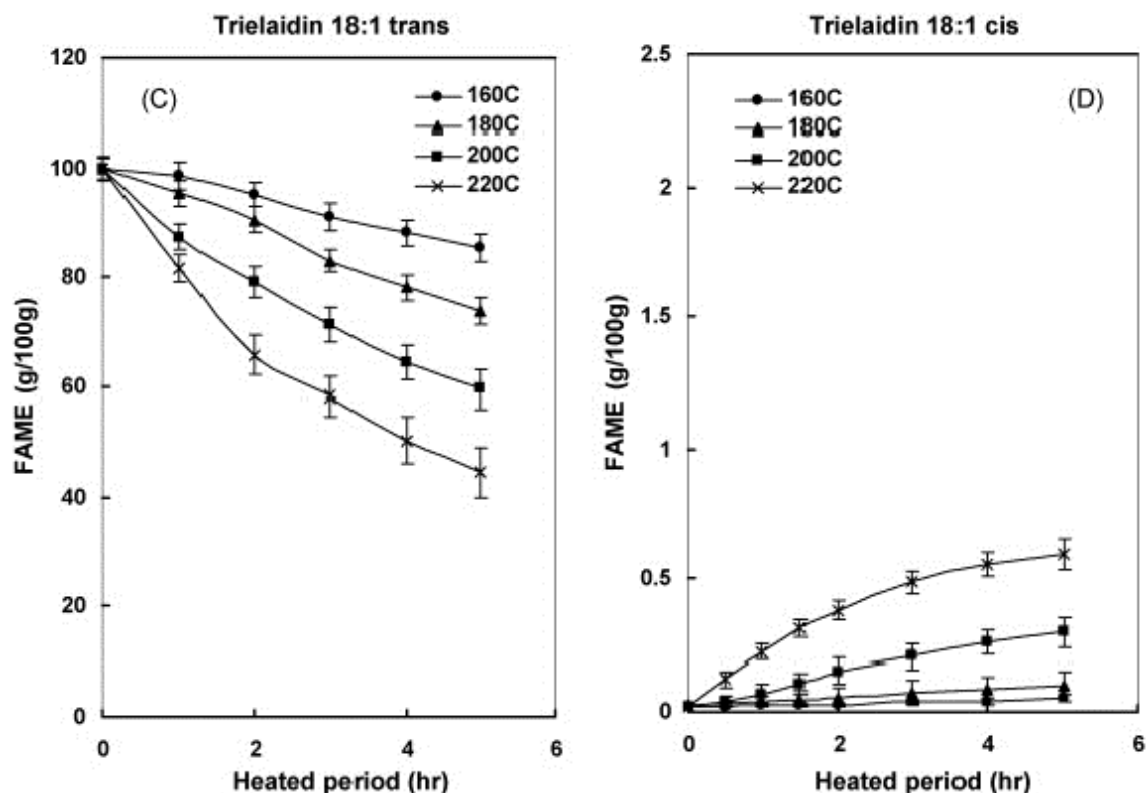
Tidligere studier av varmeindusert *cis-trans*-isomerisering har hovedsakelig benyttet temperaturer på 220 °C og lavere, men med varmebehandlingstider opptil 12 timer (Juanéda *et al.* 2003; Tsuzuki 2010; Li *et al.* 2013). Resultatene i denne oppgaven viser at tendensen med økende grad av isomerisering som følge av økende temperatur og økt steketid, også er gjeldene ved temperaturer høyere enn 220 °C. Med unntak av soyaolje stekt ved 220 °C, viste alle planteoljene analysert i denne oppgaven, en klar økning i innhold av total mengde transfett som funksjon av steketid og steketemperatur. Resultatene stemmer godt overens med Tsuzukis studie i 2010, se figur 4.1. Grad av varmeindusert oksidativ nedbrytning og transfettdannelse etter 4 timer ved 220 °C (i Tsuzukis studie) er sammenlignbar med 40 min ved 300 °C, observert i denne oppgaven. Det er dog viktig å merke seg at Tsuzukis studie er utført på et rent triglyserid, som ikke inneholder bl.a. antioksidanter som finnes naturlig i planteoljer. Det er derfor naturlig at dannelsen av C18:1 t-9 etter 40 min ved 220 °C, er høyere i det rene triglyseridet (0,6 g/100g) enn i f. eks rapsolje (0,34 g/100g) (mengde korrigert etter fettsyreprofil).



Figur 4.1: Viser oksidativ nedbrytning av C18:1 c-9 (A) og dannelse av 18:1 t-9 (B) og (Tsuzuki 2010).

Diskusjon

Det er også interessant å merke seg at Tsuzuki i 2010 observerte at isomerisering også vil skje fra C18:1 t-9 til C18:1 c-9, men i vesentlig lavere grad, se figur 4.2. En liknende sammenheng er blitt observert for C18:2 c-9,12 og C18:2 t-9,12 (Christy 2009).



Figur 4.2: Viser oksidativ nedbrytning av C18:1 t-9 (C) og dannelse av 18:1 c-9 (D) og (Tsuzuki 2010).

Resultatene skiller seg noe fra tidligere studier når det gjelder dannelse av C18:2 t-9,c-12. I 2009 observerte Christy i sitt studie av varmeindusert isomerisering av trilinolein, lik konsentrasjon av C18:2 c-9,t-12 og C18:2 t-9,c-12. I denne oppgaven var det kun i rapsolje at den detekterte mengden av C18:2 c-9,t-12 og C18:2 t-9,c-12 var tilnærmet lik. I soyaolje stekt ved 300 °C var mengden C18:2 c-9,t-12 35-60 % større enn mengden C18:2 t-9,c-12. Under varmebehandling av soyaolje i 12 timer ved 180 °C fant Li *et al.* i 2013 henholdsvis 0,060 g/100g C18:2 c-9,t-12 og 0,032 g/100g C18:2 t-9,c-12. Ved 220 °C var forskjellen mindre: 0,412 g/100g C18:2 c-9,t-12 og 0,394 g/100g C18:2 t-9,c-12. Dette kan tyde på at det i naturlige planteoljer under spesifikke forhold, er en forskjell i isomeriseringsraten fra C18:2 c-9,c-12 til C18:2 c-9,t-12 og C18:2 t-9,c-12. Siden dette ikke ble observert av Christy i 2009, er det mulig at denne forskjellen kan skyldes

Diskusjon

interaksjoner mellom lipidradikaler dannet ved varmebehandling, og antioksidanter eller andre sporstoffer som finnes naturlig i planteoljer.

Kun i rapsolje ble det etter steking ved 300 °C dannet C18:2 t-9,12 i mengder >0,01 g/100g. C18:2 t-9,12 dannes etter isomerisering fra enten C18:2 c-9,t-12 eller C18:2 t-9,c-12. Det ble derfor forventet å finne størst mengde C18:2 t-9,12 i soyaolje, som også hadde det høyeste innholdet av C18:2 c-9,t-12 eller C18:2 t-9,c-12. Grunnen til at dette ikke ble observert er uklar.

Olivenoljen fra Montabes hadde jevnt over det høyeste innholdet av transfettsyrer ved steking. Dette kan settes i sammenheng med at oljen har det høyeste innholdet av C18:1 c-9. Om en sammenlikner figur 3.6 – figur 3.9 med figur 3.10, 3.11 og 3.13, kommer det klart frem at C18:1 t-9 står for hovedandelen av total mengde transfett dannet i alle planteoljene.

Tabell 3.7 viser at mengden C18:2 c-9,12 er omtrent dobbelt så stor som mengden C18:1 c-9 i soyaolje. Det ville derfor være naturlig å anta at hovedandelen av transfettsyrer i soyaolje dannet ved steking, er *trans*-isomerer av C18:2 c-9,12. I praksis ser man ved å sammenlikne figur 3.9, 3.10 og 3.13 at den totale mengden transfett i soyaolje er relativt jevnt fordelt mellom *trans*-isomerer av C18:1 c-9 og C18:2 c-9,12. En mulig forklaring kan være forskjell i isomeriseringsraten av C18:1 c-9 og C18:2 c-9,12. Tsuzuki *et al.* undersøkte i 2007 varmeindusert *cis-trans*-isomerisering i triolein (18:1-18:1-18:1), trilinolein (18:2-18:2-18:2) og trilinolenin (18:3-18:3-18:3). De observerte at mengde transfett dannet i forhold til grad av oksidativ nedbrytning, var vesentlig lavere i triglyseridet av C18:2 c-9,c-12 enn i triglyseridet av C18:1 c-9. Dette tyder på at lipidradikaler dannet ved oksidativ nedbrytning av C18:2 c-9,12, bidrar i mindre grad til *cis-trans*-isomerisering enn i C18:1 c-9.

En annen faktor som kan være med på å forklare varierende grad av transfettdannelse i de ulike planteoljene er antioksidantinnhold. Typisk innhold av tokoferoler, som er den dominerende gruppen antioksidanter i planteoljer, er vesentlig høyere i soyaolje enn i olivenolje og rapsolje (Sherwin 1976; Ferrari *et al.* 1996; Schwartz *et al.* 2008). Antioksidanter kan eliminere lipidradikaler som dannes ved oksidativ nedbrytning, og et høyt innhold av tokoferoler i soyaolje, kan være en medvirkende årsak til at oksidativ nedbrytning og varmeindusert

Diskusjon

transfettdannelse er lavere i soyaolje enn i de andre planteoljene.

Det anbefales ofte i massemedia og andre populærvitenskapelige informasjonskanaler å ikke benytte olivenoljer til steking, spesielt ved høye temperaturer. Resultatene i denne oppgaven viser at oksidativ nedbrytning skjer i større grad i olivenolje enn i soyaolje og rapsolje, ved steketemperaturer på 220, 250 og 300 °C. Transfettannelsen er også høyest i de to olivenoljene ved de fleste steketemperaturer og steketider. Unntaket er langvarig steking (30-40 min) ved 300 °C, der forskjellen i transfettdannelse er svært liten mellom de to olivenoljene og rapsolje. En mulig forklaring på dette kan være forskjeller i tokoferolinnhold, og dermed forskjell i planteoljenes resistens mot oksidativ nedbrytning, etter lengre tids varmebehandling. Det er blitt vist at innholdet av tokoferoler i planteoljer synker over tid ved bruk som fritureoljer (Yuki & Ishikawa 1976). Det er også funnet at α -tokoferol, som står for opp til 75 % av total mengde tokoferoler i olivenolje (Scwartz *et al.* 2008), tapes raskere enn β , γ og δ -tokoferol ved frityrsteking (Gordon & Kourimská 1995). I soyaolje står α -tokoferol kun for ca. 12 % av totalt innhold tokoferoler, og i rapsolje er forholdet ca. 35 % α -tokoferol og 65 % γ -tokoferol (Kamal-Eldin & Andersson 1997). Dette kan være med på å forklare gjennomgående lav grad av oksidativ nedbrytning og transfettdannelse i soyaolje. Det kan også være en av grunnene til at forskjellen i transfettdannelse mellom olivenoljene og rapsolje er mindre etter lengre tids steking ved 300 °C, enn ved 220/250 °C. I rapsolje stekt ved 300 °C utgjør også *trans*-isomerene av C18:2 c-9,12 en større andel av total mengde transfett dannet. Ved 220 °C var mengden *trans*-isomerer av C18:2 c-9,12 i rapsolje ikke detekterbar. Disse resultatene, samt at det tidligere er blitt observert at den varmeinduserte isomeriseringsraten av C18:2 c-9,12 er lavere enn C18:1 c-9 (Tsuzuki *et al.* 2007), kan tyde på at det krever mer energi (høyere temperatur), for å få dannet *trans*-isomerer av C18:2 c-9,12.

Det ble observert økende grad av oksidativ nedbrytning i fettsyrene jo flere dobbeltbindinger de hadde. Dette er forventet, da oksidasjonsraten for et lipid øker generelt med grad av umettetethet (Frankel 2005). Som forventet er nedbrytningen i % vesentlig lavere for C16:0 enn for andre analyserte fettsyrer. Den mettede fettsyrens mangel på dobbeltbindinger gjør den mindre reaktiv, og gjør at potensialet for oksidasjon er lavere enn hos umettede fettsyrer.

Diskusjon

Det ble registrert at en stekepanne kan oppnå overflatetemperaturer på opptil 300 °C, ved bruk av en vanlig kokeplate på maksimal styrke. Ved bruk av stekeoljer i hjemmet, vil normalt steketiden og steketemperatur sjelden overstige 10 min ved 220 °C. Likevel finnes det unntaksvis situasjoner der det vil være hensiktsmessig å benytte en stekeolje over lengre tid ved høyere temperaturer (f. eks ved steking av kjøttkaker i flere omganger). Enda viktigere blir spørsmålet om transfettdannelse i planteoljer, i sammenhenger hvor oljene brukes i frityrgryster og liknende. Her vil planteoljene kunne bli varmet opp gjentatte ganger over lengre tid. Dette vil kunne føre til akkumulering av større mengder transfett.

Helsedirektoratet anbefaler at inntak av transfett bør begrenses til 1 energiprosent eller lavere. Med 1 energiprosent menes 1 % av en persons totale energiforbruk (Helsedirektoratet 2014). Maksimalt anbefalt daglig inntak av transfett vil derfor variere fra ca. 2,5-4,0g, avhengig av kjønn og aktivitetsnivå. Som resultatene viser, vil normalt sett stekeolje ikke gi et stort bidrag til daglig inntak av transfett. Det kan likevel være viktig å være bevisst på steketemperaturen, og hvor lenge man benytter en stekeolje.

5. KONKLUSJON

Det ble observert en signifikant sammenheng mellom grad av oksidativ nedbrytning og transfettdannelse i alle planteoljene. Tendensen var økende med økende steketemperatur og steketid.

Total mengde transfettsyrer dannet i rapsolje var: 0,024-2,0g/100g olje; i olivenolje fra Ybarra: 0,08-1,8g/100g olje; i olivenolje fra Montabes: 0,11-2,0g/100g olje og i soyaolje: 0,08-0,66g/100g olje. Transfettmengden varierte signifikant med steketemperatur og steketid.

Hvilken planteolje som benyttes til steking vil ha betydning for totalt inntak av transfett. Soyaoljen viste best oksidativ stabilitet og lav dannelse av transfett, og vil derfor kunne foretrekkes til langvarig steking ved høy temperatur. Olivenoljen fra Montabes viste gjennomgående høy transfettdannelse ved alle steketemperaturer. Dersom hovedmålet er å begrense inntak av transfett, vil det være hensiktsmessig å begrense bruken av olivenolje til steketemperaturer lavere enn 220 °C. Forskjellen i oksidativ nedbrytning og transfettdannelse mellom planteoljene var mindre signifikant ved kort steketid.

6. VIDERE ARBEID

I denne oppgaven ble oksidativ nedbrytning og dannelse av transfettsyrer ved steking undersøkt i rapsolje, soyaolje og to ulike olivenoljer. Signifikante forskjeller ble registrert mellom alle planteoljer, også de to ulike olivenoljene. Analysen kan enkelt utvides til flere planteoljer, og brukes til å sammenlikne samme type planteolje fra ulike produsenter. I tillegg ville det vært interessant å måle innhold av antioksidanter i planteoljene, for å kunne fastslå sammenhenger mellom bl.a. tokoferolinnhold og resistens mot oksidativ nedbrytning og transfettdannelse.

Analysene av oksidativ nedbrytning og transfettinnhold kan med fordel utføres med et høyere antall replikater for å sikre bedre presisjon.

REFERANSER

Ackman, R. G. (2002). The gas chromatograph in practical analyses of common and uncommon fatty acids for the 21st century. *Analytica Chimica Acta*, 465 (1–2): 175-192.

Ahuja, S. (2003). *Chromatography and Separation Science*: Academic Press. 250 s. ISBN: 0120449811

Akoh, C. C. & Min, D. B. (2002). *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology, Second Edition*: CRC Press. 1005 s. ISBN: 0203908813

Allen, R. R. (1981). Hydrogenation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58 (3): 166-169.

Babaei, Z., Nikoopour, H. & Safar, H. (2007). A Comparison of Commercial Nickel Catalysts Effects on Hydrogenation of Soybean Oil. *World Applied Sciences Journal*, 2 (6): 621-626.

Barry, E. F. & Grob, R. L. (2007). *Columns for Gas Chromatography: Performance and Selection*: John Wiley & Sons. ISBN: 9780470114179

Blackman, A., Bottle, S., Schmid, S., Mocerino, M. & Wille, U. (2012). *Chemistry*: John Wiley & Sons. 1185 s. ISBN: 9781742467078

Brignoli, C. A., Kinsella, J. E. & Weihrauch, J. L. (1976). Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. V. Unhydrogenated fats and oils. *Journal of the American Dietetic Association*, 68 (3): 224-229.

Cassidy, D. M., Pratt, D. A., Taylor, R., Alberti, K. G. M. M. & Laker, M. F. (1989). Capillary column gas chromatography-mass spectrometry for the determination of the fatty acid composition of human adipose tissue. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 491 (0): 1-13.

Chen, X., Touyz, R. M., Park, J. B. & Schiffrin, E. L. (2001). Antioxidant Effects of Vitamins C and E Are Associated With Altered Activation of Vascular NADPH Oxidase and Superoxide Dismutase in Stroke-Prone SHR. *Hypertension*, 38 (3): 606-611.

Referanser

Christie, W. W. (1989). *Gas chromatography and lipids: a practical guide*: The oily press

Christie, W. W. (1993). Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. *Advances in lipid methodology*, 2: 69-111.

Christy, A. A. (2009). Thermally Induced Isomerization of Trilinolein and Trilinoelaidin at 250 °C: Analysis of Products by Gas Chromatography and Infrared Spectroscopy. *Lipids*, 44 (12): 1105-1112.

Chu, Y.-H. & Lin, L.-H. (1991). An evaluation of commercial nickel catalysts during hydrogenation of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 68 (9): 680-683.

Clement, F. W. K. R. E. (1988). Basic gas chromatography-mass spectrometry: Principles and techniques. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 3 (5): i-i.

Craig, B. M. & Murty, N. L. (1959). Quantitative fatty acid analysis of vegetable oils by gas-liquid chromatography. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 36 (11): 549-552.

Damodaran, S., Parkin, K. L. & Fennema, O. R. (2008). *Fennema's Food Chemistry*: CRC Press/Taylor & Francis. 1144 s. ISBN: 9780849392726

Davidson, B. & Cantrill, R. (1985). Fatty acid nomenclature. *SAMJ*, 67: 20.

de Hoffmann, E. & Stroobant, V. (2007). *Mass Spectrometry: Principles and Applications*: John Wiley & Sons. ISBN: 9780470033111

Devle, H., Rukke, E.-O., Naess-Andresen, C. F. & Ekeberg, D. (2009). A GC – magnetic sector MS method for identification and quantification of fatty acids in ewe milk by different acquisition modes. *Journal of Separation Science*, 32 (21): 3738-3745.

Dewick, P. M. (2009). *Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach*: Wiley. 539 s. ISBN: 9780470741672

Eder, K. (1995). Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 671 (1–2): 113-131.

Referanser

Erickson, D. R. (1990). *Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices : World Conference Proceedings*: American Oil Chemists' Society. ISBN: 9780935315301

Fahy, E., Subramaniam, S., Brown, H. A., Glass, C. K., Merrill, A. H., Murphy, R. C., Raetz, C. R. H., Russell, D. W., Seyama, Y., Shaw, W., et al. (2005). A comprehensive classification system for lipids. *Journal of Lipid Research*, 46 (5): 839-862.

Ferrari, R. A., Schulte, E., Esteves, W., Brühl, L. & Mukherjee, K. D. (1996). Minor constituents of vegetable oils during industrial processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73 (5): 587-592.

Forss, D. A. (1973). Odor and flavor compounds from lipids. *Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids*, 13 (0): 177-258.

Frankel, E. N. (1983). Volatile lipid oxidation products. *Progress in Lipid Research*, 22 (1): 1-33.

Frankel, E. N. (1984). Lipid oxidation: Mechanisms, products and biological significance. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61 (12): 1908-1917.

Frankel, E. N. (2005). *Lipid Oxidation*: Oily Press. 470 s. ISBN: 9780953194988

Freedman, B., Butterfield, R. & Pryde, E. (1986). Transesterification kinetics of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63 (10): 1375-1380.

Fulk, W. K. & Shorb, M. S. (1970). Production of an artifact during methanolysis of lipids by boron trifluoride-methanol. *Journal of Lipid Research*, 11 (3): 276-277.

Funk, C. D. (2001). Prostaglandins and Leukotrienes: Advances in Eicosanoid Biology. *Science*, 294 (5548): 1871-1875.

Galli, C. & Risé, P. (2009). Fish Consumption, Omega 3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease. The Science and the Clinical Trials. *Nutrition and Health*, 20 (1): 11-20.

Gordon, M. H. & Kourimská, L. (1995). Effect of antioxidants on losses of tocopherols during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 52 (2): 175-177.

Referanser

Grob, K. (1987). On-Column Injection in Capillary Gas Chromatography. *Journal für Praktische Chemie*, 331 (4): 630-630.

Grob, K. (2008). *Split and Splitless Injection for Quantitative Gas Chromatography: Concepts, Processes, Practical Guidelines, Sources of Error*: John Wiley & Sons. ISBN: 9783527612888

Hamm, W. & Hamilton, R. J. (2000). *Edible Oil Processing*: Sheffield Academic Press. 281 s. ISBN: 9781841270388

Harris, D. C. (2010). *Quantitative Chemical Analysis*: W. H. Freeman. ISBN: 9781429277884

Hart, H., Craine, L. E., Hart, D. J. & Hadad, C. M. (2006). *Organic Chemistry: A Short Course*: Houghton Mifflin College Division. ISBN: 9780618772377

Helsedirektoratet. (2014). Tilgjengelig fra:

<http://helsedirektoratet.no/folkehelse/ernering/energi-og-neringsstoff/fett/Sider/default.aspx> (lest 01.05.14)

Huang, Z., Wang, B. & Crenshaw, A. A. (2006). A simple method for the analysis of trans fatty acid with GC–MS and AT™-Silar-90 capillary column. *Food Chemistry*, 98 (4): 593-598.

James, A. T. & Martin, A. J. P. (1952). Gas-liquid partition chromatography; the separation and micro-estimation of volatile fatty acids from formic acid to dodecanoic acid. *Biochem. J.*, 50 (5): 679-0.

James, A. T. & Martin, A. J. (1956). Gas-liquid chromatography: the separation and identification of the methyl esters of saturated and unsaturated acids from formic acid to n-octadecanoic acid. *Biochem. J.*, 63 (1): 144-152.

Juanéda, P., Périerre, S., Sébédio, J.-L. & Grégoire, S. (2003). Influence of heat and refining on formation of CLA isomers in sunflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80 (9): 937-940.

Juanéda, P., Ledoux, M. & Sébédio, J.-L. (2007). Analytical methods for determination of trans fatty acid content in food. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (9): 901-917.

Referanser

Judd, J. T., Clevidence, B. A., Muesing, R. A., Wittes, J., Sunkin, M. E. & Podczasy, J. J. (1994). Dietary trans fatty acids: effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women. *Am J Clin Nutr*, 59 (4): 861-8.

Kamal-Eldin, A. & Andersson, R. (1997). A multivariate study of the correlation between tocopherol content and fatty acid composition in vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74 (4): 375-380.

Khosla, C., Gokhale, R. S., Jacobsen, J. R. & Cane, D. E. (1999). Tolerance and specificity of polyketide synthases. *Annual Review of Biochemistry*, 68 (1): 219-253.

Kuzuyama, T. & Seto, H. (2003). Diversity of the biosynthesis of the isoprene units. *Natural Product Reports*, 20 (2): 171-183.

Lands, W. E. M., Libelt, B., Morris, A., Kramer, N. C., Prewitt, T. E., Bowen, P., Schmeisser, D., Davidson, M. H. & Burns, J. H. (1992). Maintenance of lower proportions of (n – 6) eicosanoid precursors in phospholipids of human plasma in response to added dietary (n – 3) fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1180 (2): 147-162.

Ledoux, M., Juanéda, P. & Sébédio, J.-L. (2007). Trans fatty acids: Definition and occurrence in foods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (9): 891-900.

Léger, C.-L., Razanamahefa, L. & Margaritis, I. (2007). Health risks and benefits of trans fatty acids including conjugated fatty acids in food – Synopsis of the AFSSA report and recommendations. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (9): 887-890.

Li, A., Yuan, B., Li, W., Wang, F. & Ha, Y. (2013). Thermally induced isomerization of linoleic acid in soybean oil. *Chemistry and Physics of Lipids*, 166 (0): 55-60.

Martin, C. A., Milinsk, M. C., Visentainer, J. V., Matsushita, M. & de-Souza, N. E. (2007). Trans fatty acid-forming processes in foods: a review. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 79: 343-350.

Mashaghi, S., Jadidi, T., Koenderink, G. & Mashaghi, A. (2013). Lipid Nanotechnology. *International Journal of Molecular Sciences*, 14 (2): 4242-4282.

Referanser

Mathews, C. K., Van Holde, K. E. & Ahern, K. G. (2000). *Biochemistry*: Benjamin Cummings. 1186 s. ISBN: 0201702355

Maton, A. (1993). *Human biology and health*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. ISBN: 9780139867873

Mattson, B., Foster, W., Greimann, J., Hoette, T., Le, N., Mirich, A., Wankum, S., Cabri, A., Reichenbacher, C. & Schwanke, E. (2013). Heterogeneous Catalysis: The Horiuti–Polanyi Mechanism and Alkene Hydrogenation. *Journal of Chemical Education*, 90 (5): 613-619.

Metcalf, L. D. & Schmitz, A. A. (1966). Rapid Preparation of Fatty Acid Esters from Lipids for Gas Chromatographic Analysis. *Analytical Chemistry*, 38 (3): 514-515.

Metcalf, L. D. & Wang, C. N. (1981). Rapid Preparation of Fatty Acid Methyl Esters Using Organic Base-Catalyzed Transesterification. *Journal of Chromatographic Science*, 19 (10): 530-535.

Micha, R. & Mozaffarian, D. (2008). Trans fatty acids: Effects on cardiometabolic health and implications for policy. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 79 (3–5): 147-152.

Micha, R. & Mozaffarian, D. (2010). Saturated Fat and Cardiometabolic Risk Factors, Coronary Heart Disease, Stroke, and Diabetes: a Fresh Look at the Evidence. *Lipids*, 45 (10): 893-905.

Michas, G., Micha, R. & Zampelas, A. (2014). Dietary fats and cardiovascular disease: Putting together the pieces of a complicated puzzle. *Atherosclerosis*, 234 (2): 320-328.

Mjøs, S. A. & Pettersen, J. (2003). Determination of trans double bonds in polyunsaturated fatty acid methyl esters from their electron impact mass spectra. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105 (3-4): 156-164.

Mjøs, S. A. (2005). Properties of trans isomers of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid methyl esters on cyanopropyl stationary phases. *Journal of Chromatography A*, 1100 (2): 185-192.

Referanser

Morrison, W. R. & Smith, L. M. (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride–methanol. *Journal of Lipid Research*, 5 (4): 600-608.

Moya Moreno, M. C. M., Mendoza Olivares, D., Amézquita López, F. J., Gimeno Adelantado, J. V. & Bosch Reig, F. (1999). Determination of unsaturation grade and trans isomers generated during thermal oxidation of edible oils and fats by FTIR. *Journal of Molecular Structure*, 482–483 (0): 551-556.

Mozaffarian, D., Micha, R. & Wallace, S. (2010). Effects on coronary heart disease of increasing polyunsaturated fat in place of saturated fat: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS Med*, 7 (3): e1000252.

O’Fallon, J. V., Busboom, J. R., Nelson, M. L. & Gaskins, C. T. (2007). A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *Journal of Animal Science*, 85 (6): 1511-1521.

OxfordDictionaries. (2014). Tilgjengelig fra:

<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/lipid?q=lipid> (lest 15.03.14).

Pacchiarotta, T., Nevedomskaya, E., Carrasco-Pancorbo, A., Deelder, A. M. & Mayboroda, O. A. (2010). Evaluation of GC-APCI/MS and GC-FID as a complementary platform. *Journal of biomolecular techniques: JBT*, 21 (4): 205.

Parris, N. A. (2000). *Instrumental Liquid Chromatography: A Practical Manual on High-Performance Liquid Chromatographic Methods*: Elsevier Science. ISBN: 9780080858302

Poole, C. F. (2012). *Gas Chromatography*: Elsevier. ISBN: 9780123855404

Prior, E., Vadke, V. & Sosulski, F. (1991). Effect of heat treatments on canola press oils. II. Oxidative stability. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 68 (6): 407-411.

Raetz, C. R. H., Guan, Z., Ingram, B. O., Six, D. A., Song, F., Wang, X. & Zhao, J. (2009). Discovery of new biosynthetic pathways: the lipid A story. *Journal of Lipid Research*, 50 (Supplement): S103-S108.

Referanser

Ratnayake, W. M. & Galli, C. (2009). Fat and fatty acid terminology, methods of analysis and fat digestion and metabolism: a background review paper. *Ann Nutr Metab*, 55 (1-3): 8-43.

Rogozinski, M. (1964). A Rapid Quantitative Esterification Technique for Carboxylic Acids. *Journal of Chromatographic Science*, 2 (4): 136-137.

Ruiz-Rodriguez, A., Reglero, G. & Ibañez, E. (2010). Recent trends in the advanced analysis of bioactive fatty acids. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51 (2): 305-326.

Schuchardt, U., Sercheli, R. & Vargas, R. M. (1998). Transesterification of vegetable oils: a review. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 9: 199-210.

Schwartz, H., Ollilainen, V., Piironen, V. & Lampi, A.-M. (2008). Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21 (2): 152-161.

Shantha, N. C. & Ackman, R. G. (1990). Nervonic acid versus tricosanoic acid as internal standards in quantitative gas chromatographic analyses of fish oil longer-chain n—3 polyunsaturated fatty acid methyl esters. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 533 (0): 1-10.

Shantha, N. C. & Napolitano, G. E. (1992). Gas chromatography of fatty acids. *Journal of Chromatography A*, 624 (1–2): 37-51.

Sherwin, E. R. (1976). Antioxidants for vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53 (6): 430-436.

Sies, H. (1997). Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Experimental Physiology*, 82 (2): 291-295.

Sparkman, O. D., Penton, Z. & Kitson, F. G. (2011). *Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide: A Practical Guide*: Elsevier Science. ISBN: 9780080920153

Stender, S. & Dyerberg, J. (2004). Influence of trans fatty acids on health. *Ann Nutr Metab*, 48 (2): 61-6.

Referanser

Stuart, B. Bedson, P., Prichard, E. (2003). *Gas Chromatography*: Royal Society of Chemistry. ISBN: 9780854044788

Subramaniam, S., Fahy, E., Gupta, S., Sud, M., Byrnes, R. W., Cotter, D., Dinasarapu, A. R. & Maurya, M. R. (2011). Bioinformatics and systems biology of the lipidome. *Chem Rev*, 111 (10): 6452-90.

Tsuzuki, W., Nagata, R., Yunoki, R., Nakajima, M. & Nagata, T. (2008). cis/trans-Isomerisation of triolein, trilinolein and trilinolenin induced by heat treatment. *Food Chemistry*, 108 (1): 75-80.

Tsuzuki, W. (2010). cis–trans isomerization of carbon double bonds in monounsaturated triacylglycerols via generation of free radicals. *Chemistry and Physics of Lipids*, 163 (7): 741-745.

Tsuzuki, W. (2011). Effects of antioxidants on heat-induced trans fatty acid formation in triolein and trilinolein. *Food Chemistry*, 129 (1): 104-109.

Williams, D. H. & Fleming, I. (2008). *Spectroscopic Methods in Organic Chemistry*: McGraw-Hill Higher Education. 291 s. ISBN: 9780077118129

Wolff, J. P. (1995). Evolution of Analytical Techniques and Consequences in Field of Lipids. *Lipid / Fett*, 97 (2): 49-54.

Wroniak, M., Krygier, K. & Kaczmarczyk, M. (2008). Comparison of the quality of cold pressed and virgin rapeseed oils with industrially obtained oils. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 58 (1): 85-89.

Yamamoto, K., Kinoshita, A. & Shibahara, A. (2008). Gas chromatographic separation of fatty acid methyl esters on weakly polar capillary columns. *Journal of Chromatography A*, 1182 (1): 132-135.

Yuki, E. & Ishikawa, Y. (1976). Tocopherol contents of nine vegetable frying oils, and their changes under simulated deep-fat frying conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53 (11): 673-676.

Referanser

Zeng, A. X., Chin, S.-T., Nolvachai, Y., Kulsing, C., Sidisky, L. M. & Marriott, P. J. (2013). Characterisation of capillary ionic liquid columns for gas chromatography–mass spectrometry analysis of fatty acid methyl esters. *Analytica Chimica Acta*, 803 (0): 166-173.

Zock, P. L. & Katan, M. B. (1992). Hydrogenation alternatives: effects of trans fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. *J Lipid Res*, 33 (3): 399-410.

VEDLEGG

Tabell 1: FAMES i rapsolje

Raps								
	C16:0	C16:1 c-9	C18:0	C18:1 c-9	C18:2 c-9,12	C20:0	C18:3 c-9,12,15	C20:1 c-11
	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
R1	28130	788	8991	375611	100597	2475	36618	6263
	4,850636	0,13588	1,550376	64,769	17,3465833	0,42678	6,314275664	1,0799691
R2	23122	570	6887	300722	78909	1849	28923	4760
	5,003451	0,123344	1,490302	65,0743	17,075398	0,400112	6,258750414	1,0300333
R3	30101	778	9330	376951	107505	2663	39197	6821
	5,056153	0,130683	1,567187	63,31757	18,0579305	0,447312	6,58403518	1,1457434
Gj.snitt i %	4,97008	0,129969	1,535955	64,38696	17,493304	0,424735	6,385687086	1,0852486
Std. avvik	0,106746	0,006298	0,04042	0,938615	0,50743249	0,023667	0,174003558	0,0580355

C22:0	C22:1 c-13	C24:0	C24:1 c-15	C17:0	C17:1 c-10	C18:1 c-x
Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
1088	1655	260	275	185	192	16796
0,187611	0,2853822	0,044833	0,04742	0,031901	0,03310779	2,896242
801	1376	311	265	127	302	13197
0,173331	0,2977575	0,067298	0,0573443	0,027482	0,06535085	2,855746
1126	1756	312	334	376	197	17887
0,189138	0,2949605	0,052408	0,056103	0,063158	0,03309067	3,004532
0,18336	0,2927001	0,054846	0,0536224	0,040847	0,04384977	2,91884
0,008719	0,0064899	0,011429	0,0054072	0,019448	0,01862048	0,076924

Tabell 2: FAMES i olivenolje (Ybarra)

Oliven (Ybarra)							
	C16:0	C16:1 c-9	C18:0	C18:1 c-9	C18:2 c-9,12	C20:0	C18:3 c-9,12,15
	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
Y1	74572	6132	14374	339007	49346	1603	1480
	14,92031	1,226886	2,875939	67,82826	9,87310975	0,320727	0,296117262
Y2	88555	7671	17927	411336	60361	2013	1914
	14,62175	1,266596	2,960014	67,91769	9,96649819	0,332376	0,316029846
Y3	103542	9236	21383	491666	72786	2394	2310
	14,3215	1,277485	2,957608	68,0052	10,0674566	0,331128	0,319509587
Gj.snitt i %	14,62118	1,256989	2,931187	67,91705	9,96902153	0,328077	0,310552232
Std. avvik	0,299405	0,026633	0,047861	0,088469	0,09719801	0,006396	0,012621545

Vedlegg

C20:1 c-11	C21:0	C22:0	C24:0	C17:0	C17:1 c-10	C18:1 c-x
Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
629	473	369	160	194	251	11212
0,1258498	0,094637	0,0738292	0,032013	0,0388154	0,0502199	2,24328834
844	129	364	157	198	329	13841
0,1393569	0,0213	0,0601018	0,025923	0,0326927	0,0543228	2,28535481
982	147	535	310	256	370	17066
0,1358262	0,020332	0,073999	0,042878	0,0354089	0,0511769	2,3604981
0,1336776	0,045423	0,06931	0,033605	0,035639	0,0519065	2,29638042
0,0070052	0,042624	0,007975	0,008589	0,0030678	0,0021466	0,05937765

Tabell 3: FAMEs i olivenolje (Montabes)

Oliven (Montabes)							
	C16:0	C16:1 c-9	C18:0	C18:1 c-9	C18:2 c-9,12	C20:0	C18:3 c-9,12,15
	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
M1	100857	6299	27642	655764	21561	2165	2286
	12,03817	0,751841	3,299316	78,27121	2,57349518	0,258412	0,272854227
M2	86045	5186	22860	556480	17621	1718	1772
	12,13173	0,731189	3,223096	78,45968	2,48443439	0,242226	0,249839268
M3	75567	4312	19283	476430	14868	1536	1595
	12,40145	0,707651	3,164572	78,18788	2,44001707	0,252076	0,261758624
Gj.snitt i %	12,19045	0,730227	3,228994	78,30625	2,49931555	0,250904	0,26148404
Std. avvik	0,188625	0,022111	0,067566	0,139251	0,06797197	0,008156	0,011509936

C20:1 c-11	C21:0	C22:0	C24:0	C17:0	C17:1 c-10	C18:1 c-x
Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
948	286	353	120	215	342	18972
0,1131521	0,034137	0,0421337	0,014323	0,0256621	0,0408207	2,26447524
781	93	249	100	182	282	15887
0,1101154	0,013112	0,0351072	0,014099	0,0256607	0,03976	2,23995285
678	166	842	85	162	274	13542
0,1112679	0,027243	0,1381823	0,01395	0,0265861	0,0449667	2,22240457
0,1115118	0,024831	0,0718077	0,014124	0,0259697	0,0418491	2,24227755
0,001533	0,010718	0,0575893	0,000188	0,0005339	0,0027515	0,02113146

Vedlegg

Tabell 4: FAMEs i soyaolje

Soya						
	C16:0	C16:1 c-9	C18:0	C18:1 c-9	C18:2 c-9,12	C20:0
	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
S1	84082	399	22690	188367	378287	1968
	11,72633	0,055646	3,164416	26,27023	52,7570443	0,274463
S2	53659	237	13266	110917	229865	1034
	12,3834	0,054695	3,061521	25,59737	53,048136	0,238626
S3	72058	349	19054	157384	320562	1580
	11,95362	0,057895	3,160848	26,10826	53,1776853	0,262105
Gj.snitt	12,02112	0,056079	3,128928	25,99195	52,9942885	0,258398
Std. avvik	0,333694	0,001644	0,058403	0,351183	0,21542836	0,018204

C18:3 c-9,12,15	C20:1 c-11	C22:0	C17:0	C17:1 c-10	C18:1 c-x
Areal	Areal	Areal	Areal	Areal	Areal
28584	656	1887	435	182	9499
3,986410724	0,0914877	0,263167	0,0606664	0,025382	1,3247591
15510	358	1052	238	84	7094
3,579390465	0,0826191	0,24278	0,0549255	0,019385	1,63715
21715	619	1462	335	159	7536
3,602277987	0,1026852	0,24253	0,0555728	0,026376	1,2501389
3,722693059	0,092264	0,249492	0,0570549	0,023715	1,404016
0,228672725	0,0100556	0,011843	0,0031444	0,003782	0,2053183

Vedlegg

Tabell 5: C18:1 t-9 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

RAPS	C19 intern standard		C18:1 trans-9		C(FAME)	C(Olje)	Paralleller	Gj.snitt	Std. avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
R220 1:15	3133	25,47	157	22,7	0,000721	2,362205	0,000305		
R220 2:15	2890	25,43			0	1,968504	0		
R220 3:15	3698	25,44	73	22,82	0,000284	1,574803	0,00018	0,000243	8,8296E-05
R220 1:20	3384	25,43	638	22,68	0,002713	1,574803	0,001723		
R220 2:20	3719	25,44	234	22,7	0,000905	1,574803	0,000575		
R220 3:20	3726	25,44	682	22,81	0,002634	2,834646	0,000929	0,001075	0,00058767
R220 1:30	3472	25,42	471	22,71	0,001952	2,086614	0,000935		
R220 2:30	3549	25,42	799	22,69	0,003239	2,047244	0,001582		
R220 3:30	4091	25,44	1492	22,74	0,005247	2,677165	0,00196	0,001493	0,00051817
R220 1:40	3346	25,41	549	22,69	0,002361	1,811024	0,001304		
R220 2:40	4302	25,44	1761	22,78	0,00589	3,188976	0,001847		
R220 3:40	3632	25,41	1424	22,71	0,005641	2,480315	0,002274	0,001808	0,00048656
R250 1:15	3236	25,4	569	22,68	0,00253	1,574803	0,001606		
R250 2:15	3489	25,42	890	22,75	0,00367	2,165354	0,001695		
R250 3:15	3492	25,41	774	22,71	0,003189	2,204724	0,001446	0,001583	0,00012595
R250 1:20	3408	25,39	3374	22,68	0,014244	2,283465	0,006238		
R250 2:20	3287	25,4	1414	22,72	0,006189	1,889764	0,003275		
R250 3:20	3782	25,41	1834	22,73	0,006977	2,992126	0,002332	0,002804	0,00066708
R250 1:30	4030	25,39	2249	22,67	0,008029	1,968504	0,004079		
R250 2:30	3394	25,39	1679	22,67	0,007118	2,047244	0,003477		
R250 3:30	3997	25,41	1494	22,68	0,005378	2,204724	0,002439	0,003778	0,00042584
R250 1:40	3209	25,39	1953	22,66	0,008757	1,574803	0,00556		
R250 2:40	3426	25,41	2928	22,71	0,012297	2,716535	0,004527		
R250 3:40	3401	25,39	1768	22,66	0,00748	1,889764	0,003958	0,004682	0,00081241
R300 1:15	3452	25,41	3590	22,68	0,014963	1,771654	0,008446		
R300 2:15	3760	25,42	3828	22,69	0,014648	1,889764	0,007751		
R300 3:15	3676	25,44	6863	22,77	0,026862	3,188976	0,008423	0,008207	0,00039466
R300 1:20	3454	25,42	4198	22,68	0,017487	1,889764	0,009254		
R300 2:20	3187	25,44	4183	22,69	0,018884	1,614173	0,011699		
R300 3:20	3437	25,44	5196	22,73	0,021751	2,047244	0,010625	0,010526	0,00122577
R300 1:30	3252	25,44	6045	22,69	0,026745	1,850394	0,014454		
R300 2:30	3600	25,44	7440	22,7	0,029735	1,929134	0,015414		
R300 3:30	3522	25,46	5878	22,71	0,024013	1,653543	0,014522	0,014796	0,00053564
R300 1:40	3339	25,45	6683	22,7	0,028797	1,692913	0,017011		
R300 2:40	3549	25,45	14994	22,75	0,060787	3,188976	0,019062		
R300 3:40	3538	25,45	6928	22,7	0,028174	1,692913	0,016642	0,017571	0,00130352

Vedlegg

Tabell 6: C18:2 c-9,t-12 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

RAPS	C19 intern standard		C18:2 c-9, t-12		C(FAME)	C(Olje)	Paralleller	Gj.snitt	Std. avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
R220 1:15	3133	25,47				2,362205			
R220 2:15	2890	25,43				1,968504			
R220 3:15	3698	25,44				1,574803			
R220 1:20	3384	25,43				1,574803			
R220 2:20	3719	25,44				1,574803			
R220 3:20	3726	25,44	188	26,83	0,000822	2,834646	0,00029		
R220 1:30	3472	25,42	51	26,5	0,000239	2,086614	0,000115		
R220 2:30	3549	25,42				2,047244			
R220 3:30	4091	25,44	54	26,49	0,000215	2,677165	8,03E-05		
R220 1:40	3346	25,41				1,811024			
R220 2:40	4302	25,44	229	26,48	0,000867	3,188976	0,000272		
R220 3:40	3632	25,41				2,480315			
R250 1:15	3236	25,4	148	26,49	0,000745	1,574803	0,000473		
R250 2:15	3489	25,42	103	26,49	0,000481	2,165354	0,000222		
R250 3:15	3492	25,41	152	26,47	0,000709	2,204724	0,000321	0,000339	0,000126
R250 1:20	3408	25,39	166	26,46	0,000793	2,283465	0,000347		
R250 2:20	3287	25,4	125	26,45	0,000619	1,889764	0,000328		
R250 3:20	3782	25,41	294	26,48	0,001266	2,992126	0,000423	0,000366	5,04E-05
R250 1:30	4030	25,39	387	26,44	0,001564	1,968504	0,000794		
R250 2:30	3394	25,39	655	26,43	0,003142	2,047244	0,001535		
R250 3:30	3997	25,41	135	26,44	0,00055	2,204724	0,000249	0,001165	0,000524
R250 1:40	3209	25,39	415	26,44	0,002106	1,574803	0,001337		
R250 2:40	3426	25,41	142	26,47	0,000675	2,716535	0,000248		
R250 3:40	3401	25,39	262	26,46	0,001254	1,889764	0,000664	0,001	0,000476
R300 1:15	3452	25,41	460	26,47	0,00217	1,771654	0,001225		
R300 2:15	3760	25,42	741	26,49	0,003209	1,889764	0,001698		
R300 3:15	3676	25,44	1398	26,51	0,006192	3,188976	0,001942	0,001622	0,000365
R300 1:20	3454	25,42	513	26,49	0,002418	1,889764	0,00128		
R300 2:20	3187	25,44	599	26,49	0,00306	1,614173	0,001896		
R300 3:20	3437	25,44	853	26,49	0,004041	2,047244	0,001974	0,001717	0,00038
R300 1:30	3252	25,44	532	26,49	0,002664	1,850394	0,00144		
R300 2:30	3600	25,44	632	26,49	0,002859	1,929134	0,001482		
R300 3:30	3522	25,46	651	26,5	0,00301	1,653543	0,00182	0,00158	0,000209
R300 1:40	3339	25,45	373	26,49	0,001819	1,692913	0,001074		
R300 2:40	3549	25,45	1119	26,5	0,005134	3,188976	0,00161		
R300 3:40	3538	25,45	647	26,5	0,002978	1,692913	0,001759	0,001684	0,000105

Vedlegg

Tabell 7: C18:2 t-9,c-12 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

RAPS	C19 intern standard		C18:2 t-9, c-12						
	Areal	RT	Areal	RT	C(FAME)	C(Olje)	Paralleller	Gj.snitt	Std. avvik
R220 1:15	3133	25,47				2,362205			
R220 2:15	2890	25,43				1,968504			
R220 3:15	3698	25,44				1,574803			
R220 1:20	3384	25,43	101	26,92	0,000486	1,574803	0,000309		
R220 2:20	3719	25,44				1,574803			
R220 3:20	3726	25,44				2,834646		0,000309	
R220 1:30	3472	25,42				2,086614			
R220 2:30	3549	25,42				2,047244			
R220 3:30	4091	25,44				2,677165			
R220 1:40	3346	25,41				1,811024			
R220 2:40	4302	25,44				3,188976			
R220 3:40	3632	25,41				2,480315			
R250 1:15	3236	25,4				1,574803			
R250 2:15	3489	25,42	173	27,02	0,000807	2,165354	0,000373		
R250 3:15	3492	25,41				2,204724		0,000373	
R250 1:20	3408	25,39				2,283465			
R250 2:20	3287	25,4				1,889764			
R250 3:20	3782	25,41				2,992126			
R250 1:30	4030	25,39				1,968504			
R250 2:30	3394	25,39				2,047244			
R250 3:30	3997	25,41				2,204724			
R250 1:40	3209	25,39				1,574803			
R250 2:40	3426	25,41				2,716535			
R250 3:40	3401	25,39				1,889764			
R300 1:15	3452	25,41	407	26,92	0,00192	1,771654	0,001084		
R300 2:15	3760	25,42	566	26,91	0,002451	1,889764	0,001297		
R300 3:15	3676	25,44	1135	26,97	0,005028	3,188976	0,001577	0,001319	0,000247
R300 1:20	3454	25,42	369	26,91	0,00174	1,889764	0,000921		
R300 2:20	3187	25,44	480	26,91	0,002452	1,614173	0,001519		
R300 3:20	3437	25,44	637	26,91	0,003018	2,047244	0,001474	0,001305	0,000333
R300 1:30	3252	25,44	405	26,89	0,002028	1,850394	0,001096		
R300 2:30	3600	25,44	555	26,91	0,00251	1,929134	0,001301		
R300 3:30	3522	25,46	413	26,91	0,001909	1,653543	0,001155	0,001184	0,000106
R300 1:40	3339	25,45	253	26,95	0,001234	1,692913	0,000729		
R300 2:40	3549	25,45	666	26,93	0,003056	3,188976	0,000958		
R300 3:40	3538	25,45	330	26,94	0,001519	1,692913	0,000897	0,000861	0,000119

Vedlegg

Tabell 8: C18:2 t-9,t-12 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

RAPS	C19 intern standard		C18:2 t-9, t-12		C(FAME)	C(Olje)	Paralleller	Gj.snitt	Std. avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
R220 1:15	3133	25,47				2,362205			
R220 2:15	2890	25,43				1,968504			
R220 3:15	3698	25,44				1,574803			
R220 1:20	3384	25,43				1,574803			
R220 2:20	3719	25,44				1,574803			
R220 3:20	3726	25,44				2,834646			
R220 1:30	3472	25,42				2,086614			
R220 2:30	3549	25,42				2,047244			
R220 3:30	4091	25,44				2,677165		0,000343	
R220 1:40	3346	25,41				1,811024			
R220 2:40	4302	25,44	293	25,74	0,001093	3,188976	0,000343		
R220 3:40	3632	25,41				2,480315			
R250 1:15	3236	25,4				1,574803			
R250 2:15	3489	25,42				2,165354			
R250 3:15	3492	25,41				2,204724		0,000354	
R250 1:20	3408	25,39				2,283465			
R250 2:20	3287	25,4	137	25,61	0,000669	1,889764	0,000354		
R250 3:20	3782	25,41	109	25,7	0,000463	2,992126	0,000155	0,000143	
R250 1:30	4030	25,39				1,968504			
R250 2:30	3394	25,39	57	25,65	0,00027	2,047244	0,000132		
R250 3:30	3997	25,41	85	25,79	0,000341	2,204724	0,000155	0,000155	
R250 1:40	3209	25,39				1,574803			
R250 2:40	3426	25,41				2,716535			
R250 3:40	3401	25,39				1,889764		0,000635	
R300 1:15	3452	25,41	198	25,68	0,00092	1,771654	0,00052		
R300 2:15	3760	25,42	332	25,65	0,001417	1,889764	0,00075		
R300 3:15	3676	25,44	484	25,71	0,002113	3,188976	0,000663	0,000482	0,000116
R300 1:20	3454	25,42	140	25,66	0,00065	1,889764	0,000344		
R300 2:20	3187	25,44	141	25,69	0,00071	1,614173	0,00044		
R300 3:20	3437	25,44	495	25,69	0,002311	2,047244	0,001129	0,000751	0,000428
R300 1:30	3252	25,44	195	25,7	0,000962	1,850394	0,00052		
R300 2:30	3600	25,44	261	25,69	0,001163	1,929134	0,000603		
R300 3:30	3522	25,46	200	25,69	0,000911	1,653543	0,000551	0,000445	4,2E-05
R300 1:40	3339	25,45	106	25,7	0,000509	1,692913	0,000301		
R300 2:40	3549	25,45	341	25,7	0,001542	3,188976	0,000484		
R300 3:40	3538	25,45	310	25,68	0,001406	1,692913	0,000831	0,000831	0,000269

Vedlegg

Tabell 9: Nedbrytning av C16:0 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

RAPS	Oksidativ nedbrytning				
	C16:0	mg olje	kor. Areal		
R1	28130	6,3	4465,0794		
R2	23122	4,4	5255		
R3	30125	6,1	4938,5246	4886,201	
R220 1:15	27829	6	4638,1667		
R220 2:15	20865	5	4173	Gj. Snitt	Std.avvik
R220 3:15	26606	4	6651,5	90,16377	6,731661
R220 1:20	18073	4	4518,25		
R220 2:20	17664	4	4416		
R220 3:20	33851	7,2	4701,5278	93,02235	2,960733
R220 1:30	22443	5,3	4234,5283		
R220 2:30	24048	5,2	4624,6154		
R220 3:30	32663	6,8	4803,3824	93,20482	5,953404
R220 1:40	21176	4,6	4603,4783		
R220 2:40	40336	8,1	4979,7531		
R220 3:40	29371	6,3	4662,0635	97,18043	4,143516
R250 1:15	15718	4	3929,5		
R250 2:15	25065	5,5	4557,2727		
R250 3:15	23466	5,6	4190,3571	86,48252	6,454421
R250 1:20	24414	5,8	4209,3103		
R250 2:20	21516	4,8	4482,5		
R250 3:20	34133	7,6	4491,1842	89,93349	3,2805
R250 1:30	20722	5	4144,4		
R250 2:30	22806	5,2	4385,7692		
R250 3:30	21861	5,6	3903,75	84,82335	4,932455
R250 1:40	15219	4	3804,75		
R250 2:40	29734	6,9	4309,2754		
R250 3:40	18963	4,8	3950,625	82,30422	5,313594
R300 1:15	17809	4,5	3957,5556		
R300 2:15	22186	4,8	4622,0833		
R300 3:15	38013	8,1	4692,963	90,54479	8,302512
R300 1:20	20070	4,8	4181,25		
R300 2:20	17028	4,1	4153,1707		
R300 3:20	24141	5,2	4642,5	88,52767	5,623336
R300 1:30	18765	4,7	3992,5532		
R300 2:30	19751	4,9	4030,8163		
R300 3:30	17801	4,2	4238,3333	83,6485	2,706535
R300 1:40	18414	4,3	4282,3256		
R300 2:40	32384	8,1	3998,0247		
R300 3:40	18154	4,3	4221,8605	85,28923	3,065153

Vedlegg

Tabell 10: Nedbrytning av C18:1 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

RAPS	Oksidativ nedbrytning				
	C18:1	mg olje	kor. Areal		
R1	357865	6,3	56803,97		
R2	288745	4,4	65623,86		
R3	376951	6,1	61795,25	61407,69	
R220 1:15	332166	6	55361		
R220 2:15	245252	5	49050,4	Gj. Snitt	Std.avvik
R220 3:15	312808	4	78202	85,01492	7,266627
R220 1:20	213448	4	53362		
R220 2:20	196640	4	49160		
R220 3:20	362597	7,2	50360,69	82,98781	3,524548
R220 1:30	261458	5,3	49331,7		
R220 2:30	250189	5,2	48113,27		
R220 3:30	324211	6,8	47678,09	78,77572	1,395857
R220 1:40	223056	4,6	48490,43		
R220 2:40	391109	8,1	48285,06		
R220 3:40	263311	6,3	41795,4	75,21907	6,200332
R250 1:15	166515	4	41628,75		
R250 2:15	283001	5,5	51454,73		
R250 3:15	259826	5,6	46397,5	75,71309	8,001757
R250 1:20	239885	5,8	41359,48		
R250 2:20	230529	4,8	48026,88		
R250 3:20	354892	7,6	46696,32	73,86842	5,746193
R250 1:30	172495	5	34499		
R250 2:30	214278	5,2	41207,31		
R250 3:30	212869	5,6	38012,32	61,72876	5,464157
R250 1:40	103042	4	25760,5		
R250 2:40	257866	6,9	37371,88		
R250 3:40	161955	4,8	33740,63	52,58462	9,672851
R300 1:15	170454	4,5	37878,67		
R300 2:15	222018	4,8	46253,75		
R300 3:15	387892	8,1	47887,9	71,66329	8,744222
R300 1:20	183099	4,8	38145,63		
R300 2:20	157062	4,1	38307,8		
R300 3:20	230893	5,2	44402,5	65,60303	5,807926
R300 1:30	149853	4,7	31883,62		
R300 2:30	161170	4,9	32891,84		
R300 3:30	155739	4,2	37080,71	55,28958	4,488028
R300 1:40	123218	4,3	28655,35		
R300 2:40	238875	8,1	29490,74		
R300 3:40	136880	4,3	31832,56	48,84222	2,682156

Vedlegg

Tabell 11: Nedbrytning av C18:2 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

RAPS	Oksidativ nedbrytning			Gj. Snitt	Std.avvik
	C18:2	mg olje	kor. Areal		
R1	100597	6,3	15967,78		
R2	78909	4,4	17933,86		
R3	107505	6,1	17623,77	17175,14	
R220 1:15	84366	6	14061		
R220 2:15	53368	5	10673,6		
R220 3:15	76843	4	19210,75	72,00699	13,94605
R220 1:20	48129	4	12032,25		
R220 2:20	40595	4	10148,75		
R220 3:20	69426	7,2	9642,5	61,76273	7,332013
R220 1:30	56087	5,3	10582,45		
R220 2:30	45650	5,2	8778,846		
R220 3:30	54098	6,8	7955,588	53,01634	7,822792
R220 1:40	43218	4,6	9395,217		
R220 2:40	64569	8,1	7971,481		
R220 3:40	35923	6,3	5702,063	44,77162	10,84501
R250 1:15	30711	4	7677,75		
R250 2:15	60849	5,5	11063,45		
R250 3:15	53564	5,6	9565	54,9364	9,878051
R250 1:20	39635	5,8	6833,621		
R250 2:20	46088	4,8	9601,667		
R250 3:20	68361	7,6	8994,868	49,35459	8,471256
R250 1:30	19630	5	3926		
R250 2:30	33794	5,2	6498,846		
R250 3:30	33112	5,6	5912,857	31,70805	7,851397
R250 1:40	8027	4	2006,75		
R250 2:40	33249	6,9	4818,696		
R250 3:40	18750	4,8	3906,25	20,82797	8,352512
R300 1:15	24134	4,5	5363,111		
R300 2:15	37017	4,8	7711,875		
R300 3:15	75569	8,1	9329,506	43,48241	11,61212
R300 1:20	26100	4,8	5437,5		
R300 2:20	21580	4,1	5263,415		
R300 3:20	35987	5,2	6920,577	34,19961	5,302306
R300 1:30	13987	4,7	2975,957		
R300 2:30	15620	4,9	3187,755		
R300 3:30	16371	4,2	3897,857	19,52739	2,811469
R300 1:40	8250	4,3	1918,605		
R300 2:40	17501	8,1	2160,617		
R300 3:40	10018	4,3	2329,767	12,4385	1,203219

Vedlegg

Tabell 12: Nedbrytning av C18:3 i rapsolje. Med R220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

RAPS	Oksidativ nedbrytning				
	C18:3	mg olje	kor. Areal		
R1	36618	6,3	5812,381		
R2	28923	4,4	6573,409		
R3	39197	6,1	6425,738	6270,509	
R220 1:15	27511	6	4585,167		
R220 2:15	16380	5	3276	Gj. Snitt	Std.avvik
R220 3:15	24380	4	6095	74,18944	17,02594
R220 1:20	14163	4	3540,75		
R220 2:20	10961	4	2740,25		
R220 3:20	19420	7,2	2697,222	47,72724	7,576375
R220 1:30	15747	5,3	2971,132		
R220 2:30	10955	5,2	2106,731		
R220 3:30	11540	6,8	1697,059	36,01473	10,3727
R220 1:40	10733	4,6	2333,261		
R220 2:40	13353	8,1	1648,519		
R220 3:40	6446	6,3	1023,175	26,60578	10,44999
R250 1:15	7280	4	1820		
R250 2:15	18072	5,5	3285,818		
R250 3:15	14429	5,6	2576,607	40,83892	11,69023
R250 1:20	8329	5,8	1436,034		
R250 2:20	11038	4,8	2299,583		
R250 3:20	16645	7,6	2190,132	31,50063	7,498114
R250 1:30	2955	5	591		
R250 2:30	7023	5,2	1350,577		
R250 3:30	6764	5,6	1207,857	16,74204	6,438063
R250 1:40	804	4	201		
R250 2:40	5132	6,9	743,7681		
R250 3:40	2728	4,8	568,3333	8,04348	4,417189
R300 1:15	2990	4,5	664,4444		
R300 2:15	5372	4,8	1119,167		
R300 3:15	12918	8,1	1594,815	17,95934	7,419244
R300 1:20	3155	4,8	657,2917		
R300 2:20	2164	4,1	527,8049		
R300 3:20	4167	5,2	801,3462	10,55971	2,182204
R300 1:30	986	4,7	209,7872		
R300 2:30	968	4,9	197,551		
R300 3:30	1122	4,2	267,1429	3,585467	0,592516
R300 1:40	263	4,3	61,16279		
R300 2:40	608	8,1	75,06173		
R300 3:40	469	4,3	109,0698	1,303957	0,39306

Vedlegg

Tabell 13: C18:1 t-9 i olivenolje (Ybarra). Med Y220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Oliven (Ybarra)	C19 intern standard		C18:1 trans-9		C(FAME)	C(Olje)		Gj. Snitt	Std. avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
Y220 1:15	3802	25,46	1352	22,73	0,005116	2,952756	0,001733		
Y220 2:15	3808	25,45	388	22,77	0,001466	2,047244	0,000716		
Y220 3:15	3903	25,48	600	22,75	0,002212	2,716535	0,000814	0,000765	6,93851E-05
Y220 1:20	3833	25,48	728	22,72	0,002733	2,283465	0,001197		
Y220 2:20	3725	25,47	564	22,73	0,002178	2,007874	0,001085		
Y220 3:20	4319	25,47	752	22,73	0,002505	2,559055	0,000979	0,001087	0,000108911
Y220 1:30	4378	25,46	874	22,72	0,002872	2,283465	0,001258		
Y220 2:30	3739	25,48	614	22,68	0,002363	1,850394	0,001277		
Y220 3:30	3992	25,46	1134	22,73	0,004087	2,519685	0,001622	0,001386	0,000205013
Y220 1:40	3847	25,49	1567	22,73	0,005861	2,598425	0,002255		
Y220 2:40	3855	25,5	1066	22,68	0,003979	1,850394	0,00215		
Y220 3:40	3860	25,5	1455	22,73	0,005423	2,362205	0,002296	0,002234	7,52549E-05
Y250 1:15	3556	25,53	1576	22,72	0,006377	2,204724	0,002892		
Y250 2:15	4036	25,52	1539	22,72	0,005486	2,125984	0,002581		
Y250 3:15	3681	25,52	1005	22,7	0,003928	1,968504	0,001996	0,002489	0,000455255
Y250 1:20	3307	25,51	2518	22,73	0,010955	2,637795	0,004153		
Y250 2:20	3885	25,51	2208	22,73	0,008177	2,440945	0,00335		
Y250 3:20	3662	25,54	1225	22,69	0,004813	1,653543	0,002911	0,003471	0,000630036
Y250 1:30	3384	25,54	2481	22,7	0,010549	2,125984	0,004962		
Y250 2:30	3866	25,53	2570	22,7	0,009565	2,086614	0,004584		
Y250 3:30	3668	25,52	3091	22,74	0,012125	2,677165	0,004529	0,004691	0,000235656
Y250 1:40	3662	25,48	5300	22,75	0,020824	3,385827	0,00615		
Y250 2:40	3779	25,52	3786	22,73	0,014415	2,440945	0,005905		
Y250 3:40	3523	25,52	3612	22,71	0,014751	2,480315	0,005947	0,006001	0,000130949
Y300 1:15	3824	25,52	8311	22,72	0,03127	2,598425	0,012034		
Y300 2:15	3518	25,55	5046	22,68	0,020637	1,653543	0,012481		
Y300 3:15	3725	25,57	4968	22,69	0,019189	1,574803	0,012185	0,012233	0,000226978
Y300 1:20	3550	25,55	9444	22,71	0,038276	2,519685	0,015191		
Y300 2:20	3408	25,56	7300	22,69	0,030819	2,047244	0,015054		
Y300 3:20	3484	25,54	8419	22,69	0,034768	2,283465	0,015226	0,015157	9,08641E-05
Y300 1:30	3594	25,56	8661	22,7	0,034673	1,692913	0,020481		
Y300 2:30	3663	25,54	10056	22,7	0,039499	2,362205	0,016721		
Y300 3:30	3605	25,56	7014	22,7	0,027994	1,811024	0,015457	0,016089	0,000893732
Y300 1:40	3475	25,57	7258	22,68	0,030051	1,535433	0,019572		
Y300 2:40	3374	25,56	5774	22,68	0,024622	1,496063	0,016458		
Y300 3:40	3538	25,57	7260	22,7	0,029524	1,732283	0,017043	0,017691	0,001654766

Vedlegg

Tabell 14: C18:2 c-9,t-12 i olivenolje (Ybarra). Med Y220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Oliven (Ybarra)	C19 intern standard		C18:2 c-9, t-12		mg/2.54ml			Gj. Snitt	Std. avvik
	Areal	RT	Areal	RT	C(FAME)	C(Olje)			
Y220 1:15	3802	25,46			0	2,952756			
Y220 2:15	3808	25,45			0	2,047244			
Y220 3:15	3903	25,48			0	2,716535			
Y220 1:20	3833	25,48			0	2,283465			
Y220 2:20	3725	25,47			0	2,007874			
Y220 3:20	4319	25,47			0	2,559055			
Y220 1:30	4378	25,46	142	26,46	0,000528	2,283465	0,000231		
Y220 2:30	3739	25,48	98	26,56	0,000427	1,850394	0,000231	0,000231	
Y220 3:30	3992	25,46			0	2,519685			
Y220 1:40	3847	25,49			0	2,598425			
Y220 2:40	3855	25,5			0	1,850394			
Y220 3:40	3860	25,5			0	2,362205			
Y250 1:15	3556	25,53	182	26,5	0,000833	2,204724	0,000378		
Y250 2:15	4036	25,52	121	26,45	0,000488	2,125984	0,00023	0,000304	
Y250 3:15	3681	25,52			0	1,968504			
Y250 1:20	3307	25,51	116	26,5	0,000571	2,637795	0,000217		
Y250 2:20	3885	25,51	85	26,48	0,000356	2,440945	0,000146		
Y250 3:20	3662	25,54	40	26,48	0,000178	1,653543	0,000108	0,000157	
Y250 1:30	3384	25,54	67	26,47	0,000322	2,125984	0,000152		
Y250 2:30	3866	25,53	38	26,45	0,00016	2,086614	7,67E-05		
Y250 3:30	3668	25,52	114	26,47	0,000506	2,677165	0,000189	0,000139	
Y250 1:40	3662	25,48	164	26,49	0,000729	3,385827	0,000215		
Y250 2:40	3779	25,52	96	26,48	0,000414	2,440945	0,000169		
Y250 3:40	3523	25,52	111	26,48	0,000513	2,480315	0,000207	0,000197	
Y300 1:15	3824	25,52	381	26,46	0,001622	2,598425	0,000624		
Y300 2:15	3518	25,55	215	26,47	0,000995	1,653543	0,000602		
Y300 3:15	3725	25,57	228	26,46	0,000997	1,574803	0,000633	0,00062	
Y300 1:20	3550	25,55	311	26,48	0,001426	2,519685	0,000566		
Y300 2:20	3408	25,56	255	26,48	0,001218	2,047244	0,000595		
Y300 3:20	3484	25,54	256	26,49	0,001196	2,283465	0,000524	0,000562	
Y300 1:30	3594	25,56	192	26,49	0,00087	1,692913	0,000514		
Y300 2:30	3663	25,54	269	26,47	0,001196	2,362205	0,000506		
Y300 3:30	3605	25,56	192	26,48	0,000867	1,811024	0,000479	0,0005	
Y300 1:40	3475	25,57	212	26,49	0,000993	1,535433	0,000647		
Y300 2:40	3374	25,56	121	26,5	0,000584	1,496063	0,00039		
Y300 3:40	3538	25,57	151	26,51	0,000695	1,732283	0,000401	0,000524	

Vedlegg

Tabell 15: C18:2 t-9,c-12 i olivenolje (Ybarra). Med Y220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Oliven- (Ybarra)	C19 intern standard		C18:2 t-9, c-12		C(FAME)	C(Olje)	Gj.snitt	Std.avvik		
	Areal	RT	Areal	RT						
Y220 1:15	3802	25,46			0	2,952756				
Y220 2:15	3808	25,45			0	2,047244				
Y220 3:15	3903	25,48			0	2,716535				
Y220 1:20	3833	25,48			0	2,283465				
Y220 2:20	3725	25,47			0	2,007874				
Y220 3:20	4319	25,47			0	2,559055				
Y220 1:30	4378	25,46			0	2,283465				
Y220 2:30	3739	25,48			0	1,850394				
Y220 3:30	3992	25,46			0	2,519685				
Y220 1:40	3847	25,49			0	2,598425				
Y220 2:40	3855	25,5			0	1,850394				
Y220 3:40	3860	25,5			0	2,362205				
Y250 1:15	3556	25,53			0	2,204724				
Y250 2:15	4036	25,52			0	2,125984				
Y250 3:15	3681	25,52			0	1,968504				
Y250 1:20	3307	25,51	44	26,88	0,000217	2,637795	8,21E-05			
Y250 2:20	3885	25,51			0	2,440945				
Y250 3:20	3662	25,54			0	1,653543				
Y250 1:30	3384	25,54			0	2,125984				
Y250 2:30	3866	25,53			0	2,086614				
Y250 3:30	3668	25,52	29	26,89	0,000129	2,677165	4,81E-05			
Y250 1:40	3662	25,48	14	26,97	6,23E-05	3,385827	1,84E-05			
Y250 2:40	3779	25,52			0	2,440945				
Y250 3:40	3523	25,52			0	2,480315				
Y300 1:15	3824	25,52	232	26,9	0,000988	2,598425	0,00038			
Y300 2:15	3518	25,55	123	26,89	0,000569	1,653543	0,000344			
Y300 3:15	3725	25,57	58	26,93	0,000254	1,574803	0,000161	0,000295	0,000118	
Y300 1:20	3550	25,55	145	26,89	0,000665	2,519685	0,000264			
Y300 2:20	3408	25,56	197	26,89	0,000941	2,047244	0,00046			
Y300 3:20	3484	25,54	177	26,89	0,000827	2,283465	0,000362	0,000362	9,79E-05	
Y300 1:30	3594	25,56	51	26,89	0,000231	1,692913	0,000136			
Y300 2:30	3663	25,54	159	26,9	0,000707	2,362205	0,000299			
Y300 3:30	3605	25,56	136	26,91	0,000614	1,811024	0,000339	0,000258	0,000107	
Y300 1:40	3475	25,57	63	27,02	0,000295	1,535433	0,000192			
Y300 2:40	3374	25,56			0	1,496063				
Y300 3:40	3538	25,57	66	26,91	0,000304	1,732283	0,000175	0,000184	1,2E-05	

Vedlegg

Tabell 16: Nedbrytning av C16:0 i olivenolje (Ybarra). Med Y220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Oliven (Ybarra)					
	C16:0		kor. Areal		
Y1	74572	4,6	16211,3		
Y2	88555	5,4	16399,07		
Y3	103542	6,5	15929,54	16179,97	
Y220 1:15	120000	7,5	16000		
Y220 2:15	110846	5,2	21316,54	Gj.snitt	Std.avvik
Y220 3:15	104281	6,9	15113,19	96,14722	3,875597
Y220 1:20	92262	5,8	15907,24		
Y220 2:20	82994	5,1	16273,33		
Y220 3:20	100749	6,5	15499,85	98,2293	2,391397
Y220 1:30	88061	5,8	15182,93		
Y220 2:30	71926	4,7	15303,4		
Y220 3:30	100311	6,4	15673,59	95,09684	1,580367
Y220 1:40	98124	6,6	14867,27		
Y220 2:40	74121	4,7	15770,43		
Y220 3:40	90260	6	15043,33	94,11024	2,959051
Y250 1:15	84156	5,6	15027,86		
Y250 2:15	84197	5,4	15592,04		
Y250 3:15	83992	5	16798,4	97,68928	5,59008
Y250 1:20	95150	6,7	14201,49		
Y250 2:20	94045	6,2	15168,55		
Y250 3:20	69877	4,2	16637,38	94,78265	7,580529
Y250 1:30	78821	5,4	14596,48		
Y250 2:30	81175	5,3	15316,04		
Y250 3:30	98861	6,8	14538,38	91,57597	2,677278
Y250 1:40	120140	8,6	13969,77		
Y250 2:40	94034	6,2	15166,77		
Y250 3:40	89560	6,3	14215,87	89,31291	3,906929
Y300 1:15	98387	6,6	14907,12		
Y300 2:15	63494	4,2	15117,62		
Y300 3:15	63074	4	15768,5	94,34141	2,775406
Y300 1:20	87704	6,4	13703,75		
Y300 2:20	72778	5,2	13995,77		
Y300 3:20	77828	5,8	13418,62	84,70995	1,78357
Y300 1:30	64527	4,3	15006,28		
Y300 2:30	80576	6	13429,33		
Y300 3:30	64546	4,6	14031,74	87,48954	4,918163
Y300 1:40	51337	3,9	13163,33		
Y300 2:40	49278	3,8	12967,89		
Y300 3:40	58419	4,4	13277,05	81,18735	0,966413

Vedlegg

Tabell 17: Nedbrytning av C18:1 i olivenolje (Ybarra). Med Y220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Oliven	(Ybarra)				
	C18:1				
Y1	322395	4,6	70085,87		
Y2	392422	5,4	72670,74		
Y3	467394	6,5	71906,77	71554,46	
Y220 1:15	455601	7,5	60746,8		
Y220 2:15	449920	5,2	86523,08	Gj.snitt	Std.avvik
Y220 3:15	411595	6,9	59651,45	96,3934	1,082434
Y220 1:20	356890	5,8	61532,76		
Y220 2:20	307249	5,1	60244,9		
Y220 3:20	382979	6,5	58919,85	84,17715	1,825883
Y220 1:30	312216	5,8	53830,34		
Y220 2:30	249666	4,7	53120,43		
Y220 3:30	356745	6,4	55741,41	75,78944	1,894482
Y220 1:40	345952	6,6	52416,97		
Y220 2:40	241571	4,7	51398,09		
Y220 3:40	294841	6	49140,17	71,25352	2,343655
Y250 1:15	303952	5,6	54277,14		
Y250 2:15	293426	5,4	54338,15		
Y250 3:15	308374	5	61674,8	79,3289	5,944476
Y250 1:20	339125	6,7	50615,67		
Y250 2:20	330877	6,2	53367,26		
Y250 3:20	235364	4,2	56039,05	74,54554	3,789821
Y250 1:30	257758	5,4	47732,96		
Y250 2:30	260485	5,3	49148,11		
Y250 3:30	329027	6,8	48386,32	67,67219	0,989829
Y250 1:40	364186	8,6	42347,21		
Y250 2:40	288693	6,2	46563,39		
Y250 3:40	267426	6,3	42448,57	61,1931	3,361754
Y300 1:15	331287	6,6	50195		
Y300 2:15	192966	4,2	45944,29		
Y300 3:15	191212	4	47803	67,05489	2,978047
Y300 1:20	264996	6,4	41405,63		
Y300 2:20	214005	5,2	41154,81		
Y300 3:20	208581	5,8	35962,24	55,21327	4,294483
Y300 1:30	145703	4,3	33884,42		
Y300 2:30	197053	6	32842,17		
Y300 3:30	156161	4,6	33948,04	46,89884	0,867768
Y300 1:40	92777	3,9	23788,97		
Y300 2:40	93683	3,8	24653,42		
Y300 3:40	114769	4,4	26083,86	34,71773	1,619772

Vedlegg

Tabell 18: Nedbrytning av C18:2 i olivenolje (Ybarra). Med Y220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Oliven (Ybarra)					
	C18:2				
Y1	49346	4,6	10727,39		
Y2	60361	5,4	11177,96		
Y3	72786	6,5	11197,85	11034,4	
Y220 1:15	58559	7,5	7807,867		
Y220 2:15	54306	5,2	10443,46		
Y220 3:15	50092	6,9	7259,71	68,27547	3,512698
Y220 1:20	38633	5,8	6660,862		
Y220 2:20	32437	5,1	6360,196		
Y220 3:20	40792	6,5	6275,692	58,2927	1,834645
Y220 1:30	27925	5,8	4814,655		
Y220 2:30	20819	4,7	4429,574		
Y220 3:30	30501	6,4	4765,781	42,32222	1,899939
Y220 1:40	25758	6,6	3902,727		
Y220 2:40	16506	4,7	3511,915		
Y220 3:40	19450	6	3241,667	32,19117	3,012014
Y250 1:15	30101	5,6	5375,179		
Y250 2:15	28781	5,4	5329,815		
Y250 3:15	32702	5	6540,4	52,09585	6,218836
Y250 1:20	29855	6,7	4455,97		
Y250 2:20	28964	6,2	4671,613		
Y250 3:20	20296	4,2	4832,381	42,17104	1,711655
Y250 1:30	16594	5,4	3072,963		
Y250 2:30	16407	5,3	3095,66		
Y250 3:30	22650	6,8	3330,882	28,69664	1,294219
Y250 1:40	19485	8,6	2265,698		
Y250 2:40	15691	6,2	2530,806		
Y250 3:40	14120	6,3	2241,27	21,2601	1,455245
Y300 1:15	22831	6,6	3459,242		
Y300 2:15	12192	4,2	2902,857		
Y300 3:15	12372	4	3093	28,56249	2,562887
Y300 1:20	13971	6,4	2182,969		
Y300 2:20	11340	5,2	2180,769		
Y300 3:20	9539	5,8	1644,655	18,15049	2,810869
Y300 1:30	4176	4,3	971,1628		
Y300 2:30	6674	6	1112,333		
Y300 3:30	5337	4,6	1160,217	9,798791	0,890745
Y300 1:40	1600	3,9	410,2564		
Y300 2:40	1733	3,8	456,0526		
Y300 3:40	2317	4,4	526,5909	4,20775	0,531104

Vedlegg

Tabell 19: C18:1 t-9 i olivenolje (Montabes). Med M220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Oliven (Montabes)	C19 intern standard		C18:1 trans-9		C(FAME)	C(Olje)		Gj.snitt	Std. avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
M220 1:15	4259	25,6	1030	22,98	0,00348	3,070866	0,001133		
M220 2:15	4200	25,59	558	22,86	0,001912	1,850394	0,001033	0,001083	7,07476E-05
M220 1:20	3964	25,6	1006	22,92	0,003651	2,637795	0,001384		
M220 2:20	3901	25,61	521	22,86	0,001922	1,850394	0,001038	0,001211	0,000244516
M220 1:30	3941	25,6	1463	22,87	0,005341	2,007874	0,00266		
M220 2:30	4112	25,61	928	22,83	0,003247	1,574803	0,002062	0,002361	0,000423001
M220 1:40	3833	25,6	1930	22,86	0,007245	2,244094	0,003228		
M220 2:40	3692	25,61	1178	22,81	0,004591	1,614173	0,002844	0,003036	0,00027174
M250 1:15	3980	25,63	1811	22,84	0,006547	1,771654	0,003695		
M250 2:15	3938	25,61	3458	22,91	0,012634	3,110236	0,004062	0,003879	0,000259359
M250 1:20	4025	25,61	2987	22,86	0,010677	2,165354	0,004931		
M250 2:20	3691	25,63	2327	22,84	0,009071	1,889764	0,0048	0,004866	9,26457E-05
M250 1:30	3666	25,61	3973	22,83	0,015593	2,047244	0,007616		
M250 2:30	3842	25,6	5689	22,89	0,021305	3,149606	0,006764	0,00719	0,000602613
M250 1:40	3802	25,61	4330	22,83	0,016386	2,362205	0,006937		
M250 2:40	3981	25,61	4654	22,84	0,01682	2,204724	0,007629	0,007283	0,00048962
M300 1:15	3903	25,65	8421	22,86	0,031043	2,204724	0,01408		
M300 2:15	3724	25,66	4716	22,82	0,018221	1,614173	0,011288	0,012684	0,001974477
M300 1:20	4086	25,64	13190	22,89	0,046446	2,637795	0,017608		
M300 2:20	4046	25,64	11410	22,85	0,040575	2,362205	0,017177	0,017392	0,00030477
M300 1:30	3762	25,65	13060	22,85	0,049949	2,480315	0,020138		
M300 2:30	3905	25,68	9261	22,85	0,034122	1,968504	0,017334	0,018736	0,00198271
M300 1:40	3894	25,67	9219	22,84	0,034063	1,811024	0,018809		
M300 2:40	4083	25,7	10306	22,86	0,036317	1,850394	0,019627	0,019218	0,000578238

Vedlegg

Tabell 20: C18:2 c-9,t-12 i olivenolje (Montabes). Med M220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Oliven (Montabes)	C19 intern standard		C18:2 c-9, t-12		C(FAME)	C(Olje)		Gj.snitt	Std.avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
M220 1:15	4259	25,6			0	3,070866			
M220 2:15	4200	25,59			0	1,850394			
M220 1:20	3964	25,6			0	2,637795			
M220 2:20	3901	25,61			0	1,850394			
M220 1:30	3941	25,6	36	26,62	0,000149	2,007874	7,41E-05		
M220 2:30	4112	25,61	52	26,59	0,000206	1,574803	0,000131	0,000102	4,0076E-05
M220 1:40	3833	25,6			0	2,244094			
M220 2:40	3692	25,61	48	26,63	0,000212	1,614173	0,000131	0,000131	
M250 1:15	3980	25,63	13	26,62	5,32E-05	1,771654	3E-05		
M250 2:15	3938	25,61	81	26,64	0,000335	3,110236	0,000108	6,89E-05	5,49161E-05
M250 1:20	4025	25,61	78	26,61	0,000316	2,165354	0,000146		
M250 2:20	3691	25,63	34	26,61	0,00015	1,889764	7,94E-05	0,000113	4,69192E-05
M250 1:30	3666	25,61	89	26,61	0,000395	2,047244	0,000193		
M250 2:30	3842	25,6	144	26,62	0,00061	3,149606	0,000194	0,000193	4,78999E-07
M250 1:40	3802	25,61	95	26,59	0,000407	2,362205	0,000172		
M250 2:40	3981	25,61	102	26,6	0,000417	2,204724	0,000189	0,000181	1,20147E-05
M300 1:15	3903	25,65	204	26,62	0,000851	2,204724	0,000386		
M300 2:15	3724	25,66	93	26,63	0,000407	1,614173	0,000252	0,000319	9,48259E-05
M300 1:20	4086	25,64	245	26,63	0,000976	2,637795	0,00037		
M300 2:20	4046	25,64	230	26,63	0,000926	2,362205	0,000392	0,000381	1,53536E-05
M300 1:30	3762	25,65	219	26,63	0,000948	2,480315	0,000382		
M300 2:30	3905	25,68	172	26,64	0,000717	1,968504	0,000364	0,000373	1,26061E-05
M300 1:40	3894	25,67	141	26,65	0,00059	1,811024	0,000326		
M300 2:40	4083	25,7	177	26,68	0,000706	1,850394	0,000381	0,000354	3,95352E-05

Vedlegg

Tabell 21: Nedbrytning av C16:0 i olivenolje (Montabes). Med M220 1:15 menes steketemperatur 220°C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Oliven	(Montabes)		kor. Areal		
	C16:0	mg			
M1	100589	7,7	13063,51		
M2	85930	6,3	13639,68		
M3	75188	5,4	13923,7	13542,3	
M220 1:15	109463	7,8	14033,72	Gj.snitt	Std.avvik
M220 2:15	64663	4,7	13758,09	102,6111	1,439208
M220 1:20	89442	6,7	13349,55		
M220 2:20	63762	4,7	13566,38	99,37728	1,132175
M220 1:30	67937	5,1	13320,98		
M220 2:30	54382	4	13595,5	99,3793	1,433395
M220 1:40	76368	5,7	13397,89		
M220 2:40	52249	4,1	12743,66	96,51816	3,416074
M250 1:15	60568	4,5	13459,56		
M250 2:15	101390	7,9	12834,18	97,08003	3,265393
M250 1:20	68539	5,5	12461,64		
M250 2:20	58917	4,8	12274,38	91,32871	0,977779
M250 1:30	67152	5,2	12913,85		
M250 2:30	96149	8	12018,63	92,05407	4,674369
M250 1:40	69995	6	11665,83		
M250 2:40	71372	5,6	12745	90,12811	5,634835
M300 1:15	68711	5,6	12269,82		
M300 2:15	48608	4,1	11855,61	89,07437	2,162793
M300 1:20	86948	6,7	12977,31		
M300 2:20	73472	6	12245,33	93,12543	3,822011
M300 1:30	68085	6,3	10807,14		
M300 2:30	58541	5	11708,2	83,1297	4,704841
M300 1:40	52336	4,6	11377,39		
M300 2:40	58346	4,7	12414,04	87,8412	5,412842

Vedlegg

Tabell 22: Nedbrytning av C18:1 i olivenolje (Montabes). Med M220 1:15 menes steketemperatur 220°C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Oliven	(Montabes)					
	C18:1	mg				
M1	622770	7,7	80879,22			
M2	532787	6,3	84569,37			
M3	456512	5,4	84539,26	83329,28		
M220 1:15	628497	7,8	80576,54	Gj.snitt	Std.avvik	
M220 2:15	356934	4,7	75943,4	93,91653	3,931536	
M220 1:20	480233	6,7	71676,57			
M220 2:20	340155	4,7	72373,4	86,43419	0,591315	
M220 1:30	336685	5,1	66016,67			
M220 2:30	261571	4	65392,75	78,84948	0,529437	
M220 1:40	334190	5,7	58629,82			
M220 2:40	209697	4,1	51145,61	65,86846	6,350876	
M250 1:15	298106	4,5	66245,78			
M250 2:15	523032	7,9	66206,58	79,47528	0,03326	
M250 1:20	323350	5,5	58790,91			
M250 2:20	278704	4,8	58063,33	70,11595	0,617399	
M250 1:30	278239	5,2	53507,5			
M250 2:30	413719	8	51714,88	63,13649	1,521167	
M250 1:40	254307	6	42384,5			
M250 2:40	275078	5,6	49121,07	54,90601	5,716448	
M300 1:15	301307	5,6	53804,82			
M300 2:15	203496	4,1	49633,17	62,06581	3,539935	
M300 1:20	347108	6,7	51807,16			
M300 2:20	290400	6	48400	60,12722	2,891215	
M300 1:30	215730	6,3	34242,86			
M300 2:30	190683	5	38136,6	43,42979	3,304111	
M300 1:40	135973	4,6	29559,35			
M300 2:40	157040	4,7	33412,77	37,78511	3,269893	

Vedlegg

Tabell 23: Nedbrytning av C18:2 i olivenolje (Montabes). Med M220 1:15 menes steketemperatur 220°C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Oliven	(Montabes)				
	C18:2				
M1	21561	7,7	2800,13		
M2	17621	6,3	2796,984		
M3	14868	5,4	2753,333	2783,482	
M220 1:15	15998	7,8	2051,026	Gj.snitt	Std.avvik
M220 2:15	7893	4,7	1679,362	67,00936	9,441629
M220 1:20	10204	6,7	1522,985		
M220 2:20	6638	4,7	1412,34	52,72757	2,81078
M220 1:30	4929	5,1	966,4706		
M220 2:30	3587	4	896,75	33,46924	1,771159
M220 1:40	3556	5,7	623,8596		
M220 2:40	1990	4,1	485,3659	19,92514	3,518251
M250 1:15	4856	4,5	1079,111		
M250 2:15	2196	7,9	277,9747	38,76838	20,35181
M250 1:20	4710	5,5	856,3636		
M250 2:20	4036	4,8	840,8333	30,48694	0,394527
M250 1:30	2831	5,2	544,4231		
M250 2:30	4747	8	593,375	20,43839	1,243559
M250 1:40	1877	6	312,8333		
M250 2:40	2099	5,6	374,8214	12,35242	1,574725
M300 1:15	3631	5,6	648,3929		
M300 2:15	2329	4,1	568,0488	21,85107	2,041035
M300 1:20	3407	6,7	508,5075		
M300 2:20	2798	6	466,3333	17,51117	1,071378
M300 1:30	1213	6,3	192,5397		
M300 2:30	1107	5	221,4	7,435644	0,733158
M300 1:40	447	4,6	97,17391		
M300 2:40	545	4,7	115,9574	3,828502	0,477171

Vedlegg

Tabell 24: C18:1 c-9 i soyaolje. Med S220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Soya	C19 intern standard		C18:1 trans-9		C(FAME)	C(Olje)		Gj.snitt	Std. avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
S220 1:15	3742	25,94	125	22,84	0,000481	2,086614	0,00023		
S220 2:15	3066	25,95	239	22,81	0,001122	1,968504	0,00057		
S220 3:15	3972	25,93	432	22,86	0,001565	2,992126	0,000523	0,000441	0,000183955
S220 1:20	3720	25,93	264	22,81	0,001021	1,614173	0,000633		
S220 2:20	3597	25,93	419	22,87	0,001676	2,401575	0,000698		
S220 3:20	3636	25,94	289	22,85	0,001144	1,771654	0,000645	0,000659	3,45798E-05
S220 1:30	3885	25,9	470	22,83	0,001741	2,834646	0,000614		
S220 2:30	3819	25,95	359	22,88	0,001353	1,771654	0,000763		
S220 3:30	3604	25,94	398	22,85	0,001589	2,952756	0,000538	0,000689	0,000105619
S220 1:40	4360	25,94	517	22,85	0,001706	2,440945	0,000699		
S220 2:40	4392	25,93	512	22,86	0,001677	2,598425	0,000645		
S220 3:40	3623	25,97			0	1,811024	0	0,000672	3,77935E-05
S250 1:15	4063	25,97	645	22,9	0,002284	3,543307	0,000645		
S250 2:15	3792	25,98	404	22,87	0,001533	2,637795	0,000581		
S250 3:15	3680	26	352	22,87	0,001376	1,811024	0,00076	0,000662	9,06406E-05
S250 1:20	3833	25,97	393	22,87	0,001475	2,086614	0,000707		
S250 2:20	4236	25,98	466	22,88	0,001583	2,598425	0,000609		
S250 3:20	3881	25,98	336	22,9	0,001246	2,047244	0,000608	0,000642	5,66906E-05
S250 1:30	4039	25,98	528	22,88	0,001881	2,401575	0,000783		
S250 2:30	4014	25,98	215	22,85	0,000771	1,732283	0,000445		
S250 3:30	4069	25,96	324	22,83	0,001146	1,574803	0,000727	0,000755	0,000181394
S250 1:40	4076	25,93	519	22,87	0,001832	1,968504	0,000931		
S250 2:40	4111	25,96	386	22,85	0,001351	1,574803	0,000858		
S250 3:40	3379,5	25,89	1109	22,85	0,004721	2,519685	0,001874	0,001221	0,000566728
S300 1:15	4554	25,94	910	22,84	0,002875	2,125984	0,001352		
S300 2:15	4327	25,93	991	22,84	0,003295	2,283465	0,001443		
S300 3:15	4634	25,92	1060	22,81	0,003291	2,047244	0,001608	0,001468	0,000129395
S300 1:20	4285	25,9	929	22,83	0,003119	1,732283	0,001801		
S300 2:20	4472	25,9	1101	22,81	0,003542	1,614173	0,002194		
S300 3:20	4476	25,88	2633	22,81	0,008464	1,692913	0,004999	0,001998	0,000278443
S300 1:30	4195	25,88	1073	22,84	0,00368	1,535433	0,002397		
S300 2:30	4410	25,85	1479	22,84	0,004825	1,732283	0,002786		
S300 3:30	4467	25,85	1563	22,81	0,005034	2,204724	0,002283	0,002489	0,000263336
S300 1:40	5187	25,78	3604	22,8	0,009997	2,598425	0,003847		
S300 2:40	4995	25,79	4042	22,8	0,011643	2,992126	0,003891		
S300 3:40	4741	25,8	1949	22,81	0,005915	1,968504	0,003005	0,003581	0,000499609

Vedlegg

Tabell 25: C18:2 c-9,t-12 i soyaolje. Med S220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Soya	C19 intern standard		C18:2 c-9, t-12		mg/2.54ml			Gjsnitt	std avvik
	Areal	RT	Areal	RT	C(FAME)	C(Olje)			
S220 1:15	3742	25,94	121	26,72	0,000527	2,086614	0,000252		
S220 2:15	3066	25,95	128	26,69	0,00068	1,968504	0,000345		
S220 3:15	3972	25,93	399	26,77	0,001636	2,992126	0,000547	0,000381	0,000150449
S220 1:20	3720	25,93	143	26,69	0,000626	1,614173	0,000388		
S220 2:20	3597	25,93	328	26,77	0,001485	2,401575	0,000618		
S220 3:20	3636	25,94	237	26,74	0,001061	1,771654	0,000599	0,000535	0,000127893
S220 1:30	3885	25,9	382	26,73	0,001601	2,834646	0,000565		
S220 2:30	3819	25,95	220	26,73	0,000938	1,771654	0,000529		
S220 3:30	3604	25,94	429	26,75	0,001938	2,952756	0,000656	0,000584	6,55235E-05
S220 1:40	4360	25,94	295	26,76	0,001102	2,440945	0,000451		
S220 2:40	4392	25,93	364	26,75	0,001349	2,598425	0,000519		
S220 3:40	3623	25,97			0	1,811024	0	0,000485	0,000282272
S250 1:15	4063	25,97	712	26,8	0,002853	3,543307	0,000805		
S250 2:15	3792	25,98	487	26,78	0,002091	2,637795	0,000793		
S250 3:15	3680	26	265	26,74	0,001173	1,811024	0,000647	0,000749	8,77431E-05
S250 1:20	3833	25,97	381	26,75	0,001619	2,086614	0,000776		
S250 2:20	4236	25,98	536	25,76	0,00206	2,598425	0,000793		
S250 3:20	3881	25,98	336	26,74	0,00141	2,047244	0,000689	0,000752	5,59274E-05
S250 1:30	4039	25,98	514	26,76	0,002072	2,401575	0,000863		
S250 2:30	4014	25,98	371	26,74	0,001505	1,732283	0,000869		
S250 3:30	4069	25,96	242	26,72	0,000968	1,574803	0,000615	0,000782	0,000144867
S250 1:40	4076	25,93	428	26,74	0,00171	1,968504	0,000869		
S250 2:40	4111	25,96	200	26,73	0,000792	1,574803	0,000503		
S250 3:40	3379,5	25,89	771	26,73	0,003715	2,519685	0,001474	0,001171	0,00042832
S300 1:15	4554	25,94	1685	26,73	0,006025	2,125984	0,002834		
S300 2:15	4327	25,93	1602	26,72	0,006028	2,283465	0,00264		
S300 3:15	4634	25,92	1682	26,72	0,00591	2,047244	0,002887	0,002787	0,000129941
S300 1:20	4285	25,9	1407	26,67	0,005347	1,732283	0,003086		
S300 2:20	4472	25,9	1423	26,68	0,005181	1,614173	0,00321		
S300 3:20	4476	25,88	1429	26,67	0,005198	1,692913	0,003071	0,003122	7,62008E-05
S300 1:30	4195	25,88	1279	26,67	0,004964	1,535433	0,003233		
S300 2:30	4410	25,85	1594	26,65	0,005885	1,732283	0,003398		
S300 3:30	4467	25,85	1884	26,65	0,006867	2,204724	0,003115	0,003249	0,000141938
S300 1:40	5187	25,78	2496	26,63	0,007835	2,598425	0,003015		
S300 2:40	4995	25,79	2768	26,64	0,009023	2,992126	0,003016		
S300 3:40	4741	25,8	1777	26,62	0,006103	1,968504	0,0031	0,003044	4,89701E-05

Vedlegg

Tabell 26: C18:2 t-9,c-12 i soyaolje. Med S220 1:15 menes steketemperatur 220 °C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i gram/gram olje.

Soya	C19 intern standard		C18:2 t-9, c-12		C(FAME)	C(Olje)		Gj.snitt	Std.avvik
	Areal	RT	Areal	RT					
S220 1:15	3742	25,94			0	2,086614	0		
S220 2:15	3066	25,95	10	27,19	5,31E-05	1,968504	2,7E-05		
S220 3:15	3972	25,93			0	2,992126	0		
S220 1:20	3720	25,93			0	1,614173	0		
S220 2:20	3597	25,93			0	2,401575	0		
S220 3:20	3636	25,94			0	1,771654	0		
S220 1:30	3885	25,9	56	27,28	0,000235	2,834646	8,28E-05		
S220 2:30	3819	25,95	16	27,26	6,82E-05	1,771654	3,85E-05		
S220 3:30	3604	25,94	86	27,27	0,000389	2,952756	0,000132	8,42981E-05	
S220 1:40	4360	25,94	7	27,23	2,61E-05	2,440945	1,07E-05		
S220 2:40	4392	25,93	59	27,25	0,000219	2,598425	8,42E-05		
S220 3:40	3623	25,97			0	1,811024	0	4,74452E-05	
S250 1:15	4063	25,97	21	27,33	8,42E-05	3,543307	2,38E-05		
S250 2:15	3792	25,98	8	27,3	3,44E-05	2,637795	1,3E-05		
S250 3:15	3680	26	22	27,33	9,73E-05	1,811024	5,38E-05	3,01751E-05	2,11099E-05
S250 1:20	3833	25,97	74	27,22	0,000314	2,086614	0,000151		
S250 2:20	4236	25,98	95	27,29	0,000365	2,598425	0,000141		
S250 3:20	3881	25,98	7	27,25	2,94E-05	2,047244	1,43E-05	0,000101846	7,59461E-05
S250 1:30	4039	25,98	59	27,3	0,000238	2,401575	9,9E-05		
S250 2:30	4014	25,98	12	27,19	4,87E-05	1,732283	2,81E-05		
S250 3:30	4069	25,96	25	27,21	0,0001	1,574803	6,35E-05	6,35562E-05	3,54701E-05
S250 1:40	4076	25,93	110	27,23	0,000439	1,968504	0,000223		
S250 2:40	4111	25,96	19	27,22	7,53E-05	1,574803	4,78E-05		
S250 3:40	3379,5	25,89	300	27,23	0,001445	2,519685	0,000574	0,00028156	0,000267745
S300 1:15	4554	25,94	754	27,23	0,002696	2,125984	0,001268		
S300 2:15	4327	25,93	732	27,24	0,002755	2,283465	0,001206		
S300 3:15	4634	25,92	707	27,21	0,002484	2,047244	0,001213	0,001229291	3,37917E-05
S300 1:20	4285	25,9	668	27,16	0,002538	1,732283	0,001465		
S300 2:20	4472	25,9	685	27,19	0,002494	1,614173	0,001545		
S300 3:20	4476	25,88	684	27,15	0,002488	1,692913	0,00147	0,001493438	4,48416E-05
S300 1:30	4195	25,88	546	27,17	0,002119	1,535433	0,00138		
S300 2:30	4410	25,85	809	27,13	0,002987	1,732283	0,001724		
S300 3:30	4467	25,85	1045	27,15	0,003809	2,204724	0,001728	0,001610782	0,000199642
S300 1:40	5187	25,78	1779	27,12	0,005585	2,598425	0,002149		
S300 2:40	4995	25,79	1966	27,12	0,006409	2,992126	0,002142		
S300 3:40	4741	25,8	1119	27,1	0,003843	1,968504	0,001952	0,002081159	0,000111617

Vedlegg

Tabell 27: Nedbrytning av C16:0 i soyaolje. Med S220 1:15 menes steketemperatur 220°C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Soya					
	C16:0	mg	Kor. Areal	avg	
S1	84082	7,5	11210,93		
S2	53447	4,3	12429,53		
S3	72115	5,8	12433,62	12024,7	
S220 1:15	51211	5,3	9662,453		
S220 2:15	52737	5	10547,4	Gj.snitt	Std.avvik
S220 3:15	92980	7,6	12234,21	94,72842	10,86553
S220 1:20	49506	4,1	12074,63		
S220 2:20	82388	6,1	13506,23		
S220 3:20	63521	4,5	14115,78	106,368	8,713715
S220 1:30	82451	7,2	11451,53		
S220 2:30	55661	4,5	12369,11		
S220 3:30	80653	7,5	10753,73	95,84268	6,73761
S220 1:40	79293	6,2	12789,19		
S220 2:40	81719	6,6	12381,67		
S220 3:40	47979	4,6	10430,22	98,68878	10,4858
S250 1:15	106050	9	11783,33		
S250 2:15	76743	6,7	11454,18		
S250 3:15	54929	4,6	11941,09	97,51764	2,066007
S250 1:20	64837	5,3	12233,4		
S250 2:20	80077	6,6	12132,88		
S250 3:20	61479	5,2	11822,88	100,319	1,779489
S250 1:30	72844	6,1	11941,64		
S250 2:30	55212	4,4	12548,18		
S250 3:30	48204	4	12051	101,2938	2,688432
S250 1:40	60819	5	12163,8		
S250 2:40	49526	4	12381,5		
S250 3:40	92030	6,4	14379,69	102,062	10,15709
S300 1:15	62077	5,4	11495,74		
S300 2:15	63047	5,8	10870,17		
S300 3:15	65440	5,2	12584,62	96,88541	7,215087
S300 1:20	50576	4,4	11494,55		
S300 2:20	50365	4,1	12284,15		
S300 3:20	67624	4,3	15726,51	98,8744	4,643212
S300 1:30	42490	3,9	10894,87		
S300 2:30	49655	4,4	11285,23		
S300 3:30	62143	5,6	11096,96	92,24644	1,62348
S300 1:40	76544	6,6	11597,58		
S300 2:40	80212	7,6	10554,21		
S300 3:40	57486	5	11497,2	93,27744	4,786843

Vedlegg

Tabell 28: Nedbrytning av C18:1 i soyaolje. Med S220 1:15 menes steketemperatur 220°C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Soya					
	C18:1		kor. Areal	avg	
S1	179491	7,5	23932,13		
S2	115078	4,3	26762,33		
S3	148819	5,8	25658,45	25450,97	
S220 1:15	99501	5,3	18773,77		
S220 2:15	100049	5	20009,8	Gj.snitt	Std.avvik
S220 3:15	195116	7,6	25673,16	89,74699	14,45459
S220 1:20	93719	4,1	22858,29		
S220 2:20	166076	6,1	27225,57		
S220 3:20	121744	4,5	27054,22	98,39285	9,71857
S220 1:30	155634	7,2	21615,83		
S220 2:30	98713	4,5	21936,22		
S220 3:30	151440	7,5	20192	83,48609	3,648046
S220 1:40	144743	6,2	23345,65		
S220 2:40	151658	6,6	22978,48		
S220 3:40	85641	4,6	18617,61	85,0547	10,33421
S250 1:15	224457	9	24939,67		
S250 2:15	154663	6,7	23084,03		
S250 3:15	102313	4,6	22241,96	92,02748	5,423072
S250 1:20	119411	5,3	22530,38		
S250 2:20	156877	6,6	23769,24		
S250 3:20	114201	5,2	21961,73	89,40242	3,631427
S250 1:30	133655	6,1	21910,66		
S250 2:30	96460	4,4	21922,73		
S250 3:30	87894	4	21973,5	86,18779	0,131033
S250 1:40	99166	5	19833,2		
S250 2:40	83190	4	20797,5		
S250 3:40	163738	6,4	25584,06	79,82152	2,679124
S300 1:15	111104	5,4	20574,81		
S300 2:15	112566	5,8	19407,93		
S300 3:15	115217	5,2	22157,12	81,38506	5,421457
S300 1:20	88446	4,4	20101,36		
S300 2:20	84951	4,1	20719,76		
S300 3:20	121131	4,3	28170	80,19561	1,718086
S300 1:30	65808	3,9	16873,85		
S300 2:30	79492	4,4	18066,36		
S300 3:30	97607	5,6	17429,82	68,58944	2,344556
S300 1:40	105795	6,6	16029,55		
S300 2:40	112313	7,6	14778,03		
S300 3:40	84625	5	16925	62,51572	4,237153

Vedlegg

Tabell 29: Nedbrytning av C18:2 i soyaolje. Med S220 1:15 menes steketemperatur 220°C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Soya					
	C18:2		kor. Areal	avg	
S1	378618	7,5	50482,4		
S2	229865	4,3	53456,98		
S3	320562	5,8	55269,31	53069,56	
S220 1:15	190103	5,3	35868,49		
S220 2:15	195621	5	39124,2	Gj.snitt	Std.avvik
S220 3:15	363992	7,6	47893,68	81,98474	11,71992
S220 1:20	167873	4,1	40944,63		
S220 2:20	296255	6,1	48566,39		
S220 3:20	218601	4,5	48578	84,33368	8,298126
S220 1:30	255089	7,2	35429,03		
S220 2:30	164360	4,5	36524,44		
S220 3:30	253805	7,5	33840,67	66,44998	2,542725
S220 1:40	213419	6,2	34422,42		
S220 2:40	225030	6,6	34095,45		
S220 3:40	124110	4,6	26980,43	59,9831	7,924362
S250 1:15	409269	9	45474,33		
S250 2:15	286813	6,7	42807,91		
S250 3:15	190056	4,6	41316,52	81,40182	3,969124
S250 1:20	207025	5,3	39061,32		
S250 2:20	266321	6,6	40351,67		
S250 3:20	199988	5,2	38459,23	74,0363	1,821858
S250 1:30	213672	6,1	35028,2		
S250 2:30	147855	4,4	33603,41		
S250 3:30	122833	4	30708,25	62,396	4,147922
S250 1:40	134066	5	26813,2		
S250 2:40	103399	4	25849,75		
S250 3:40	214814	6,4	33564,69	54,16013	7,921282
S300 1:15	175713	5,4	32539,44		
S300 2:15	173909	5,8	29984,31		
S300 3:15	185368	5,2	35647,69	61,66212	5,344286
S300 1:20	114331	4,4	25984,32		
S300 2:20	109751	4,1	26768,54		
S300 3:20	138051	4,3	32104,88	53,29969	6,275704
S300 1:30	67719	3,9	17363,85		
S300 2:30	82014	4,4	18639,55		
S300 3:30	118380	5,6	21139,29	35,89168	3,618846
S300 1:40	86894	6,6	13165,76		
S300 2:40	90350	7,6	11888,16		
S300 3:40	83492	5	16698,4	26,2249	4,695085

Vedlegg

Tabell 30: Nedbrytning av C18:3 i soyaolje. Med S220 1:15 menes steketemperatur 220°C, steketid 15min, parallell 1. Gj.snitt er gitt i % av startmengde.

Soya					
	C18:3				
S1	28584	7,5	3811,2		
S2	15510	4,3	3606,977		
S3	21715	5,8	3743,966	3720,714	
S220 1:15	10430	5,3	1967,925		
S220 2:15	11309	5	2261,8	Gj.snitt	Std.avvik
S220 3:15	22077	7,6	2904,868	69,43114	12,8791
S220 1:20	9210	4,1	2246,341		
S220 2:20	18209	6,1	2985,082		
S220 3:20	12704	4,5	2823,111	70,30134	10,43602
S220 1:30	13991	7,2	1943,194		
S220 2:30	8196	4,5	1821,333		
S220 3:30	14224	7,5	1896,533	50,71662	1,652505
S220 1:40	10107	6,2	1630,161		
S220 2:40	10888	6,6	1649,697		
S220 3:40	5420	4,6	1178,261	39,93964	7,168603
S250 1:15	27336	9	3037,333		
S250 2:15	18312	6,7	2733,134		
S250 3:15	10715	4,6	2329,348	72,56506	9,545431
S250 1:20	11334	5,3	2138,491		
S250 2:20	15682	6,6	2376,061		
S250 3:20	10891	5,2	2094,423	59,20883	4,071617
S250 1:30	10692	6,1	1752,787		
S250 2:30	6801	4,4	1545,682		
S250 3:30	5179	4	1294,75	41,14997	6,164613
S250 1:40	5300	5	1060		
S250 2:40	3898	4	974,5		
S250 3:40	8808	6,4	1376,25	30,55641	5,687927
S300 1:15	7454	5,4	1380,37		
S300 2:15	6193	5,8	1067,759		
S300 3:15	8023	5,2	1542,885	35,75491	6,490209
S300 1:20	2766	4,4	628,6364		
S300 2:20	2675	4,1	652,439		
S300 3:20	4988	4,3	1160	21,86924	8,066939
S300 1:30	1001	3,9	256,6667		
S300 2:30	1493	4,4	339,3182		
S300 3:30	2930	5,6	523,2143	10,02674	3,667062
S300 1:40	1006	6,6	152,4242		
S300 2:40	1058	7,6	139,2105		
S300 3:40	1248	5	249,6	4,848843	1,620175



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no