



Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for veterinærmedisin og biovitenskap
Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap

Masteroppgave 2015
30 stp

Lipolyse av *ex vivo* fordøya olje/vatn-emulsjon ved bruk av Offline SPE-GC-MS

Lipolysis of Oil/Water Emulsion Using an *Ex vivo*
Digestion Model and Offline SPE-GC-MS

Liv Nedrebø

Forord

Denne masteroppgåva vart utført hjå forskingsgruppa for naturstoffkjemi og organisk analyse ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitskap (IKBM) ved Noregs miljø- og biovitskaplege universitet (NMBU). Oppgåva utgjer 30 studiepoeng og er avslutninga på ein femårig master i kjemi og bioteknologi. Masteroppgåva vart utført i perioden januar til august 2015, og alt praktisk arbeid er utført ved IKBM.

Eg vil gjerne få takka min hovudvegleiar, førsteamanuensis Dag Ekeberg, for hjelp med utforming av oppgåva, og for konstruktive og pedagogiske tilbakemeldingar under vegs. Medvegleiar Dr. Hanne Marie Devle fortener også ein stor takk, særlig for opplæring og oppfølging på laboratoriet. Takk også til Carl Fredrik Næss-Andresen som stadig engasjera seg og minner om å lyfte blikket. Anne Kristin Kjernlie, mi kloke studieveninne, takk for oppmuntring og korrekturlesing.

Noregs miljø- og biovitskaplege universitet

Ås, august 2015

Liv Nedrebø

Samandrag

Kunnskap om lipidsamansetjing og –fordøying er nyttig i samband med helse og ernæring. I denne oppgåva vart det undersøkt grad av lipolyse i to *ex vivo* fordøya olje/vatn-emulsjonar stabilisert med myseprotein åleine samt myseprotein og kitosan.

Lipida frå dei fordøya prøvane vart ekstraherte ved bruk av ein SPE-robot og deretter esterifiserte før GC-MS-analyse. Feittsyreprofilane frå dei to emulsjonane vart deretter samanlikna for å sjå om det var mogleg å observera skilnad i fordøyinga av lipid.

Gastrisk fordøying av nøytrale lipid i begge dei to olje/vatn-emulsjonane viste 0.9%. Etter 60 minutt duodenal fordøying vart det observert ein liten skilnad i total lipolyse for dei nøytrale lipida, det vil seie 78.2% for emulsjon utan kitosan, samt 76.8% for emulsjon med kitosan.

Lipolyse av nøytrale lipid tydar frigjering av frie feittsyrer. Det vart funne auka mengde frie feittsyrer ved fordøying som stemmer godt over eins med den påviste lipolysen, dette gjeld for begge emulsjonar.

Kort oppsummert kan ein seie at det var ein liten skilnad i lipidfordøyelse for emulsjonane, og at ein ser potensielt interessante skilnadar under vegs i fordøyinga.

Abstract

Knowledge of lipid digestion is very important when it comes to nutrition and human health. In this thesis, the degree of lipolysis in *ex vivo* digested oil/water emulsions stabilized with whey protein concentrate was analyzed to investigate if the presence of chitosan affects the digestibility.

Lipids from the digested samples was extracted by use of a SPE-robot, and thereafter esterified prior to the analysis by GC-MS. The fatty acid profiles for emulsion with and without chitosan were compared to find a potential difference in the digestion of lipids.

Gastric digestion of neutral lipids in both emulsions was 0.9%. After 60 minutes of duodenal digestion, there was a small difference in total lipolysis for the neutral lipids, 78.2% for emulsion without chitosan and 76.8% for the emulsion with chitosan.

Lipolysis of neutral lipids results in a release of free fatty acids. An increase in the amount of free fatty acids that corresponds to the neutral lipid degradation was observed, and this applies for both emulsions.

In summary: there was a small difference in the total lipid digestion for the oil/water emulsions, and the lipolysis is somewhat lower in the emulsion where chitosan is present. There was also observed a few potentially interesting differences during duodenal digestion.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Samandrag.....	II
Abstract	III
1 Introduksjon	1
1.1 Hensikt.....	1
1.2 Lipid	2
1.3 Det humane fordøyingssystemet	8
1.4 Fordøying av lipid	9
1.5 Fordøyingsmodeller.....	11
1.6 Lipidanalyse	11
1.7 Fastfaseekstraksjon	14
1.8 Gasskromatografi	15
1.9 Massespektrometri	16
2 Material og metodar	17
2.1 Material	17
Lipidprøvar.....	17
Løysingar.....	17
2.2 Metodar.....	17
Lipidekstraksjon ved SPE-robot	17
Lipidseparasjon ved fastfaseekstraksjon	18
Dannelse av FAME.....	18
Eksperimentelle parameterar for GC-MS.....	19
3 Resultat og diskusjon.....	20
3.1 Kontrollprøvane.....	20
3.2 Lipidfraksjonane av emulsjon utan kitosan	21
3.3 Lipidfraksjonane av emulsjon med kitosan	24
3.4 Kitosan sin påverknad på lipolyse og fordøying	27
3.5 Nøyaktighet av analysa.....	28
4 Konklusjon	28
5 Vidare arbeid	29
6 Referansar	30

1 Introduksjon

1.1 Hensikt

Hensikta med denne oppgåva var å undersøka grad av lipolyse i ein fordøya olje/vatn-emulsjon. Lipidfraksjonen som vart analysert var ekstrahert frå ein *ex vivo* fordøya emulsjon av rapsolje og vatn. Det vart laga éin emulsjon stabilisert med myseprotein, og éin som vart stabilisert med både kitosan og myseprotein.

Protein, som har høg overflateaktivitet, nyttast til å stabilisera emulsjonar medan polysakkarid syter for auka viskositet (Bryant & McClements 1998). Kombinasjonen av protein og polysakkarid kan medføre ein endå meir stabil emulsjon, nettopp på grunn av molekylære interaksjonar mellom ulike ladningar (Turgeon et al. 2007). Myseprotein har høg emulsjonsaktivitet og blir difor nytta i matindustrien som stabilisator (De Wit & Fox 1989). Kitosan, eit polysakkarid som mellom anna finnst i rekeskal, er eit kosttilskot med høgt fiberinnhald og vatn/feittbindingskapasitet (Rodríguez et al. 2002). Kitosan betrar stabiliteten til proteindekka lipiddropar. Det er også vist at kitosan redusera absorpsjonen av lipid tilført gjennom kosten under human fordøying (Koide 1998).

Målet med dette forsøket var å undersøka om tilgjengelegheita av rapsoljelipid var lik i dei to emulsjonane. Ved å sjå på feittsyresamansetjinga i emulsjonane før og etter fordøying kan ein seie noko om korleis lipida fordøyast *in vivo*. Det er interessant å vite meir om korleis ein emulsjon oppføra seg i fordøyingssystemet fordi tilgjengelegheita til lipida kan knytast til ernæring og helse. Kunnskap om lipolyse kan forklare kvifor nokre typar feitt er betre for kroppen enn anna.

1.2 Lipid

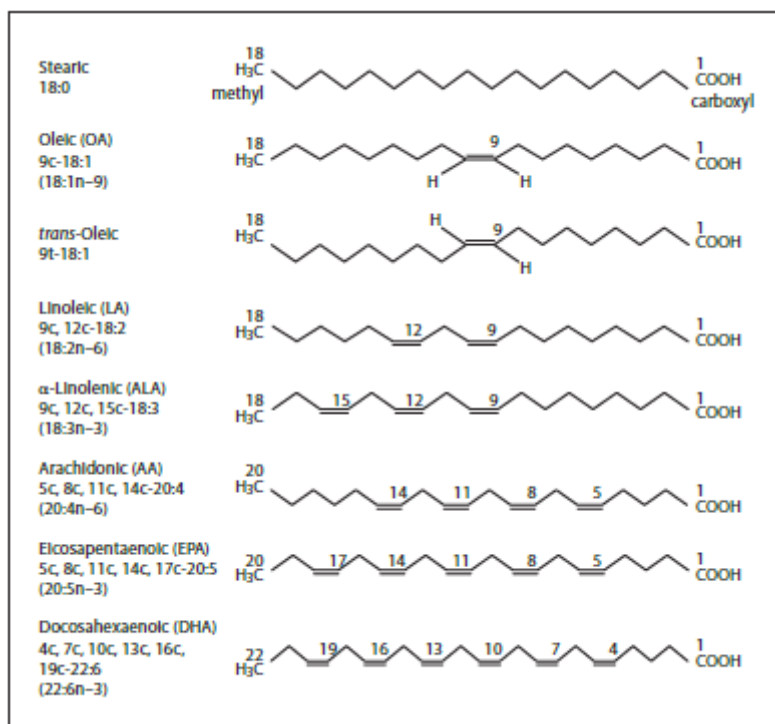
Ordet lipid kjem opphavleg frå gresk *lipos*, som tydar feitt (Oxford Dictionaries 2015). Lipid er feittsyrer eller derivat av feittsyrer som er uløselege i vatn men løselege i upolare organiske løysemiddel (Hart et al. (2007)). Lipid varierar betydelig i kjemisk struktur, og kjem i form av både esterar og hydrokarbon, asykliske og sykliske forbindelsar.

Ratnayake og Galli (2009) klassifiserar lipid i følgjande åtte kategoriar: feittsyrer, glyserolipid, glyserofosfolipid, sphingolipid, sterol-lipid, prenol-lipid, sakkarolipid og polyketid. Fosfolipid og nøytrale lipid er dei to vanlegaste feittstoffa i menneskekroppen. Alle biologiske membranar består av lipid, kor av størsteparten er fosfolipid. Nøytrale lipid som til dømes kolesterol inngår òg i enkelte membranar.

Feittsyrer

Feittsyrer kjenneteiknast ved at dei består av ein repeterande serie av metylengrupper og er av hydrofob karakter (Ratnayake & Galli 2009).

Kjemisk sett er ei feittsyre ei karboksylsyre med ei alifatisk kjede. Dei dominerande feittsyrene er rette kjeder, og kan vere metta eller innehalde karbondobbelbindingar med eit partal karbonatom. Feittsyrer som inneheld ei eller fleire dobbelbindingar er umetta. Ei feittsyre med berre ei dobbelbinding kallast monoumetta (MUFA). Meir enn ei dobbelbinding gir polyumetta feittsyre (PUFA). I nærast alle naturleg førekomne umetta feittsyrer er dobbelbindingane i *cis*-konfigurasjon, og dei er typisk posisjonert ved 3., 6. eller 9. karbonatom frå terminalmetylgruppa. *cis*-konfigurasjon tydar at hydrogenatoma bundne til dobbelbindinga er på same side av kjeda. Når hydrogenatoma er på motsett side kallast bindinga *trans*. I dei aller fleste naturlege PUFA er dobbelbindinga arrangerte i eit CH₂-forstyrra mønster, dette tydar at dobbelbindingane berre er separerte med ei enkel metylengruppe. Kjedelenga variera frå 4 karbonatom i feittsyrer som vert tilført gjennom kosten, til 30 karbonatom, som mellom anna finnast i nokre marine lipid.



Figur 1: Struktur, trivialnamn og IUPAC-namn til nokre vanlege feittsyrer i kosten (Ratnayake & Galli 2009)

I figur 1 kan ein ulike døme på feittsyrer som er vanlege i kosten, inkludert trivialnamn, struktur samt IUPAC-namn. Stearinsyre har 18 karbonatom og er eit døme på ei metta feittsyre. Oljesyre, som også har 18 karbonatom, er eit døme på ei monoumetta, eller einumetta, feittsyre då den har ei dobbeltbinding ved 9. C-atom. Oljesyre er ei ω -9-feittsyre. Linolsyre er eit døme på ei PUFA, altså ei fleirumetta feittsyre. Linolsyre har dobbeltbindingar ved 9. og 12. karbonatom, og er ei ω -6-feittsyre.

Feittsyrer er ein viktig byggjestein, og finnst mellom anna i blodlipid, i feittlager og i strukturelle lipid i biologisk material. Feittsyrer som vert tilført gjennom kosten er derivert frå asylglyserol, frie feittsyrer, fosfolipid og sterolesterar. Av desse er triacylglycerid hovudkjelda. 100 g triglyserid (TG) gir om lag 95 g feittsyrer (Ratnayake & Galli 2009).

Konsentrasjonen av frie feittsyrer i blodet er lågare enn for dei andre blodlipida, men frie feittsyrer utgjer framleis den kvantitativt viktigaste delen av lipidtransporten. Dette er mogleg fordi frie feittsyrer omsetjast svært raskt. Hormonell stimulering av feittvevlipasen aukar tilførsel av frie feittsyrer til blodet. Under svolt eller andre tilstander som redusera tilførsel av glukose til cellene stig konsentrasjonen av frie feittsyrer i blodet markant.

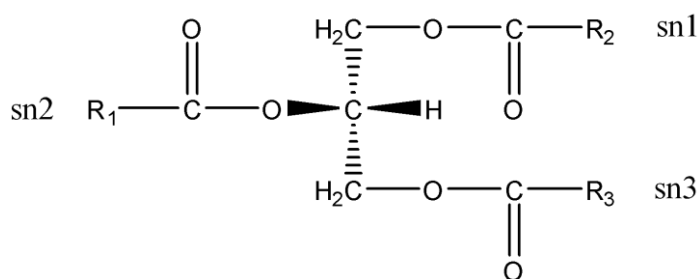
I matvarer har innhaldet av frie feittsyrer påverknad både på smak og haldbarhet, fordi dei er utsette for oksidasjon.

Glyserolipid

I denne kategorien finnast alle lipid som inneheld glyserol, som til dømes feittsyreesterane av glyserol, asylglyserol. Asylglyserol, eller meir korrekt asylglyserid, er esterar av glyserol og feittsyrer. Nemningane mono, di og tri beskriv kor mange feittsyrer glyserolmolekylet er esterifisert med. Asylglyserid er ikkje ladde og kallast difor gjerne nøytrale lipid.

Triacylglycerol (TG) utgjer storparten av lipid i frøoljer samt lagringsfeitt i dyrevev. Bestemte feitt og oljer består ikkje av eit enkelt triglyserid, men av ei kompleks blanding av ulike triglyserid, og difor er det vanlig å uttrykke feittprofilen i prosentdel. Planteoljer har ein mykje høgare prosentdel umetta feitt enn animalsk feitt. Om lag 90% av olivenolja er umetta feittsyrer (olje og linolsyre), og om lag 8% metta feittsyrer (myristin- palmitin- og stearinsyre) (Hart et al. 2007).

Konvensjonelt nummererast dei tri karbonatoma i glyserolmolekylet frå botn og opp. For å bestemma stereokjemien til asylglyserol teiknast molekylet i ein Fisher-projeksjon med den sekundære hydroksylgruppa til venstre for det sentrale prokirale karbonatomet, og deretter nummererast karbona 1, 2 og 3 frå øvst til nedst. Molekyl som nummererast på denne måten blir gitt prefikset «sn» framfor «glyserol» i namnet til forbindelsen, for å skilje mellom denne nummereringa og den konvensjonelle.



Figur 2: Generell kjemisk struktur til eit triglyserid, med spesifikk nummerering (sn) av hydrokarbonkjedene til feittsyrene; R₁, R₂ og R₃ (Christie 1993)

Fordelinga av feittsyrer i tredje posisjon i glyserolmolekylet i TG har nokre ernæringsmessige implikasjonar. Spesielt er sn-2 viktig, dette fordi desse feittsyrene absorberast som 2-

monoacyl-sn-glycerol og dermed nyttast som det i resyntesen av TG og glyserol PL som skjer etter feittabsorpsjon.

I frøoljer er generelt PUFA berika i sn-2-posisjonen medan metta feittsyrer (SFA) er konsentrerte i sn-1- og sn-3-posisjonane. Monoumeitta feitt (MUFA) er relativt jamt fordelt. I det meste av feittet i kosten er SFA i sn-1-posisjon, sjølv om ei betydelig mengd oljesyre (OA) vanlegvis også er til stades. Sn-2-posisjonen tendera til å innehalde mest PUFA, spesielt linolsyre (LA) (Ratnayake & Galli 2009).

Feittsyrenomenklatur

Det er ei rekke system for feittsyrenomenklatur, men nokre av dei manglar informasjon om strukturen til feittsyrene. Eit kjemisk namn må beskriva kjemisk struktur eintydig, og for feittsyrer gjer ein dette ved å nytte systematisk nomenklatur anbefalt av IUPAC (International Union og Pure and Applied Chemistry). IUPAC-systemet namngir feittsyrer etter tal på karbonatom, samt tal på og posisjonen til umetta feittsyrer frå karboksylgruppa. Konfigurasjonen til dobbeltbindingar, lokalisasjonen til forgreina kjeder og heteroatom samt andre strukturelle funksjonar er også identifisert. Karbonet til karboksylgruppa reknast som nummer éin, og karbonatoma i feittsyrekjeda nummererast konsekvent frå karboksylkarbonet. Bindingar identifiserast ved det lågast nummererte karbonatommet av dei to involverte. Dobbeltbindingar merkast Z eller E, eventuelt høvevis *cis* og *trans* der det passer seg slik.

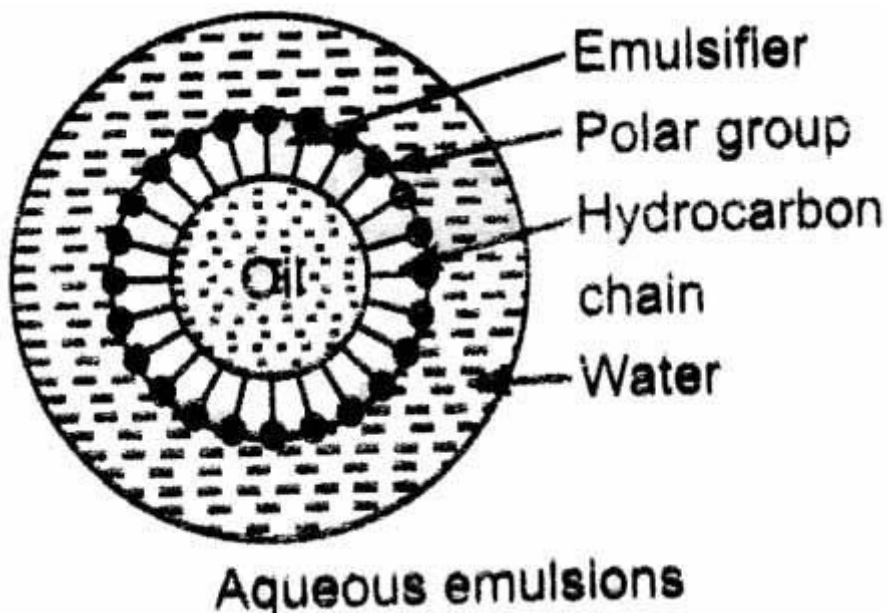
Common name	Systematic name	Abbreviation	Typical sources
Butyric	butanoic	C4:0	dairy fat
Caproic	hexanoic	C6:0	dairy fat
Caprylic	octanoic	C8:0	dairy fat, coconut and palm kernel oils
Capric	decanoic	C10:0	dairy fat, coconut and palm kernel oils
Lauric	dodecanoic	C12:0	coconut oil, palm kernel oil
Myristic	tetradecanoic	C14:0	dairy fat, coconut oil, palm kernel oil
Palmitic	hexadecanoic	C16:0	most fats and oils
Stearic	octadecanoic	C18:0	most fats and oils
Arachidic	eicosanoic	C20:0	peanut oil
Behenic	docosanoic	C22:0	peanut oil
Lignoceric	tetracosanoic	C24:0	peanut oil

Figur 3: Oversikt over nokre vanlege feittsyrer (Ratnayake & Galli 2009)

IUPAC-nomenklatur er presis og tydelig, men feittsyrenamna blir fort lange og kompliserte og nettopp difor er det nyttig å ta i bruk «trivialnamn» eller historiske namn og forkortingar, også innan akademisk skrivning. Grunnlaget for alle forkortingar er forma C:D, der C er talet på karbonatom og D er talet på dobbeltbindingar i kjeda.

Emulsjon og emulgatorar

Ein emulsjon er ei finfordelt mengde ikkje-løyslege små dropar eller partiklar av ei væske i ei anna væske, og ein nyttar gjerne uttrykka dispersent fase og kontinuerleg fase for å beskrive dei to komponentane i emulsjonen.



Figur 4: Illustrasjon av olje/vatn-emulsjon med emulgator (<http://www.sciencehq.com/chemistry/emulsion.html>)

Ein emulsjon kan stabiliserast ved å tilsetje ein emulgator, som er eit molekyl med ein feittoppløysleg (hydrofob/lipofil) ende og ein vassoppløysleg (hydrofil) ende. Emulgatorar senkar overflatespenninga mellom fasane og førar gjerne til ei elektrisk ladning av den dispergente fasen slik at til dømes feittpartiklane fråstøytar kvarandre i staden for å klumpe seg saman. Emulgatorar nyttast til dømes som tilsetjing i næringsmiddel mellom anna for å blande feitt og vatn, som eksempelvis i margarin og majones. Gallesyre er eit anna døme på ein emulgator. Gallesyra skiljast ut frå leveren saman med gallen og emulgera feitt i maten slik at det lettare kan absorberast.

Kitosan

Kitin er eit lineært polysakkarid bygd opp av N-acetyl-glukosamin-einingar som er bundne til kvarandre med β -1,4-glykosidbindingar. Kitin finnst i hyfeveggen hjå fleire sopper, samt i skjella hjå nokre eincella algar. Kitin utgjer hovuddelen av hudskjelettet hjå krepsdyr og insekt. Kitosan er ein organisk forbindelse som lagast ved deacetylering av kitin, og blir nytta mellom anna i kosttilskot som nyttast ved slanking. Kitosan redusera plasmakolesterol og triglyserid på grunn av evna til å binde lipid tilført gjennom kosten og dermed også redusera intestinal lipidabsorbering (Koide 1998). Kitosan dannar gel i tarmen som fangar opp lipid og anna næringsstoff, feitt og løyselige vitaminer og mineralar, og forstyrrar dermed absorberinga (Koide 1998). Når kitin-kitosan nyttast som kosttilskot er det vist å redusera

plasmakolesterol og triglyserid samt ha ein positiv effekt på HDL-kolesterol/totalt kolesterol-ratio (Koide 1998).

Myseproteinkonsentrat

Myse er eit biprodukt i osteproduksjonen, og er den resterande væska etter at feitt og kasein, ostemassen, er fjerna frå mjølka. Myse inneheld mesteparten av vatnet frå mjølka, salt, laktose, myseprotein, samt rester av feitt.

Myse består av 6% protein, og myseproteina er i hovudsak α -lactalbumin og β -lactoglobulin, men også små mengder blodserumalbumin og immunoglobulin og spormengder av mellom anna laktoferrin.

Ein metode for å utvinne protein frå myse er ultrafiltrering. Ved ultrafiltrering produserast det myseproteinkonsentrat («Whey Protein Concentrate», WPC) med ein proteinkonsentrasjon på 30-80%. Myseproteinkonsentrat har gode funksjonelle eigenskapar og nyttast til dømes som ingrediens i gele, skum og emulsjonar.

1.3 Det humane fordøyingssystemet

Kroppen treng regelmessig tilførsel av næringsstoff for å skaffe energi til cellene som reparera, byggjer, vedlikehalda og dannar nye celler og nytt vev. Det føregår tusenvis av kjemiske reaksjonar i kroppen heile tida, og desse er energikrevjande. Fordøyingssystemet si hovudoppgåve er å bryte ned næringsstoff slik at dei kan takast opp i sirkulasjonssystemet og spreia ut til cellene i kroppen.

Det humane fordøyingssystemet er ein om lag åtte meter lang kanal som strekk seg frå munnhola til endetarmsopninga. Fordøyingssystemet består totalt av sju organ som saman med kjertlane arbeider med å bryte ned føda slik at næringsstoffa kan absorberast og takast opp i blodstraumen.

Hjå mennesket byrjar fordøyinga ved at maten tyggjast til mindre biter. Samstundes syter spyttkjertlane for å skilje ut spytt. Spyttet er basisk, og inneheld enzymet amylase som spalter polysakkarid til disakkarid.

I celleveggane i magesekken sit det små celler, magekjertlar, som skil ut magesyre. Magesyra er ei sur væske som består av saltsyre, enzym, slim og vatn. Magesyra nøytralisera det

basiske spyttet som vart tilført maten i munnen, og enzyma i magesyra bryt ned store molekyl til mindre einingar. Enzymet pepsin spalter protein til aminosyrer.

Tynntarmen er om lag 4-6 meter lang og består av duodenum (tolvfigertarmen), jejunum og ileum. I duodenum vert næringsblandinga frå magesekken tilsett bukspytt. Bukspyttet er sterkt basisk og nøytralisera den sure magesafta. Bukspyttet inneheld også basiske enzym som fullføra nedbrytinga av næringsstoff. Trypsin fortset nedbrytinga av protein til aminosyrer og amylase fortset nedbrytinga av karbohydrater ved å spalte polysakkarid til disakkarid og monosakkarid. I tolvfigertarmen byrjar også nedbrytinga av feitt, ved at lipase spalter lipid til glyserol og feittsyrer. Duodenum tilførast også galle frå galleblæra, via gallekanalen. Galle hjelper til med feittspalting og finfordeling slik at enzyma som spalter feittet får best moglege arbeidsvilkår. Også celler i tarmveggen produsera og skil ut fordøyingsenzym.

Dei folda slimhinnene i tynntarmen består av millioner av tarmtotter som sug opp næringsstoffa og førar dei vidare til cellene i kroppen via blod- og lymfekarnettet.

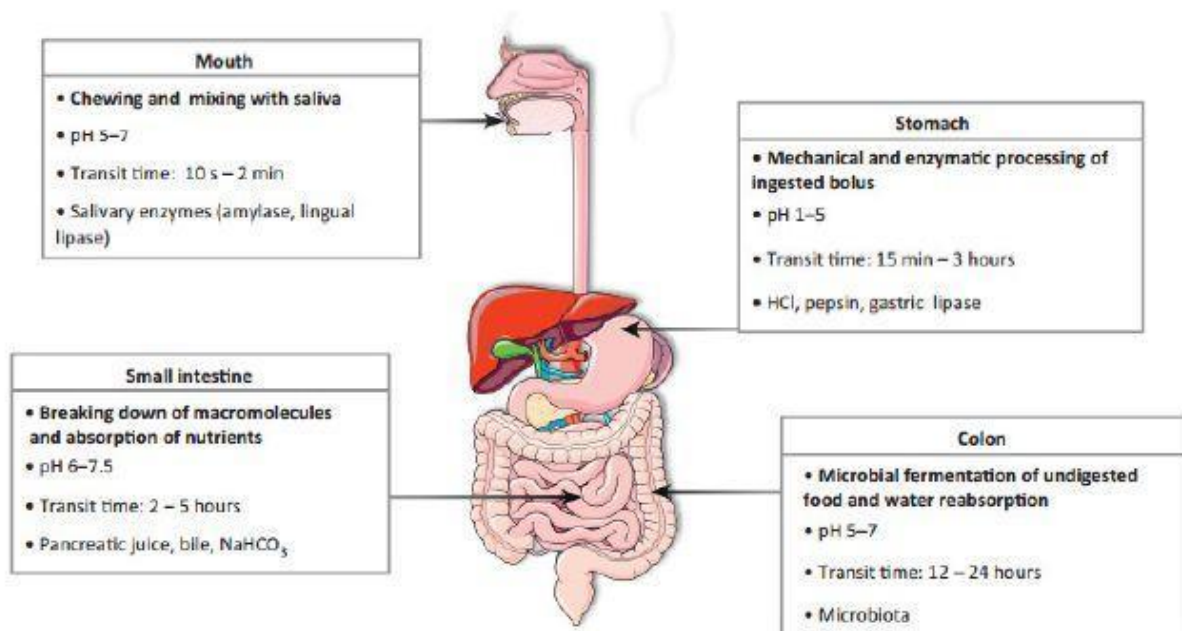
1.4 Fordøying av lipid

Lipolyse er spalting av triglyserider i feittcellene til frie feittsyrer og glyserol. Spaltinga føregår ved hjelp av enzymet lipase. Feittsyrer og glyserol diffundera ut av feittcellene og over i blodbanen. I blodbanen bindast feittsyrene til transportproteinet albumin og fraktast til vev og organ der det er tilgjengeleg som energikjelde. Human fordøying av lipid byrjar i magesekken, som ved hjelp av gastrisk lipase syter for lipolyse av 5-40% av triglyserid. Fordøyinga fortset vidare i tolvfigertarmen, som saman med pankreatisk lipase oppnår 40-70% lipolyse av triglyserid (Armand 2007).

Korleis feitemulsjonar oppføra seg i fordøyingssystemet avhenger av fysiokjemiske eigenskapar, og mindre dropestørrelse forenklar feittfordøying ved gastrisk lipase og duodenal lipolyse (Armand et al. 1999). Total feittassimilering i eit friskt subjekt påverkast ikkje av skilnadar i opphavleg dropestørrelse, dette på grunn av effektiv feittfordøying ved lipase frå bukspyttkjertelen i tynntarmen (Armand et al. 1999).

Lipidfordøying føregår i gastrointestinaltrakta (GIT) og kan delast i følgjande to kategoriar: fordøying i magesekken, gastrisk fordøying, og fordøying i tolvfigertarmen, duodenal

fordøyning (Armand 2007). Før konsumerte lipid skal kunne fordøyast i GIT, er det naudsynt med emulgering. Fordøyinga føregår i eit vasshaldig medium, og lipid er som kjent uløselege i vatn. Det er gallesalt som syter for å organisera lipida i små feittdropar, miceller, slik at det dannar seg ei grenseflate mellom lipid- og vassfasen.



Figur 5: Illustrasjon av fordøyinga frå munn til endetarm (Guerra 2012)

I fordøyinga hjå monogastriske dyr er triglyserider (TG) ei av dei viktigaste lipidklassane (Bauer et al. 2005), og gastrisk lipolyse syter for hydrolyse av 5-40% av dei konsumerte triglyserida (Armand 2007). Fordøyinga av TAG byrjar i magesekken, på overflata av lipid-vatn-grenseflata. Fordøyinga katalyserast av syrestabile lipasar som fins i human magesaft (HGJ) ved pH 3-6. Desse lipasane kallast gastriske lipasar (HGL) (Gargouri et al. 1992), og vert danna i magesekken ved hjelp av dei gastriske chief cellene i mucosa fundus. HGL katalysera hydrolyse både av korte og lange kjeder TAG (Gargouri et al. 1992). Fordøyinga av TAG føregår ved hydrolyse av esterbindinga til glyserolstammen, og vidare brytast TAG ned til frie feittsyrer (FFA) og diacylglyserid (DAG) ved gastrisk lipolyse. Det vert òg danna noko 2-monoglyserid (2-MAG).

Lipidfordøyinga fortset i duodenum, tolvfingertarmen, ved hjelp av HGL samt dei humane pankreatiske lipasane (HPL). HPL inkluderer dei pankreatiske lipaserelaterte proteina 1 og 2 (HPLRP1 og HPLRP2) samt den colipase-avhengige pankreatiske lipasen, og syntetiserast av dei acinære cellene i bukspyttkjertelen. HPL er mest aktive ved pH 8-9, og avhengig av HGL

og coenzymet colipase for optimal fordøying. HGL syter for 7,5% av den duodenale lipolysen av TAG (Armand (2007); (Carriere et al. 1993), medan HPL står for for 40-70% av den duodenale TAG-lipolysen (Armand 2007).

Lipolyse av TAG føregår i tolvfingertarmen, optimalt ved ved pH 6, og fører til danning av 2-MAG og FFA (Armand 2007). Ved at lipolysen syter for meir polare derivat av lipida, får ein høgare grad av interaksjon med vatn. Upolare kolesterollestere omdannast til polare amfipatiske bindingar og fosfolipid hydrolyserast til lysofosfolipid. Dei resterande lipida er løyselege amfipatiske bindingar som dannar micellære løysingar (Bauer et al. 2005).

Etter fordøying forsvinn hydrolyseprodukta FFA og 2-MAG frå overflata av feittdropa og absorberast av tarmcellene (Bauer et al. 2005). I tarmcellene syntetiserast nye TAG-molekyl, og via lipoprotein transporterast desse ut til ulike organ (Armand 2007).

1.5 Fordøyingsmodeller

Det er mange årsakar til at ein ynskjer kunnskap om korleis fordøyinga av ulike næringsstoff føregår, mellom anna er det naudsynt med slik informasjon for å kunne bestemme maten sin næringskvalitet. Gjennomføring av eksperimentell fordøying *in vivo* er både dyrt og komplisert, og nett difor er det utvikla gode metodar for *in vitro* prosedyrar (Boisen & Eggum 1991).

Ex vivo og *in vitro* er fordøyingsmodellar, altså fordøying utanfor organismen, som er designa for å etterlikna dei fysiologiske prosessane. Krava til *in vitro* og *ex vivo* modellar gjeld mellom anna fleksibilitet, nøyaktighet og reproduserbarhet, men inkludera ikkje faktorar ved fordøying *in vivo* som feedbackmekanismer, mikrobiota, immunsystemet og hormonelle kontrollsystem (Guerra et al. 2012). Ved *in vitro* fordøying nyttast kunstige/kommersielle enzym med dei same spesifikasjonar og eigenskapar som dei naturleg førekomande enzymba i fordøyingssystemet (Boisen & Eggum 1991). I *ex vivo* eksperiment derimot, nyttast det organisk vev eller væske frå fordøyingssystemet, til dømes human magesaft og tolvfingertarmsaft.

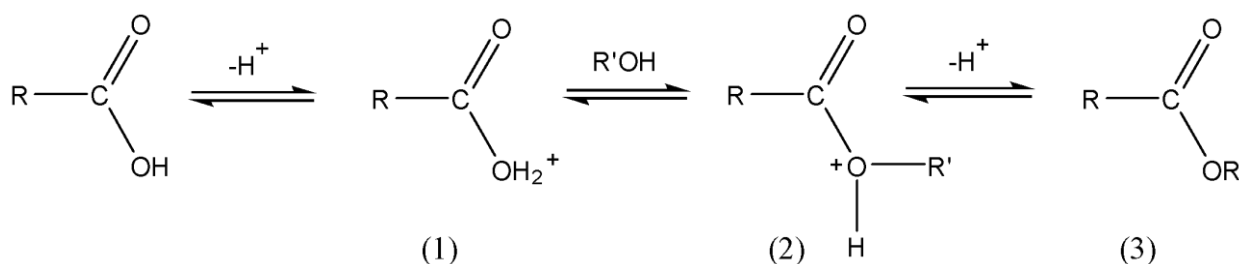
1.6 Lipidanalyse

Feittprofilen til lipid frå biologisk materiale har i fleire år blitt karakterisert ved bruk av gasskromatografi (GC). Ei slik karakterisering vil generelt involvera følgjande tri steg: ekstraksjon, derivatisering og deretter analyse ved GC.

For å kunne gjennomføre ei analyse av lipid på GC, er ein først nøydd til å gjennomføre ekstraksjon av lipida og deretter derivatisering til meir flyktige komponentar. Det fins fleire ulike derivatiseringsmetodar, men for lipid som inneheld feittsyrer er omestring til korresponderande feittsyremetylesterar (FAME) ei vanleg metode. Ein skiljar gjerne dei ulike metodane for esterifisering av feittsyrer til FAME i to hovudkategoriar: syrekatalysert og basekatalysert esterifisering.

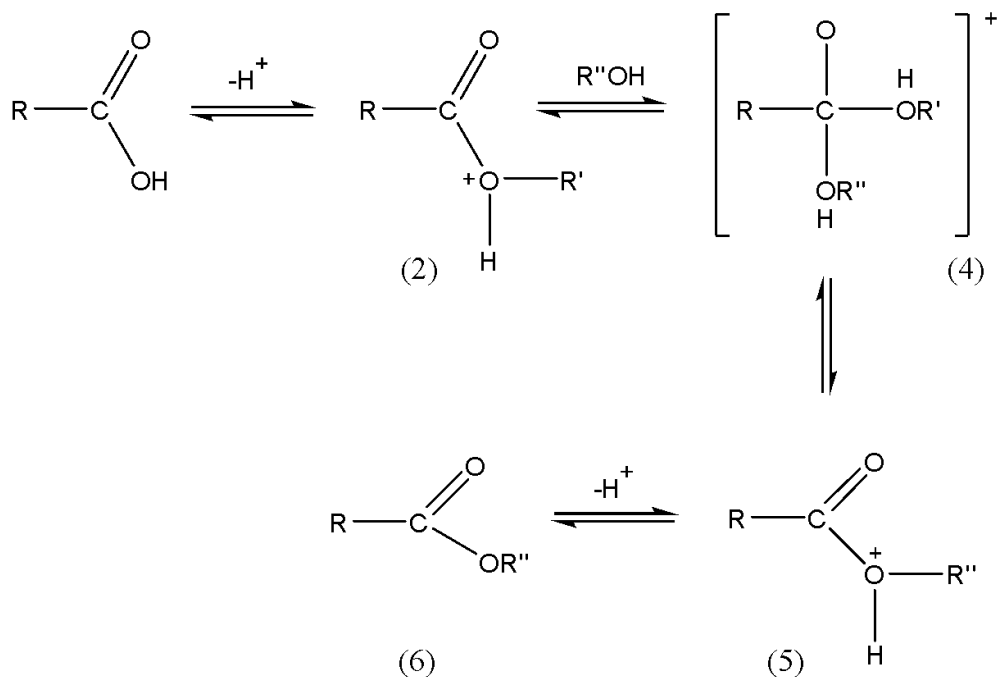
Syrekatalysert esterifisering og transesterifisering

Karboksylysyre kan esterifiserast med alkohol når det samstundes er til stades ein katalysator (Christie 1993). Initialsteget er protoneringa av syra, som gir eit oxoniumion. Oxoniumionet gjennomgår ein utbyttingsreaksjon med ein alkohol og danner eit intermediat. Intermediatet mister eit proton og blir ein ester. Kvart steg i prosessen er reversibelt, men overskot av alkohol syter for ei forskyving av likevekta slik at esterifiseringa fortset til ferdigstilling. Når det er vatn til stades, derimot, er dette ein sterkare elektrondonor enn alifatiske alkohol, og vil dermed hindre danning av intermediatet og følgjande vil ikkje esterifiseringa fullførast.



Figur 6: Syrekatalysert esterifisering (Christie 1993)

Transesterifisering føregår under liknande forhold, men i dette tilfellet skjer det først ei initiell protonering av esteren og deretter ei addering av alkoholen som gir eit intermediat. Intermediatet kan dissosierast via transisjonsstadiet og gi esteren. Kvart steg i prosessen er reversibelt, og med overskot av alkohol vil jamvekta forskyvast slik at produktet er nærast berre esteren. Ønska forhold for syrekatalysert transesterifisering er difor stort overskot av passende alkohol.



Figur 7: Syrekatalysert transesterifisering (Christie 1993)

Ein syrekatalysator må forenkla reaksjonen og samstundes ikkje gi negative sideeffektar. I prinsippet kan ein nytte eit kvifor eit som helst alkohol, men i praksis står valet mellom dei alkohola som kan eliminerast frå reaksjonsmediet ved selektiv fordamping.

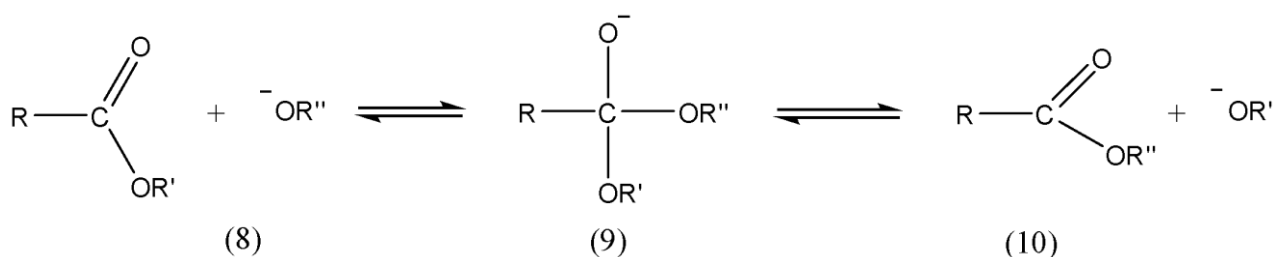
Bortrifluorid-metanol ($\text{BF}_3\text{-CH}_3\text{OH}$)

Til syrekatalysert esterifisering og transesterifisering av lipid kan ein til dømes nytte bortrifluoridmetanol, som er ei sterk Lewis-syre og elektronakseptor.

Dei aller fleste lipidklasser let seg esterifisera ved bruk av BF_3 i metanol (12-14% w/v), gitt at alkyleringa føregår under oppvarming (Eder 1995). Reaksjonen er dessutan svært raskt, og ein oppnår fullstendig esterifisering av frie feittsyrer innan om lag to minutt. Det er diverre nokre ulemper med bruk av BF_3 -metanol, mellom anna har ein observert dårlig haldbarheit ved lengre tids oppbevaring, og då særleg viss reagenset ikkje har stande kjølig.

Oppkonsentrert eller gammel BF_3 -metanol kan gi biprodukt og tap av langkjeda PUFA.

Basekatalysert transesterifisering



Figur 8: Basekatalysert transesterifisering (Christie 1993)

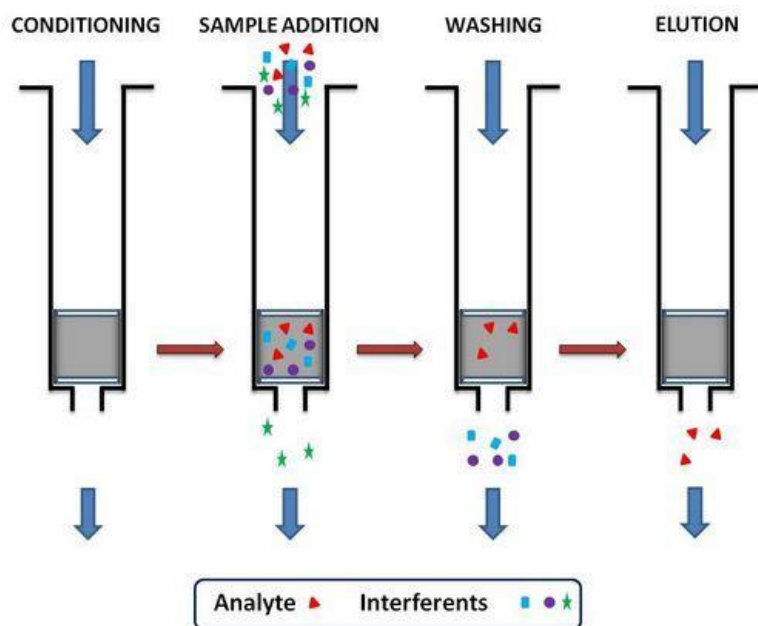
Esterar vil, ved hjelp av ein base som til dømes eit alkoholanion (8), danne eit anion-intermediat (9). Anion-intermediatet vil anten dissosiera tilbake til den opphavlege esteren eller danne den nye esteren. Ved eit stort overskot av alkohol vil jamvekta til reaksjonen forskyvast heilt til einaste produkt er den nye esteren (10). Denne reaksjonen er ikkje mogleg for frie feittsyrer, fordi feittsyra er ionisert i basisk løysing og dermed ikkje vil bli angripen av alifatiske alkohol eller baser. Med andre ord: det er berre transesterifisering som kan føregå med basekatalysator etter denne mekanismen, esterifisering er ikkje mogleg.

Natriummetanolat ($\text{CH}_3\text{O}^-\text{Na}^+$)

Til basekatalysert transesterifisering av nøytrale lipid kan ein til dømes nytte natriummetanolat (CH_3ONa). Triglyseridet reagera med alkoholen og gir korresponderande FAME samt glyserol. Denne reaksjonen krev ikkje oppvarming, som igjen minimera moglegheita for dekomponering av PUFA. Ein har likevel nokre andre ulemper ved bruk av natriummetanolat, mellom anna kan ein ikkje forestra frie feittsyrer. Ein annan reagens som kan nyttast til basekatalysert omestring er kaliumhydroksid i vassfri metanol, men denne medfører stor risiko for forsåpning under omestringa (Eder 1995).

1.7 Fastfaseekstraksjon

Fastfaseekstraksjon, eller «Solid Phase Extraction» (SPE), er ei firetrinns prøveopparbeidingsprosedyre som isolera og konsentrera analyttar frå ein væskefase, mobilfasen, ved adsorpsjon på ein fast fase, stasjonærfasen. Komponentane i væskefasen sin affiniteten til adsorbenten bestemmast av kjemiske og fysikalske eigenskapar.



Figur 9: Skisse av SPE-prosedyre.

SPE består av fire følgende trinn: vask og kondisjonering av kolonneadsorbent, applisering av prøve og retensjon, vask av kolonna for å fjerne uønska matrikskomponentar og til sist eluering av analyttane.

1.8 Gasskromatografi

Kromatografi er eit samlebegrep på ulike separasjons- og analysemetodar som basera seg på at stoff skiljast grunna ulik affinitet til stasjonær og mobil fase. Gasskromatografi (GC) utførast ved å senda ein inert gass, bæregass, og i dette tilfellet mobilfasen, gjennom eit langt tynt røyr med stasjonærfase med høgt kokepunkt. I dag nyttast ofte kapillærkolonner. Analyseinstrumentet kallast gasskromatograf, og består av ein høgtrykksylinder med bæregass (typisk hydrogen eller helium), ein injektor for prøveinnføring, ei kolonne plassert i ein omn, ein detektor og ein skrivar.

Litt av prøva sprøytast inn i eit oppvarma injeksjonskammer, der den fordampar.

Bæregassen strøymeir gjennom kammeret og tek med seg prøva vidare i den oppvarma kolonna. Der separerast den, og komponentane i prøva har dermed ulik retensjonstid ut til detektoren der dei blir registrert. Separasjonen av stoffa skjer hovudsakleg etter kokepunkt, det vil seie at stoff med lågt kokepunkt vil vandre raskt gjennom kolonna. Detektoren gir ein respons som er proporsjonal med menga eller konsentrasjonen av stoffa.

1.9 Massespektrometri

Massespektrometri er bestemming av masse og mengdeforhold til atom og molekyl ved bruk av eit massespektrometer. Eit massespektrometer er eit kjemisk analyseinstrument som fungera ved at molekyl blir gitt elektrisk ladning og brotne opp i fragment, og deretter separerast iona etter masse på ladning, m/z . Iona registrerast med ein detektor, ofte elektronmultiplikator. Signalet frå detektoren gis gjerne i form av eit massespektrum: ionestraum som følgje av m/z -verdi.

Eit massespektrometer består av eit prøveinnføringssystem, ein ionekjelde, ein masseanalysator, detektor og datasystem. Prøva som skal analyserast kan vere gass, væske eller fast stoff, men for tradisjonelle ioniseringsteknikkar må prøva omdannast til gass før den overførast til ionekjelda. Etter ioniseringa, som til dømes kan føregå ved at prøva bombarderast med ei stråle av elektron, leiast iona inn i ein masseanalysator.

Masseanalysatoren består vanlegvis av eit arrangement av elektriske og/eller magnetiske felt kor iona separerast etter skilnadar i m/z -verdi. Vanlege massenanalysatorar er til dømes magnetsektor og kvadrupol. Før iona leiast inn i ein magnetsektoralysator passera dei gjennom eit akselerasjonsfelt. I magnetfeltet avbøyst iona og følgjer ein sirkelbane der radius er avhengig av ionet si m/z -verdi. Berre ion med bestemt baneradius vil passera gjennom masseanalysatoren si utgangsspalte og treffa detektoren. Ved å variera magnetfeltstyrken er det altså mogleg å styre kvifor nokre m/z -verdiar som kan passera spalta og detekterast. Instrumentet kan dermed programmerast til å dekkje eit ønska m/z -område.

2 Material og metodar

2.1 Material

Lipidprøvar

Lipidfraksjonane som vart analyserte i denne oppgåva er frå *ex vivo* fordøya emulsjonar beståande av 1 w/w% rapsolje i vatn samt 2 w/w% myseprotein. Ein av dei to emulsjonane var i tillegg tilsett 0.1 w/w% kitosan. Fordøyinga vart gjennomført av Sreedhara et al. 2014.

Løysingar

Alle organiske løysemiddel er levert av Sigma Aldrich (Steinheim, Tyskland) og er av Chromasolv-kvalitet.

Internstandardar og eksternstandard

Det vart nytta ein referansemiks beståande av 37 feittsyremetylestere (Food Industry Fame Mix, Restek, Bellefonte, USA) til identifisering av feittsyremetylestere. Trionadecanoic og nonadecanoic acid (Larodan AB, Malmö, Sverige) vart nytta som internstandardar.

Internstandardane vart løyste i kloroform etter konsentrasjonane gitt i tabell V.1 vedlegg.

Natriummetanolat

Ei natrium-metanolat-løysing vart laga ved å løyse metallisk natrium (Purum, Merck, Darmstadt, Tyskland) i metanol til ein konsentrasjon på 3.3 mg/mL.

2.2 Metodar

Lipidekstraksjon ved SPE-robot

For å ekstrahera lipida frå den fordøya prøva vart det nytta ein modifisert Folchs metode etter Devle et al. (2014). 20 mL Folchs løysing (CHCl_3 :MeOH (2:1)) vart tilsett til lipidprøvane etter fordøying. Det vart også tilsett interne standardar løyst i kloroform.

Prøverøyra vart sett til horisontal risting (Biosan Ltd., PSU 10i, Riga, Latvia) i 20 minutt, ved 350 rpm.

4 mL 0.9% NaCl vart tilsett før sentrifugering (Beckman Coulter, Allegra 25R Centifuge, TS-5.1-500 rotor head) ved 20 °C i 5 minutt.

Organisk fase vart overført til 20 mL-rør og deretter fordampa ved 40 °C (avdampar frå Büchi Syncore Polyvap, fordampingsstativ frå Pierce Reacti-Vap III Thermo Scientific). Lipida vart reløyst i 1 mL kloroform og overført til krympheteglas for fastfaseekstraksjon.

Lipidseparasjon ved fastfaseekstraksjon

Separasjon av nøytrale lipid og frie feittsyrer vart utført som beskrive av Devle et al. (2014). Fastfaseekstraksjonen vart utført ved hjelp av ein SPE-robot (Gilson, GX-274 ASPEC, Middleton, WI, USA), separasjonsmetode førehandsprogrammert i robotens programvare (Trilution®lh). Til separasjonen vart det nytta NH₂-kolonner (Bond Elut NH₂, 500 mg / 3 mL, Agilent Technologies, CA, USA).

SPE-kolonnene vart kondisjonert med 7.5 mL heksan. Ekstraherte og reløyste lipid (500 µL) vart deretter applisert på kolonnene. Nøytrale lipid vart eluert ut med 5 mL kloroform, og frie feittsyrer med 5 mL dietyleter:eddiksyre (98:2). Dei to fraksjonane vart overført kvantitativt til dyrkingsrør og fordampa under N₂-gass (5.0, AGA, Oslo, Norge) ved 40 °C (varmeblokk frå Dri-Block DB-3 Techne).

Dannelse av FAME

For å gjera lipida meir flyktige og dermed enklare å identifisera og kvantifisera vart dei esterifisert til tilhøyrande feittsyremetylesterar før analyse på GC-MS. Nøytrale lipid vart omestra og frie feittsyrer vart forestra.

Omestring av nøytrale lipid

Nøytrale lipid vart reløyst i 2.0 mL heksan. Det vart tilsett 1.5 mL natriummetanolat til kvart reagensrør. Røyra vart rista horisontalt i 30 minutt ved 350 rpm, og deretter plassert vertikalt i 10 minutt. Heksanfasen vart overført til krympheteglas og oppbevart ved -20 °C i forkant av analyse ved GC-MS.

Forestring av frie feittsyrer

Frie feittsyrer vart reløyst i 1 mL bortrifluoridmetanol (14%, Alderich). Prøvane vart deretter varma opp ved 70 °C i vassbad i 5 minutt. Vidare vart det tilsett 1 mL heksan, prøvane vart miksa, og heksanfasen vart overført til krympheteglas. Prøvane vart oppbevart ved -20 °C i forkant av analyse ved GC-MS.

Eksperimentelle parameterar for GC-MS

Til analysane vart det nytta ein Agilent 6890 Series gasskromatograf (Agilent Technology, Wilmington, DE, USA) kopla til ein Autospec Ultima GC-MS (Micromass Ltd. Manchester, England) med programmet MassLynx V4.0. MS var eit trippelsektorinstrument, elektrostastisk filter-magnet-elektrostatisk filter (EBE). Masserekkevidde 40-600 m/z og oppløysing lik 1200. MS var utstyrt med ein elektronioniseringskjelde som produserte 70 eV og med ei akselerasjonsspenning på 8 kV. Skanntid til 0,3 sekund, og ventetid mellom kvart skann lik 0,2 sekund.

Det vart nytta ei 50 m CP-Sil 88 kapillærkolonne frå Agilent J&W med ID 0.25 mm og 0.20 μm filmtjukkelse (Varian, Middelburgh, Nederland).

Det vart nytta helium (6.0, AGA, Noreg) som bæregass, denne hadde ein konstant flyt på 1 mL/minutt.

Injeksjonsvolum lik 1 μL vart injisert med ein splitt-injektor med split-ratio på 10:1.

Injektortemperaturen var 245 °C, og temperaturprogrammet til GC-ommen følgjande: starttemperatur 65 °C (3 min) til 150 °C (13 min) med ein gradient på 40 /min, og deretter auka temperaturen til 151 °C (20 min) med ein gradient på 2,0 °C/min. Vidare vart temperaturen auka med 2,0 °C/min til 230 °C (10 min) og deretter til 240 °C (0,5 min) ved 50 °C/min. Samla analysetid per prøve med GC-MS var 89 minutt.

Identifisering av dei forskjellige FAME vart utført ved å samanlikne retensjonstider med eksternstandard, samt ved søk i MS-biblioteket (NIST MS Search 2.0). Internstandardar frå tabell X i vedlegg vart også nytta til identifikasjon av FAME samt for å korrigera for mengde tapt analytt gjennom prøveopparbeidinga. Relative responsfaktorar, vist i tabell X i vedlegg vart nytta til å kvantifisera feittsyrene etter Devle et al. (2009). «Limit of Detection» (LOD) og «limit of quantitation» (LOQ) av feittsyremetylerane i full-skann-modus for denne analysemetoden vart publisert av Devle et al. (2009), og LOD-verdiane var 3,8-24,2 ng/mL og LOQ-verdiane var 13,0-80,7 ng/mL.

3 Resultat og diskusjon

For å finne konsentrasjonane av dei ulike feittsyremetylestarene (FAME) vart det nytta følgjande likning:

$$C_{FAME} = (A_{FAME} \times C_{IS}) \div (A_{IS} \times RRF_{FAME}) \quad (1)$$

Frå likning 1 har ein at det er mogleg å kvantifisera FAME ved å nytte areala av signala i tilhøyrande kromatogram, samt relative responsfaktorar (RRF_{FAME}). C_{IS} er konsentrasjonen til internstandard og A_{IS} er arealet av signalet til internstandard. C_{FAME} er konsentrasjonen til FAME, og A_{FAME} er arealet av signalet.

Emulsjonane inneheld 91,9-92,1% nøytrale lipid samt 7,9-8,1% frie feittsyrer. Tabell V.4 til V.23 i vedlegget viser konsentrasjon og mengd feittsyrer i dei ulike fordøyingsfraksjonane og i kontrollprøvane. Alle konsentrasjonane av dei ulike feittsyremetylestarene som vart detektert i NL- og FFA-fraksjonane i denne oppgåva var over LOD og LOQ for GC-MS-analysemetoden som vart nytta.

3.1 Kontrollprøvane

Kontrollprøvane var emulsjonar med og utan kitosan som vart fordøya utan tilsetjing av enzym. På denne måten fikk ein observerte kva effekt pH-en i seg sjølv har å seie for emulsjonane.

Tabell 1 viser feittprofilen i kontrollprøvane med og utan kitosan. Frå tabellen kan ein også sjå sum av metta feittsyrer, SFA, og sum av umetta feittsyrer, UFA. Data som vart nytta til å lage denne tabellen er henta frå kontrollprøvane til dei to emulsjonane, og finnast att i tabell V.4 til V.11 i vedlegg.

Tabell 1: Gjennomsnitt av mengd FA, µg per mL emulsjon, med standardavvik for alle fetttsyrene (FA) i kontrollprøvane, gitt i nøytrale lipid (NL) og frie fetttsyrer (FFA), henta frå 8 parallellar av emulsjon med og utan kitosan. Sum av metta fetttsyrer (ΣSFA) og sum av umetta fetttsyrer (ΣUFA) er gitt ved ± midlere standardavvik.

Emulsjon utan kitosan			Emulsjon med kitosan	
FA	NL	FFA	NL	FFA
C16:0	3345 ± 490	13367 ± 204	3148 ± 419	1339 ± 328
C17:0	29,0 ± 10,2	38,6 ± 47,6	23,5 ± 8,8	21,9 ± 37,1
C18:0	1205 ± 200	718 ± 136	1182 ± 198	703 ± 206
C20:0	214 ± 48	136 ± 49,5	220 ± 45,4	109 ± 38,9
C21:0	16,6 ± 16,4	22,4 ± 23,9	19,9 ± 16,0	29,5 ± 41,0
C22:0	nd ¹⁾	nd	nd	nd
C23:0	34,1 ± 43,8	9,6 ± 10,4	24,2 ± 36,9	25,5 ± 32,7
C24:0	5,2 ± 9,7	8,6 ± 13,2	11,5 ± 22,9	53,4 ± 56,0
ΣSFA	4848 ± 117	2269 ± 69,2	4629 ± 107	2281 ± 106
C16:1 cis-9	73,0 ± 16,8	22,6 ± 11,8	69,5 ± 14,2	38,3 ± 23,0
C17:1 cis 10	25,5 ± 30,2	48,8 ± 76,4	20,7 ± 10,5	45,3 ± 70,5
C18:1 cis 9	28152 ± 3993	1242 ± 223	28237 ± 4509	1281 ± 159
C18:2 cis 9,12	9039 ± 1544	300 ± 63,4	9013 ± 1521	325 ± 52,0
C18:3 cis 9,12,15	4733 ± 804	110 ± 22,0	4692 ± 825	124 ± 26,8
C20:1 cis 11	440 ± 83,8	22,7 ± 36,7	426 ± 107	23,3 ± 42,5
C20:2 cis 11,14	7,5 ± 8,5	26,2 ± 36,3	9,7 ± 8,4	6,0 ± 8,0
C22:1 cis 13	85,1 ± 25,3	15,4 ± 20,2	88,3 ± 24,0	14,5 ± 20,2
C24:1 cis 15	21,6 ± 13,3	26,1 ± 42,9	28,8 ± 19,0	17,6 ± 22,6
ΣUFA	42577 ± 724	1813 ± 51,2	42584 ± 782	1874 ± 47,2

¹⁾ nd: «not detected», ikkje detektert

Frå tabell 1 kan ein sjå, som venta, at lipidinnhaldet i dei to kontrollemulsjonane er tilnærma likt. Standardavviket er noko høgare for FFA i emulsjonen utan kitosan, og det same gjeld for NL i emulsjonen med kitosan. Generelt er standardavvika for dei ulike enkeltfetttsyrene høge, dette er uheldig då det tydar dårleg nøyaktighet.

I vedlegg tabell V.4 til V.11 kan ein sjå at kontrollprøvane ikkje viser nokon reduksjon av mengd nøytrale lipid, dette vil seie at ein kan sjå vekk i frå at syrehydrolyse har forårsaka lipolyse.

3.2 Lipidfraksjonane av emulsjon utan kitosan

For fordøying av emulsjon utan kitosan vart det laga fire prøvar. Éin prøve vart fordøya gastrisk i 60 minutt med human magesaft («Human Gastric Juice», HGJ), medan dei tri neste

gjennomgikk høvevis 10, 30 og 60 minutt duodenal fordøying med human tolvfingertarmsaft («Human Duodenal Juice», HDJ). I tabell 2 nedanfor kan ein sjå mengd nøytrale lipid i dei fordøya emulsjonsprøvane utan kitosan, samt prosent lipolyse av dei ulike feittsyrene. I tabellen finn ein også sum av metta og umetta feittsyrrer for dei ulike fordøyingsfraksjonane av NL.

Tabell 2: Mengd (μg) per mL emulsjon utan kitosan og standardavvik (SD) for dei ulike feittsyrene i dei nøytral lipidfraksjonane ved 60 minutt gastrisk fordøying (HGJ 60) og duodenal fordøying etter 10 (HDJ 10), 30 (HDJ 30) og 60 minutt (HDJ 60). Det vart nytta tri prøvereplikat, $n=3$. Lipolyse av dei ulike feittsyrene er gitt i prosent. Sum av metta feittsyrrer og sum av umetta feittsyrrer samt midlere standardavvik for desse er også oppgitt.

Emulsjon utan kitosan nøytrale lipid					
FA	HGJ 60 (μg)	HDJ 10 (μg)	HDJ 30 (μg)	HDJ 60 (μg)	Lipolyse %
C16:0	3570 \pm 110	899 \pm 9,6	522 \pm 28,5	452 \pm 83,9	89
C17:0	22,7 \pm 4,7	23,1 \pm 12,1	0,2 \pm 0,3	6,0 \pm 8,0	80
C18:0	1290 \pm 51	267 \pm 8,2	150 \pm 7,1	101 \pm 6,3	94
C20:0	240 \pm 22,4	27,0 \pm 7,4	7,7 \pm 6,7	10,1 \pm 5,3	97
C21:0	11,0 \pm 0,3	9,9 \pm 3,1	7,2 \pm 3,1	5,7 \pm 5,0	65
C22:0	90,4 \pm 16,7	nd ¹⁾	nd	nd	-
C23:0	8,0 \pm 2,6	13,2 \pm 6,9	32,5 \pm 16,0	10,5 \pm 18,1	-
C24:0	22,8 \pm 6,4	3,6 \pm 3,2	19,1 \pm 19,3	2,5 \pm 4,3	67
ΣSFA	5255 \pm 27	1243 \pm 7	738 \pm 12	621 \pm 19	90
C16:1 <i>cis</i> -9	76,0 \pm 14,1	27,5 \pm 9,4	36,0 \pm 16,9	16,8 \pm 0,9	84
C17:1 <i>cis</i> -10	17,3 \pm 3,9	7,1 \pm 6,2	6,1 \pm 10,6	4,3 \pm 7,4	81
C18:1 <i>cis</i> 9	30080 \pm 885	8370 \pm 57,7	5664 \pm 201	6142 \pm 140	82
C18:2 <i>cis</i> 9,12	9935 \pm 260	3799 \pm 35,0	2890 \pm 3,2	3017 \pm 52,1	74
C18:3 <i>cis</i> 9,12,15	5131 \pm 132	1860 \pm 24,7	1405 \pm 38,8	1386 \pm 40,0	77
C20:1 <i>cis</i> 11	509 \pm 37,4	51,2 \pm 4,7	20,8 \pm 1,4	25,8 \pm 5,2	96
C20:2 <i>cis</i> 11,14	26,9 \pm 20,8	6,3 \pm 11,0	2,9 \pm 5,0	14,9 \pm 14,4	27
C22:1 <i>cis</i> 13	12,6 \pm 2,4	14,5 \pm 9,9	7,2 \pm 4,2	4,0 \pm 3,5	97
C24:1 <i>cis</i> 15	25,1 \pm 6,9	5,1 \pm 2,0	2,1 \pm 3,5	4,8 \pm 4,2	88
ΣUFA	45812 \pm 151	14140 \pm 18	10034 \pm 32	10616 \pm 30	80

¹⁾nd: ikkje detektert

Frå tabell 2 kan ein sjå ei tydelig redusering av mengd nøytrale lipid frå gastrisk fordøying (HGJ 60) til duodenal fordøying, både for metta og umetta feittsyrrer i emulsjon utan kitosan.

Total lipolyse av UFA og SFA for NL-fraksjonane i emulsjon utan kitosan var høvevis 90 og 80 % etter 60 minutt duodenal fordøying.

Feittsyre C22:0 er berre detektert for HGJ60. For C23:0 kan ein også observera ein noko underlig trend, og utreka lipolyse er negativ. Heilt kva som er årsaka til desse resultata er vanskeleg å seie, men store standardavvik tydar på stor usikkerhet, og det vil vere naturleg å anta at utrekna lipolyse er tilsvarande unøyaktig. For å tolke resultata betre samanliknar ein nedgang i nøytrale lipid med auke i frie feittsyrer. Mengd av alle dei ulike feittsyrene i dei fordøya fraksjonane av FFA frå emulsjon utan kitosan finnast i tabell 3.

Tabell 3: Mengd FA (μg) per mL emulsjon utan kitosan og standardavvik for dei ulike feittsyrene i dei frie feittsyrefraksjonane ved 60 minutt gastrisk fordøying (HGJ 60) og duodenal fordøying etter 10 (HDJ 10), 30 (HDJ 30) og 60 minutt (HDJ 60). Det vart nytta tri prøvereplikat, $n=3$. Sum av metta feittsyrer og sum av umetta feittsyrer samt midlere standardavvik for desse er også oppgitt.

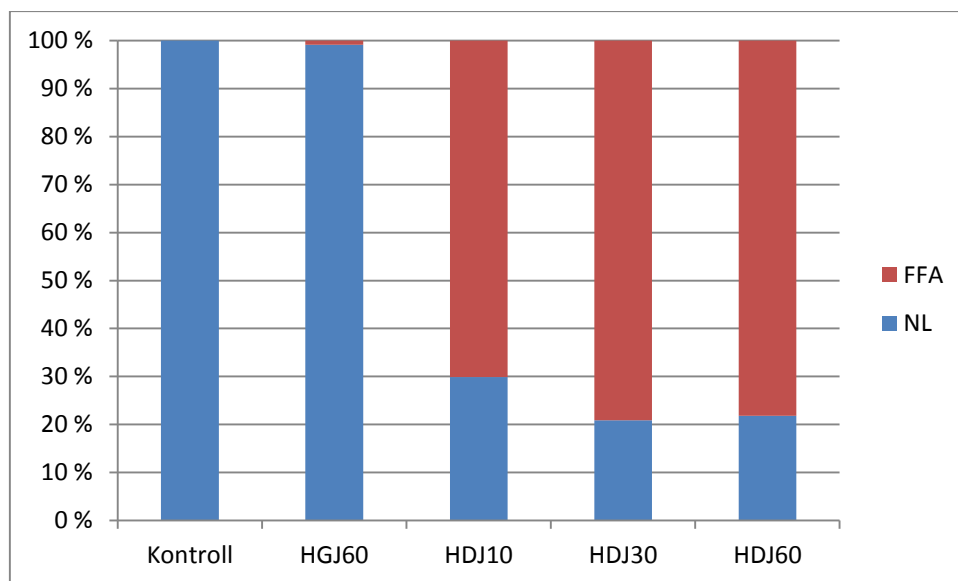
Emulsjon utan kitosan frie feittsyrer				
FA	HGJ 60 (μg)	HDJ 10 (μg)	HDJ 30 (μg)	HDJ 60 (μg)
C16:0	452 \pm 284	1606 \pm 1217	2820 \pm 63,1	2852 \pm 57,7
C18:0	452 \pm 92,3	646 \pm 474	1092 \pm 11,9	1110 \pm 3,0
C17:0	0,00	12,8 \pm 4,7	18,1 \pm 2,7	26,5 \pm 7,3
C20:0	31,0 \pm 26,9	56,8 \pm 88,5	173 \pm 5,1	169 \pm 14,3
C21:0	34,6 \pm 55,7	7,2 \pm 5,1	7,4 \pm 6,5	nd
C22:0	3,3 \pm 5,7	nd	nd	nd
C23:0	5,9 \pm 10,1	4,5 \pm 3,3	2,4 \pm 2,3	1,5 \pm 2,5
C24:0	7,4 \pm 12,8	6,1 \pm 4,9	5,7 \pm 0,9	11,5 \pm 4,2
ΣSFA	986 \pm 61	2340 \pm 257	4119 \pm 13	4170 \pm 13
C16:1 cis-9	35,2 \pm 45,6	33,5 \pm 25,7	52,3 \pm 5,4	55,2 \pm 6,7
C17:1 cis 10	43,3 \pm 75,0	7,6 \pm 8,2	10,2 \pm 4,2	7,4 \pm 2,5
C18:1 cis 9	1362 \pm 5 0,8	9391 \pm 6884	15197 \pm 668	16807 \pm 170
C18:2 cis 9,12	366 \pm 21,6	2042 \pm 1532	3379 \pm 45,5	4089 \pm 1,1
C18:3 cis 9,12,15	77,3 \pm 69,8	870 \pm 664	1489 \pm 27,5	1790 \pm 37,8
C20:1 cis 11	48,4 \pm 64,5	211 \pm 160	359 \pm 9,1	342 \pm 41,6
C20:2 cis 11,14	6,5 \pm 11,2	6,8 \pm 6,2	15,6 \pm 11,0	12,6 \pm 0,2
C22:1 cis 13	5,8 \pm 8,8	43,0 \pm 34,1	67,7 \pm 3,2	59,0 \pm 10,3
C24:1 cis 15	nd	11,4 \pm 8,0	18,8 \pm 6,0	15,4 \pm 3,0
ΣUFA	1944 \pm 39	12617 \pm 1036	20589 \pm 87	23177 \pm 30

¹⁾nd: ikkje detektert

Frå tabell 3 ser ein ei tydelig auke av frie feittsyrer i emulsjon utan kitosan frå gastrisk til duodenal fordøying. Etter 10 minutt duodenal fordøying har SFA auka frå 986 $\mu\text{g}/\text{mL}$ til 2340 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Sum av umetta feittsyrer aukar frå 1944 $\mu\text{g}/\text{mL}$ til 12617 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Heller ikkje for frie feittsyrer er det registrert noko signal for feittsyre C22:0 etter duodenal fordøying. I følgje resultata kan ein altså utelukke lipolyse, for i så fall hadde ein sett ei auke i mengd FFA. Dette stemmer altså ikkje over eins med forventa resultat.

Lipolyse av NL med påfølgjande danning av FFA i emulsjon utan kitosan er framstilt i tabellen nedanfor. Sum av mengd FA i dei ufordøya NL-fraksjonane frå tabell 1 vart nytta som nullpunkt for å rekna lipolyse av sum av mengd FA nedbrote i NL-fraksjonane.



Figur 10: Stolpediagram som viser NL og frigjering av FFA i % for kontrollprøvane og dei ulike fordøyingane for emulsjon utan kitosan.

Figur 10 illustrera ein tydelig nedgang i NL ved duodenal fordøying. Ved gastrisk fordøying vart det danna 0.9% frie feittsyrer, medan mengd nøytrale lipid sank til 99.1%. Lipolysen av NL stabiliserte seg på om lag 75% under 10, 30 og 60 minutt duodenal fordøying.

3.3 Lipidfraksjonane av emulsjon med kitosan

For fordøying av emulsjon med kitosan vart det laga fire prøvar. Éin prøve vart fordøya gastrisk i 60 minutt med human magesaft («Human Gastric Juice», HGJ), medan dei tri neste gjennomgikk høvevis 10, 30 og 60 minutt duodenal fordøying med human tolvfingertarmsaft («Human Duodenal Juice», HDJ). I tabell 4 nedanfor kan ein sjå mengd nøytrale lipid i dei fordøya emulsjonsprøvane med kitosan, samt prosent lipolyse av dei ulike feittsyrene. I tabellen finn ein også sum av metta og umetta feittsyrer for dei ulike fordøyingfraksjonane av NL.

Tabell 4: Mengd (μg) per mL emulsjon med kitosan og standardavvik for dei ulike fetttsyrene i dei nøytral lipidfraksjonane ved 60 minutt gastrisk fordøying (HGJ 60) og duodenal fordøying etter 10 (HDJ 10), 30 (HDJ 30) og 60 minutt (HDJ 60). Det vart nytta tri prøvereplikat, $n=3$. Lipolyse av dei ulike fetttsyrene er gitt i prosent. Sum av metta fettssyrer og sum av umetta fettssyrer samt midlere standardavvik for desse er også oppgitt.

Emulsjon med kitosan nøytrale lipid					
FA	HGJ 60 (μg)	HDJ 10 (μg)	HDJ 30 (μg)	HDJ 60 (μg)	Lipolyse %
C16:0	3393 \pm 46,2	870 \pm 52,5	672 \pm 31,5	678 \pm 40,0	78
C17:0	20,9 \pm 4,1	4,6 \pm 4,0	24,2 \pm 35,8	3,5 \pm 3,2	85
C18:0	1282 \pm 34,7	238 \pm 11,7	204 \pm 19,2	146 \pm 6,0	88
C20:0	258 \pm 17,9	34,9 \pm 4,0	27,0 \pm 14,5	10,6 \pm 9,2	95
C21:0	9,8 \pm 0,6	31,6 \pm 35,2	9,0 \pm 1,2	6,6 \pm 0,9	67
C22:0	98,7 \pm 14,1	nd	nd	nd	-
C23:0	1,8 \pm 1,7	17,6 \pm 3,0	20,0 \pm 12,2	9,8 \pm 1,5	60
C24:0	26,2 \pm 9,3	1,7 \pm 3,0	5,2 \pm 7,7	1,9 \pm 3,3	84
ΣSFA	5090 \pm 16,1	1199 \pm 16	961 \pm 17	857 \pm 9	81
C16:1 cis-9	72,4 \pm 9,3	30,3 \pm 8,2	23,1 \pm 5,5	25,7 \pm 5,8	63
C17:1 cis 10	11,2 \pm 10,6	13,4 \pm 23,3	3,7 \pm 6,4	7,8 \pm 10,3	63
C18:1 cis 9	30303 \pm 1092	10143 \pm 134	7984 \pm 479	6923 \pm 265	75
C18:2 cis 9,12	9843 \pm 129	4731 \pm 153	3783 \pm 181	2742 \pm 137	70
C18:3 cis 9,12,15	5035 \pm 92,9	2293 \pm 26,2	1846 \pm 91,3	1279 \pm 90,4	73
C20:1 cis 11	515 \pm 40,6	67,5 \pm 5,0	45,5 \pm 4,8	27,2 \pm 3,6	94
C20:2 cis 11,14	25,6 \pm 17,4	8,1 \pm 14,0	2,8 \pm 4,8	19,5 \pm 33,7	-
C22:1 cis 13	10,2 \pm 2,2	63,7 \pm 55,0	5,9 \pm 2,9	5,9 \pm 1,4	93
C24:1 cis 15	28,0 \pm 7,2	9,1 \pm 9,5	3,4 \pm 3,0	24,1 \pm 29,7	16
ΣUFA	45843 \pm 156	17358 \pm 48	13698 \pm 86,5	11055 \pm 64	74

¹⁾nd: ikkje detektert

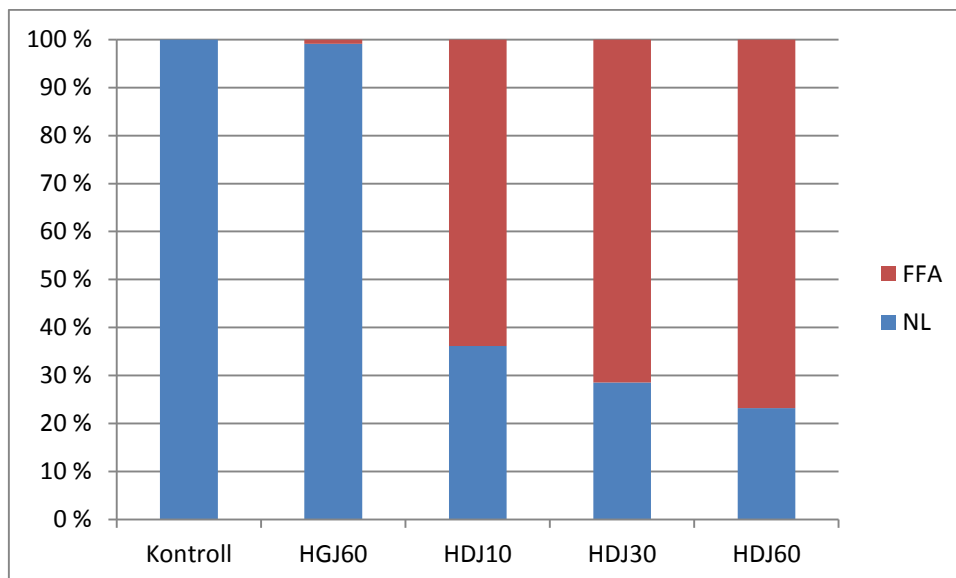
Frå tabell 4 kan ein sjå at emulsjon med kitosan også viser ein tydelig reduksjon av mengd nøytrale lipid frå gastrisk til duodenal fordøying. Total lipolyse av UFA og SFA for NL-fraksjonane i emulsjon med kitosan var høvevis 81 og 74 % etter 60 minutt duodenal fordøying. Heller ikkje i denne emulsjonen er det detektert noko signal for C22:0 ved duodenal fordøying.

Tabell 5: Mengd (μg) per mL emulsjon med kitosan og standardavvik for dei ulike feittsyrene i dei frie feittsyrefraksjonane ved 60 minutt gastrisk fordøying (HGJ 60) og duodenal fordøying etter 10 (HDJ 10), 30 (HDJ 30) og 60 minutt (HDJ 60). Det vart nytta tri prøvereplikat, $n=3$. Sum av metta feittsyrer og sum av umetta feittsyrer samt midlere standardavvik for desse er også oppgitt.

FA	HGJ 60 (μg)	HDJ 10 (μg)	HDJ 30 (μg)	HDJ 60 (μg)
C16:0	282 \pm 384	1800 \pm 1338	2829 \pm 6,5	2650 \pm 58,4
C17:0	2,5 \pm 4,3	13,8 \pm 10,2	19,4 \pm 4,3	16,9 \pm 3,1
C18:0	516 \pm 256	746 \pm 555	1092 \pm 15,5	1052 \pm 31,5
C20:0	75,1 \pm 15,6	127 \pm 95,9	184 \pm 11,9	171 \pm 11,9
C21:0	43,2 \pm 59,7	4,1 \pm 6,1	6,5 \pm 5,7	nd
C22:0	95,2 \pm 130	nd	nd	nd
C23:0	3,8 \pm 3,8	2,9 \pm 2,6	3,0 \pm 2,7	3,2 \pm 0,6
C24:0	10,8 \pm 18,7	12,1 \pm 10,3	8,9 \pm 2,1	3,5 \pm 3,2
ΣSFA	1029 \pm 109	2706 \pm 288	4143 \pm 7,0	3896 \pm 15,5
C16:1 cis-9	118 \pm 77,1	38,0 \pm 28,7	54,1 \pm 4,7	53,6 \pm 5,2
C17:1 cis 10	12,1 \pm 18,7	11,6 \pm 9,6	11,4 \pm 6,9	14,8 \pm 14,3
C18:1 cis 9	1496 \pm 118	10260 \pm 7613	15302 \pm 277	16029 \pm 118
C18:2 cis 9,12	353 \pm 27,6	2227 \pm 1655	3523 \pm 36,1	4023 \pm 41,6
C18:3 cis 9,12,15	171 \pm 58,9	977 \pm 729	1580 \pm 38,9	1832 \pm 60,3
C20:1 cis 11	50,1 \pm 75,8	244 \pm 184	354 \pm 36,0	353 \pm 23,1
C20:2 cis 11,14	48,7 \pm 84,4	11,3 \pm 8,9	22,7 \pm 20,8	12,7 \pm 1,5
C22:1 cis 13	212 \pm 367	50,8 \pm 38,9	71,5 \pm 6,4	66,8 \pm 10,7
C24:1 cis 15	5,8 \pm 10,1	14,1 \pm 10,7	16,4 \pm 1,3	21,4 \pm 3,8
ΣUFA	2466 \pm 93,0	13834 \pm 1142	20935 \pm 47,6	22406 \pm 30,9

Tabell 5 viser ei tydelig auke i frie feittsyrer frå gastrisk til duodenal fordøying for emulsjon med kitosan. Sum av umeitta feittsyrer aukar frå 1029 $\mu\text{g}/\text{mL}$ til 3896 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Også for denne emulsjonen manglar det signal for feittsyre C22:0 etter duodenal fordøying.

Lipolyse av NL med påfølgjande danning av FFA i emulsjon med kitosan er framstilt i tabellen nedanfor. Sum av mengd FA i dei ufordøya NL-fraksjonane frå tabell 1 vart nytta som nullpunkt for å rekna lipolyse av sum av mengd FA nedbrote i NL-fraksjonane.



Figur 11: NL og frigjering av FFA i % for kontrollprøvene og dei ulike fordøyingane for emulsjon med kitosan.

Figur 11 viser ein betydelig nedgang i NL ved duodenal fordøying. Ved gastrisk fordøying vart det danna 0.9% frie feittsyrer, medan mengd nøytrale lipid sank til 99.1%. Lipolysen av NL stabiliserte seg på om lag 70% under 10, 30 og 60 minutt duodenal fordøying.

3.4 Kitosan sin påverknad på lipolyse og fordøying

Ved å samanlikne myseproteinkonsentrat åleine med kitosan og myseproteinkonsentrat som emulgatorar i olje/vatn-emulsjonar har ein funne ei betydelig endring i dropestørrelsen for WPC-CH-emulsjon (10-200 μm) ved pH 7 (Sreedhara et al. 2014). Når ein tilsette duodenal juice (pH 7) viste WPC-emulsjonen ei bimodal distribuering med dropestørrelsar på 0.05-1.7 μm og 200-500 μm . Resultata kan tyde på emulsjonen med kitosan har lågare «fordøyelighet», nettopp på grunn av kitosan. Viskositeten til emulsjonane auka frå gastrisk fase til duodenal fase, og var deretter stabil. Men, viskositeten til emulsjonen med kitosan var heile vegen høgare (Sreedhara et al. 2014).

Skilnadar i viskositet og dropestørrelse for dei to emulsjonane under fordøying kan vere viktig for korleis degraderinga føregår, lipolysen samt biotilgjengelighet. Kitosan bind vatn og feitt (Rodríguez et al. 2002), og betrar også stabiliteten til proteindekka lipiddropar (Ogawa et al. 2003). Kitosan påverkar absorpsjonen av lipid under human fordøying (Hu et al. 2011; Rodriguez & Albertengo 2005). Tidlegare studie kan tyde på at kitosan medfører lågare fordøyelighet ((Sreedhara et al. 2014), .

Resultata frå dette forsøket viser at emulsjon stabilisert med myseprotein og kitosan totalt har noko, men ikkje betydeleg, mindre grad av lipolyse enn emulsjon stabilisert med berre myseprotein. Meir interessant er det truleg å kikke på skilnadane i lipolyse frå gastrisk til duodenal fordøying. Begge dei to emulsjonane har 0.9% lipolyse for HGJ60, men forsøket viste ein tydelig skilnad på lipolyse av emulsjon med og utan kitosan ved HDJ10 og HDJ30. For emulsjon utan kitosan var lipolysen for HDJ10 og HDJ30 høvevis 29.9 og 21.8 %, medan tilsvarande for emulsjonen med kitosan var 36.1 og 28.5 %. Det viser seg at frigjeringsgraden av feittsyrer etter 60 minutt duodenal fordøying er noko høgare for emulsjon utan kitosan, 78.2% mot 76.8% for emulsjon med kitosan.

3.5 Nøyaktighet av analysa

Fordøyinga vart gjennomført med éin prøve per emulsjon for dei ulike fordøyingane.

Prøveparallelane i forsøket kjem frå fleire injeksjonar på GC-MS av same prøve. Desse parallelane vil dermed gi betre innsikt i nøyaktighet og avvik ved GC-MS-instrumentet enn dei vil kunne beskrive nøyaktighet og avvik ved sjølve fordøyinga og emulsjonane. For å få dekkja begge deler burde ein ha gjennomført forsøket både med (minst) tri prøveparallelar per fordøying, og gjerne i tillegg fleire injeksjonar av kvar parallell.

Stamløysingane av internstandardar vart lagra over fleire veker, som kan ha ført til noko fordamping av kloroform. Konsentrasjonen vil med andre ord auke noko med tida, og sidan første analysa vart gjennomført fleire veker før siste, kan ein risikera at mengd feittsyrer i parallell 2 og 3 er noko høgare enn for parallell 1 (vise til tabell). Stor skilnad mellom parallelane gir stort standardavvik.

Ved forestring av feittsyrer med oppkonsentrert eller gamal BF_3 -metanol kan det oppstå tap av PUFA (Morrison & Smith 1964), ved at PUFA ikkje forestrast til FAME og dermed heller ikkje gir signal ved GC-MS-analyse.

4 Konklusjon

For begge emulsjonar vart det observert 0.9% lipolyse av nøytrale lipid ved gastrisk fordøying. Total lipolyse etter 60 minutt duodenal fordøying for emulsjon med og utan kitosan var høvevis 76.8% og 78.2%. Dei litt større skilnadane mellom dei to emulsjonane finn ein i duodenal fordøying.

Resultata frå dette forsøket viser at kitosan påverkar feittopptaket under duodenal fordøying, og tydar samstundes på at også total lipolyse vert noko redusert ved nærvær av kitosan.

5 Vidare arbeid

Resultata i denne oppgåva bør verifiserast ved å gjennomføra forsøket endå ei gong ved bruk av fleire parallellar og prøvereplikar for å auke nøyaktigheten. Med fleire replikar vil ein ha større moglegheit for å peike ut uteliggjarar og samstundes redusera standardavviket. Ein kan også tenke seg at det kan vere spanande å undersøka lipolysen *in vivo*.

6 Referansar

- Armand, M., Pasquier, B., Andre, M., Borel, P., Senft, M., Peyrot, J., Salducci, J., Portugal, H., Jaussan, V. & Lairon, D. (1999). Digestion and absorption of 2 fat emulsions with different droplet sizes in the human digestive tract. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70 (6): 1096-1106.
- Armand, M. (2007). Lipases and lipolysis in the human digestive tract: where do we stand? *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 10 (2): 156-164.
- Bauer, E., Jakob, S. & Mosenthin, R. (2005). Principles of physiology of lipid digestion. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18 (2): 282-295.
- Boisen, S. & Eggum, B. (1991). Critical evaluation of in vitro methods for estimating digestibility in simple-stomach animals. *Nutrition research reviews*, 4 (01): 141-162.
- Bryant, C. M. & McClements, D. J. (1998). Molecular basis of protein functionality with special consideration of cold-set gels derived from heat-denatured whey. *Trends in Food Science & Technology*, 9 (4): 143-151.
- Carriere, F., Barrowman, J. A., Verger, R. & Laugier, R. (1993). Secretion and contribution to lipolysis of gastric and pancreatic lipases during a test meal in humans. *Gastroenterology*, 105 (3): 876-888.
- Christie, W. W. (1993). Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. *Advances in lipid methodology*, 2 (69): e111.
- De Wit, J. & Fox, P. (1989). Functional properties of whey proteins. *Developments in dairy chemistry. 4. Functional milk proteins.*: 285-321.
- 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.
- Devle, H., Ulleberg, E. K., Naess-Andresen, C. F., Rukke, E.-O., Vegarud, G. & Ekeberg, D. (2014). Reciprocal interacting effects of proteins and lipids during ex vivo digestion of bovine milk. *International Dairy Journal*, 36 (1): 6-13.
- Eder, K. (1995). Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 671 (1): 113-131.
- Gargouri, Y., Bensalah, A. & Verger, R. (1992). Role of human gastric lipase in dietary lipids digestion. *Revue Francaise Des Corps Gras*, 39 (7-8): 207-213.

- Guerra, A., Etienne-Mesmin, L., Livrelli, V., Denis, S., Blanquet-Diot, S. & Alric, M. (2012). Relevance and challenges in modeling human gastric and small intestinal digestion. *Trends in biotechnology*, 30 (11): 591-600.
- Hart, H., Hadad, C. M., Craine, L. E. & Hart, D. J. (2007). *Organic Chemistry: A Short Course*: Cengage Learning, Inc. 577 s.
- Hu, M., Li, Y., Decker, E. A., Xiao, H. & McClements, D. J. (2011). Impact of layer structure on physical stability and lipase digestibility of lipid droplets coated by biopolymer nanolaminated coatings. *Food biophysics*, 6 (1): 37-48.
- Koide, S. S. (1998). Chitin-chitosan: Properties, benefits and risks. *Nutrition Research*, 18 (6): 1091-1101.
- Ogawa, S., Decker, E. A. & McClements, D. J. (2003). Production and characterization of O/W emulsions containing cationic droplets stabilized by lecithin-chitosan membranes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (9): 2806-2812.
- Oxford Dictionaries (2014). Tilgjengeleg her: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/lipid> (henta 20.01.15)
- Ratnayake, W. M. N. & Galli, C. (2009). Fat and Fatty Acid Terminology, Methods of Analysis and Fat Digestion and Metabolism: A Background Review Paper. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55 (1-3): 8-43.
- Rodriguez, M. S. & Albertengo, L. E. (2005). Interaction between chitosan and oil under stomach and duodenal digestive chemical conditions. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 69 (11): 2057-2062.
- Rodríguez, M. S., Albertengo, L. A. & Agulló, E. (2002). Emulsification capacity of chitosan. *Carbohydrate Polymers*, 48 (3): 271-276.
- Sreedhara, A., Vegarud, G. E., Ekeberg, D., Devold, T. G., Rukke, E. O. & Schüller, R. B. (2014). Rheological behavior and droplet size distribution of emulsions stabilized by whey proteins and chitosan during ex vivo digestion. *Annual transactions of the nordic rheology society*, 22.
- Turgeon, S., Schmitt, C. & Sanchez, C. (2007). Protein-polysaccharide complexes and coacervates. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 12 (4): 166-178.

7 Vedlegg

Tabellane V.1 og V.2 vart nytta i material og metodar. Tabell V.1 og V.2 gir informasjon om tillaging og tilsetjing av internstandardane.

Tabell V.1. Tabellen viser innhaldet og konsentrasjonane av dei to internstandardane av C19:0-lipid løyst i kloroform (CHCl_3) som vart nytta i oppgåva. Konsentrasjonane er mg lipid per mL kloroform.

Lipid	Forkorting	Konsentrasjon 1 (mg/mL)	Konsentrasjon 2 (mg/mL)
Nonadecanoic acid	C19:0 FFA	1	10
Trinonadecanoic acid	C19:0 TG	-	10

Tabell V.2. Tabellen viser volum av internstandardane (i μL) tilsett til dei ulike fordøyingsprøvane.

Lipid	HGJ og kontrollprøvar	HDJ
C19:0 Triglyserid (10 mg/mL)	100 μL	100 μL
C19:0 Fri feittsyre (1 mg/mL)	40 μL	
C19:0 Fri feittsyre (10 mg/mL)		100 μL

Tabell V.3. Relative responsfaktorar (RRF) og molekylær vekt (MW) i g/mol for dei forskjellige feittsyremetylesterane (FAME) henta frå Devle et al. (2009).

FAME	RRF	MW (g/mol)
C16:0	1,09	256,43
C16:1 n-7	1,18	254,43
C17:0	1,22	270,46
C17:1	1,15	268,46
C18:0	1,19	284,48
C18:1 n-9	1,16	282,48
C18:2 n-6 cis	1,01	280,48
C19:0	1,00	298,52
C18:3 n-3	0,98	278,48
C20:0	1,17	312,54
C20:1 n-9	1,13	310,54
C20:2 n-6	1,06	308,54
C21:0	1,18	326,56
C22:0	1,18	340,60
C22:1 n-9	1,10	338,60
C23:0	1,17	354,62
C24:0	1,19	368,65
C24:1 n-9	1,01	367,65

Tabell V.4-V.11 viser utrekna stoffmengd og mengd av dei ufordøya prøvane (kontrollprøvane) av olje/vatn-emulsjon med og utan kitosan.

Tabell V.4. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå ufordøya emulsjon utan kitosan, kontrollprøve parallell 1.

Emulsjon utan kitosan kontroll 1 nøytrale lipid								
FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,59E-05	4,06E+03	1,16E-05	2,98E+03	1,36E-05	3,48E+03	1,13E-05	2,90E+03
C16:1 cis-9	4,01E-07	1,02E+02	2,65E-07	6,73E+01	2,97E-07	7,56E+01	2,57E-07	6,54E+01
C17:0	1,14E-07	3,08E+01	7,07E-08	1,91E+01	7,99E-08	2,16E+01	7,14E-08	1,93E+01
C17:1 cis 10	8,31E-08	2,23E+01	4,99E-08	1,34E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-08	1,01E+01
C18:0	5,51E-06	1,57E+03	3,88E-06	1,10E+03	4,39E-06	1,25E+03	3,66E-06	1,04E+03
C18:1 cis 9	1,22E-04	3,45E+04	9,34E-05	2,64E+04	1,02E-04	2,88E+04	8,67E-05	2,45E+04
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	4,08E-05	1,15E+04	2,86E-05	8,03E+03	3,29E-05	9,23E+03	2,81E-05	7,88E+03
C20:0	9,49E-07	2,97E+02	5,95E-07	1,86E+02	7,37E-07	2,30E+02	5,95E-07	1,86E+02
C18:3 cis 9,12,15	2,16E-05	6,00E+03	1,54E-05	4,29E+03	1,75E-05	4,87E+03	1,46E-05	4,08E+03
C20:1 cis 11	1,87E-06	5,79E+02	1,15E-06	3,56E+02	1,42E-06	4,42E+02	1,26E-06	3,91E+02
C21:0	5,04E-08	1,65E+01	3,71E-08	1,21E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	6,57E-08	2,03E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,96E-08	1,22E+01	3,34E-08	1,03E+01
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C22:1 cis 13	4,10E-07	1,39E+02	2,22E-07	7,51E+01	2,51E-07	8,49E+01	1,98E-07	6,71E+01
C23:0	2,74E-08	9,73E+00	2,58E-08	9,15E+00	9,10E-08	3,23E+01	1,12E-07	3,95E+01
C24:0	1,40E-08	5,18E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	1,13E-07	4,17E+01	4,36E-08	1,60E+01	5,78E-08	2,12E+01	3,48E-08	1,28E+01

Tabell V.5. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå ufordøya emulsjon utan kitosan, kontrollprøve parallell 2.

Emulsjon utan kitosan kontroll 2 nøytrale lipid

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,58E-05	4,04E+03	1,18E-05	3,04E+03	1,33E-05	3,40E+03	1,12E-05	2,87E+03
C16:1 cis-9	3,68E-07	9,35E+01	2,47E-07	6,29E+01	2,60E-07	6,62E+01	2,01E-07	5,12E+01
C17:0	8,11E-08	2,19E+01	1,21E-07	3,28E+01	1,67E-07	4,53E+01	1,53E-07	4,14E+01
C17:1 cis 10	5,43E-08	1,46E+01	3,58E-07	9,61E+01	4,94E-08	1,33E+01	1,28E-07	3,44E+01
C18:0	5,05E-06	1,44E+03	3,73E-06	1,06E+03	4,06E-06	1,16E+03	3,60E-06	1,02E+03
C18:1 cis 9	1,18E-04	3,34E+04	8,91E-05	2,52E+04	1,01E-04	2,86E+04	8,47E-05	2,39E+04
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	3,97E-05	1,11E+04	2,67E-05	7,50E+03	3,31E-05	9,29E+03	2,78E-05	7,78E+03
C20:0	8,68E-07	2,71E+02	5,35E-07	1,67E+02	6,40E-07	2,00E+02	5,46E-07	1,71E+02
C18:3 cis 9,12,15	2,11E-05	5,86E+03	1,46E-05	4,08E+03	1,69E-05	4,70E+03	1,43E-05	3,98E+03
C20:1 cis 11	1,78E-06	5,52E+02	1,33E-06	4,13E+02	1,39E-06	4,31E+02	1,15E-06	3,57E+02
C21:0	4,91E-08	1,60E+01	1,23E-07	4,03E+01	1,28E-07	4,19E+01	1,92E-08	6,26E+00
C20:2 cis 11,14	5,48E-08	1,69E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	3,11E-07	1,05E+02	1,91E-07	6,46E+01	2,24E-07	7,60E+01	2,04E-07	6,91E+01
C23:0	5,93E-08	2,10E+01	3,42E-08	1,21E+01	3,91E-07	1,39E+02	2,85E-08	1,01E+01
C24:0	2,28E-08	8,43E+00	7,50E-08	2,77E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	8,46E-08	3,11E+01	0,00E+00	0,00E+00	9,14E-08	3,36E+01	4,51E-08	1,66E+01

Tabell V.6. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (μg) av dei ulike fetttsyrene per mL emulsjon funne i dei frie fetttsyrefraksjonane frå ufordøya emulsjon utan kitosan, kontrollprøve parallell 1.

Emulsjon utan kitosan kontroll 1 frie fetttsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)
C16:0	4,66E-06	1,19E+03	5,73E-06	1,47E+03	5,38E-06	1,38E+03	4,28E-06	1,10E+03
C16:1 cis-9	4,28E-08	1,09E+01	1,06E-07	2,70E+01	8,19E-08	2,08E+01	6,62E-08	1,68E+01
C17:0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,03E-08	2,17E+01
C17:1 cis 10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C18:0	2,19E-06	6,24E+02	2,86E-06	8,15E+02	2,80E-06	7,97E+02	1,92E-06	5,47E+02
C18:1 cis 9	5,39E-06	1,52E+03	3,76E-06	1,06E+03	4,01E-06	1,13E+03	4,46E-06	1,26E+03
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01
C18:2 cis 9,12	1,34E-06	3,75E+02	7,20E-07	2,02E+02	1,02E-06	2,85E+02	1,14E-06	3,19E+02
C20:0	5,39E-07	1,68E+02	4,60E-07	1,44E+02	4,05E-07	1,27E+02	2,03E-07	6,35E+01
C18:3 cis 9,12,15	5,16E-07	1,44E+02	3,66E-07	1,02E+02	3,80E-07	1,06E+02	3,61E-07	1,01E+02
C20:1 cis 11	2,98E-07	9,27E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,96E-08	2,16E+01
C21:0	0,00E+00	0,00E+00	4,37E-08	1,43E+01	5,55E-08	1,81E+01	0,00E+00	0,00E+00
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	1,81E-08	6,14E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-08	4,37E+00
C23:0	9,80E-09	3,48E+00	6,82E-08	2,42E+01	3,05E-08	1,08E+01	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	8,09E-08	2,50E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-08	5,21E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabell V.7. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike fetttsyrene per mL emulsjon funne i dei frie fetttsyrefraksjonane frå ufordøya emulsjon utan kitosan, kontrollprøve parallell 2.

Emulsjon utan kitosan kontroll 2 frie fetttsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	4,85E-06	1,24E+03	6,52E-06	1,67E+03	5,88E-06	1,51E+03	4,40E-06	1,13E+03
C16:1 cis-9	3,50E-08	8,90E+00	1,60E-07	4,08E+01	1,49E-07	3,80E+01	6,90E-08	1,76E+01
C17:0	3,02E-07	8,18E+01	3,96E-07	1,07E+02	9,05E-09	2,45E+00	3,53E-07	9,56E+01
C17:1 cis 10	7,84E-07	2,10E+02	2,57E-07	6,89E+01	3,88E-07	1,04E+02	2,52E-08	6,77E+00
C18:0	2,69E-06	7,66E+02	3,14E-06	8,95E+02	2,73E-06	7,77E+02	1,83E-06	5,20E+02
C18:1 cis 9	5,73E-06	1,62E+03	3,53E-06	9,99E+02	3,86E-06	1,09E+03	4,44E-06	1,25E+03
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01
C18:2 cis 9,12	1,38E-06	3,87E+02	8,91E-07	2,50E+02	9,43E-07	2,65E+02	1,12E-06	3,15E+02
C20:0	3,66E-07	1,14E+02	6,95E-07	2,17E+02	5,30E-07	1,66E+02	2,69E-07	8,40E+01
C18:3 cis 9,12,15	5,04E-07	1,40E+02	2,92E-07	8,13E+01	3,31E-07	9,21E+01	4,11E-07	1,14E+02
C20:1 cis 11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-07	6,69E+01
C21:0	1,16E-07	3,78E+01	1,87E-07	6,12E+01	1,47E-07	4,80E+01	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	1,37E-07	4,23E+01	7,39E-08	2,28E+01	3,67E-08	1,13E+01	3,50E-07	1,08E+02
C22:0	5,89E-08	2,01E+01	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	9,16E-08	3,10E+01	7,76E-08	2,63E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-07	5,50E+01
C23:0	3,81E-08	1,35E+01	0,00E+00	0,00E+00	6,89E-08	2,44E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	4,18E-08	1,54E+01	9,57E-08	3,54E+01	4,85E-08	1,79E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	7,83E-08	2,88E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,28E-07	1,20E+02	1,48E-07	5,44E+01

Tabell V.8. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå ufordøya emulsjon med kitosan, kontrollprøve parallell 1.

Emulsjon med kitosan kontroll 1 nøytrale lipid

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,50E-05	3,85E+03	1,07E-05	2,73E+03	1,14E-05	2,93E+03	1,21E-05	3,09E+03
C16:1 cis-9	3,81E-07	9,69E+01	2,24E-07	5,70E+01	2,65E-07	6,75E+01	2,72E-07	6,92E+01
C17:0	9,96E-08	2,69E+01	6,80E-08	1,84E+01	7,62E-08	2,06E+01	6,42E-08	1,74E+01
C17:1 cis 10	1,01E-07	2,70E+01	6,94E-08	1,86E+01	6,78E-08	1,82E+01	4,85E-08	1,30E+01
C18:0	5,33E-06	1,52E+03	3,60E-06	1,02E+03	3,84E-06	1,09E+03	4,01E-06	1,14E+03
C18:1 cis 9	1,20E-04	3,40E+04	8,90E-05	2,52E+04	9,15E-05	2,58E+04	9,38E-05	2,65E+04
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	4,04E-05	1,13E+04	2,77E-05	7,76E+03	2,95E-05	8,29E+03	3,07E-05	8,60E+03
C20:0	9,55E-07	2,98E+02	5,80E-07	1,81E+02	6,56E-07	2,05E+02	6,91E-07	2,16E+02
C18:3 cis 9,12,15	2,14E-05	5,95E+03	1,45E-05	4,03E+03	1,56E-05	4,33E+03	1,60E-05	4,46E+03
C20:1 cis 11	2,00E-06	6,20E+02	1,12E-06	3,49E+02	1,27E-06	3,95E+02	1,36E-06	4,22E+02
C21:0	3,64E-08	1,19E+01	7,58E-08	2,47E+01	2,31E-08	7,54E+00	2,99E-08	9,76E+00
C20:2 cis 11,14	5,66E-08	1,75E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,25E-08	1,00E+01
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	3,80E-07	1,29E+02	3,00E-07	1,01E+02	2,32E-07	7,85E+01	2,29E-07	7,75E+01
C23:0	2,68E-08	9,49E+00	6,56E-08	2,33E+01	2,38E-08	8,44E+00	1,52E-08	5,38E+00
C24:0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,08E-09	2,98E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	1,07E-07	3,94E+01	5,25E-08	1,93E+01	4,60E-08	1,69E+01	4,27E-08	1,57E+01

Tabell V.9. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå ufordøya emulsjon med kitosan, kontrollprøve parallell 2.

Emulsjon med kitosan kontroll 2 nøytrale lipid

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,47E-05	3,76E+03	1,11E-05	2,86E+03	1,16E-05	2,97E+03	1,17E-05	2,99E+03
C16:1 cis-9	3,33E-07	8,47E+01	2,42E-07	6,15E+01	2,36E-07	5,99E+01	2,32E-07	5,89E+01
C17:0	1,61E-07	4,36E+01	5,90E-08	1,60E+01	8,15E-08	2,20E+01	8,43E-08	2,28E+01
C17:1 cis 10	1,64E-07	4,41E+01	5,17E-08	1,39E+01	4,59E-08	1,23E+01	6,94E-08	1,86E+01
C18:0	5,19E-06	1,48E+03	3,59E-06	1,02E+03	3,83E-06	1,09E+03	3,85E-06	1,09E+03
C18:1 cis 9	1,30E-04	3,68E+04	8,83E-05	2,50E+04	9,32E-05	2,63E+04	9,33E-05	2,64E+04
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	4,11E-05	1,15E+04	2,78E-05	7,81E+03	2,96E-05	8,31E+03	3,02E-05	8,48E+03
C20:0	8,96E-07	2,80E+02	5,51E-07	1,72E+02	6,61E-07	2,07E+02	6,34E-07	1,98E+02
C18:3 cis 9,12,15	2,17E-05	6,05E+03	1,44E-05	4,01E+03	1,56E-05	4,35E+03	1,56E-05	4,35E+03
C20:1 cis 11	1,79E-06	5,55E+02	9,95E-07	3,09E+02	1,16E-06	3,59E+02	1,28E-06	3,96E+02
C21:0	6,24E-08	2,04E+01	1,74E-07	5,70E+01	4,04E-08	1,32E+01	4,44E-08	1,45E+01
C20:2 cis 11,14	5,44E-08	1,68E+01	0,00E+00	0,00E+00	5,21E-08	1,61E+01	5,58E-08	1,72E+01
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	3,33E-07	1,13E+02	1,64E-07	5,56E+01	2,09E-07	7,09E+01	2,39E-07	8,08E+01
C23:0	3,37E-08	1,19E+01	2,72E-08	9,66E+00	3,23E-07	1,14E+02	3,02E-08	1,07E+01
C24:0	0,00E+00	0,00E+00	1,72E-07	6,37E+01	6,89E-08	2,55E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	1,92E-07	7,07E+01	8,90E-08	3,27E+01	4,85E-08	1,78E+01	4,89E-08	1,80E+01

Tabell V.10. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (μg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå ufordøya emulsjon med kitosan, kontrollprøve parallell 1.

Emulsjon med kitosan kontroll 1 frie feittsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)
C16:0	4,83E-06	1,24E+03	7,62E-06	1,95E+03	4,53E-06	1,16E+03	4,07E-06	1,04E+03
C16:1 cis-9	1,87E-07	4,76E+01	7,88E-08	2,00E+01	3,91E-08	9,95E+00	1,49E-07	3,80E+01
C17:0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,62E-08	7,09E+00	0,00E+00	0,00E+00
C17:1 cis 10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-07	5,83E+01
C18:0	2,21E-06	6,28E+02	3,19E-06	9,08E+02	2,17E-06	6,16E+02	1,82E-06	5,18E+02
C18:1 cis 9	5,55E-06	1,57E+03	4,25E-06	1,20E+03	3,89E-06	1,10E+03	4,52E-06	1,28E+03
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01
C18:2 cis 9,12	1,40E-06	3,94E+02	1,11E-06	3,10E+02	9,85E-07	2,76E+02	1,16E-06	3,26E+02
C20:0	2,82E-07	8,81E+01	4,66E-07	1,46E+02	3,71E-07	1,16E+02	1,58E-07	4,94E+01
C18:3 cis 9,12,15	5,22E-07	1,46E+02	4,15E-07	1,15E+02	3,81E-07	1,06E+02	4,20E-07	1,17E+02
C20:1 cis 11	5,92E-08	1,84E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,54E-08	1,10E+01
C21:0	0,00E+00	0,00E+00	5,62E-08	1,84E+01	5,29E-08	1,73E+01	6,74E-08	2,20E+01
C20:2 cis 11,14	6,55E-09	2,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,65E-09	1,57E+00	3,26E-09	1,10E+00
C23:0	2,06E-08	7,32E+00	4,30E-08	1,52E+01	1,27E-08	4,50E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	2,64E-07	9,74E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,99E-08	2,95E+01
C24:1 cis 15	1,16E-08	4,25E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-07	6,17E+01

Tabell V.11. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå ufordøya emulsjon med kitosan, kontrollprøve parallell 2.

Emulsjon med kitosan kontroll 2 frie feittsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	4,68E-06	1,20E+03	6,82E-06	1,75E+03	4,82E-06	1,23E+03	4,39E-06	1,13E+03
C16:1 cis-9	3,30E-07	8,39E+01	1,45E-07	3,69E+01	1,93E-07	4,90E+01	8,35E-08	2,12E+01
C17:0	2,08E-07	5,62E+01	0,00E+00	0,00E+00	4,21E-08	1,14E+01	3,72E-07	1,01E+02
C17:1 cis 10	7,66E-07	2,06E+02	1,16E-07	3,10E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,52E-07	6,77E+01
C18:0	2,25E-06	6,39E+02	3,93E-06	1,12E+03	2,32E-06	6,60E+02	1,88E-06	5,34E+02
C18:1 cis 9	5,12E-06	1,45E+03	4,36E-06	1,23E+03	3,97E-06	1,12E+03	4,61E-06	1,30E+03
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01	1,34E-07	4,00E+01
C18:2 cis 9,12	1,46E-06	4,09E+02	1,03E-06	2,88E+02	9,61E-07	2,69E+02	1,16E-06	3,24E+02
C20:0	3,95E-07	1,24E+02	5,19E-07	1,62E+02	3,92E-07	1,22E+02	2,05E-07	6,42E+01
C18:3 cis 9,12,15	4,40E-07	1,23E+02	4,09E-07	1,14E+02	3,25E-07	9,04E+01	6,38E-07	1,78E+02
C20:1 cis 11	4,08E-07	1,27E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,32E-08	1,03E+01	6,47E-08	2,01E+01
C21:0	5,92E-08	1,93E+01	3,90E-07	1,27E+02	0,00E+00	0,00E+00	9,75E-08	3,18E+01
C20:2 cis 11,14	4,67E-08	1,44E+01	6,08E-08	1,87E+01	4,26E-08	1,32E+01	0,00E+00	0,00E+00
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	1,50E-07	5,08E+01	8,93E-08	3,02E+01	0,00E+00	0,00E+00	9,42E-08	3,19E+01
C23:0	8,59E-08	3,05E+01	1,52E-07	5,40E+01	2,61E-07	9,26E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	5,19E-08	1,92E+01	4,31E-07	1,59E+02	2,31E-07	8,53E+01	9,88E-08	3,65E+01
C24:1 cis 15	4,13E-08	1,52E+01	5,43E-08	2,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-07	4,00E+01

Tabell V.12. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå fordøya emulsjon utan kitosan, parallell 1.**Emulsjon utan kitosan parallell 1 nøytrale lipid**

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,44E-05	3,70E+03	3,46E-06	8,88E+02	2,01E-06	5,16E+02	1,40E-06	3,58E+02
C16:1 cis-9	3,39E-07	8,62E+01	8,81E-08	2,24E+01	7,76E-08	1,97E+01	6,28E-08	1,60E+01
C17:0	1,00E-07	2,72E+01	9,46E-08	2,56E+01	1,66E-09	4,49E-01	0,00E+00	0,00E+00
C17:1 cis 10	8,11E-08	2,18E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C18:0	4,53E-06	1,29E+03	9,69E-07	2,76E+02	5,15E-07	1,46E+02	3,39E-07	9,64E+01
C18:1 cis 9	1,10E-04	3,10E+04	2,94E-05	8,30E+03	2,06E-05	5,81E+03	2,14E-05	6,05E+03
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35*10 ⁻⁶	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	3,62E-05	1,02E+04	1,34E-05	3,76E+03	1,03E-05	2,89E+03	1,05E-05	2,96E+03
C20:0	7,97E-07	2,49E+02	1,11E-07	3,45E+01	3,52E-08	1,10E+01	4,59E-08	1,43E+01
C18:3 cis 9,12,15	1,89E-05	5,27E+03	6,76E-06	1,88E+03	5,13E-06	1,43E+03	5,13E-06	1,43E+03
C20:1 cis 11	1,68E-06	5,22E+02	1,80E-07	5,59E+01	7,23E-08	2,24E+01	8,46E-08	2,63E+01
C21:0	3,39E-08	1,11E+01	2,15E-08	7,01E+00	1,21E-08	3,94E+00	2,85E-08	9,29E+00
C20:2 cis 11,14	4,55E-08	1,40E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,79E-08	5,52E+00
C22:0	2,67E-07	9,08E+01	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1,02E-08	3,47E+00
C22:1 cis 13	4,53E-08	1,53E+01	3,35E-08	1,14E+01	8,24E-09	2,79E+00	4,54E-08	1,54E+01
C23:0	1,40E-08	4,98E+00	1,80E-08	6,37E+00	1,19E-07	4,23E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	6,01E-08	2,22E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-08	4,04E+00
C24:1 cis 15	7,01E-08	2,58E+01	1,67E-08	6,16E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,93E-09	7,09E-01

Tabell V.13. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå fordøya emulsjon utan kitosan, parallell 2.**Emulsjon utan kitosan parallell 2 nøytrale lipid**

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,37E-05	3,52E+03	3,53E-06	9,06E+02	1,94E-06	4,97E+02	1,86E-06	4,77E+02
C16:1 cis-9	3,22E-07	8,20E+01	1,51E-07	3,83E+01	2,10E-07	5,34E+01	6,50E-08	1,65E+01
C17:0	8,59E-08	2,32E+01	3,68E-08	9,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,57E-08	1,51E+01
C17:1 cis 10	5,68E-08	1,53E+01	4,30E-08	1,15E+01	6,81E-08	1,83E+01	0,00E+00	0,00E+00
C18:0	4,72E-06	1,34E+03	9,11E-07	2,59E+02	5,09E-07	1,45E+02	3,49E-07	9,92E+01
C18:1 cis 9	1,04E-04	2,93E+04	2,97E-05	8,40E+03	2,03E-05	5,75E+03	2,15E-05	6,07E+03
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35*10 ⁻⁶	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	3,44E-05	9,65E+03	1,36E-05	3,83E+03	1,03E-05	2,89E+03	1,08E-05	3,04E+03
C20:0	8,22E-07	2,57E+02	6,33E-08	1,98E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-08	1,18E+01
C18:3 cis 9,12,15	1,83E-05	5,11E+03	6,69E-06	1,86E+03	5,12E-06	1,43E+03	4,84E-06	1,35E+03
C20:1 cis 11	1,73E-06	5,38E+02	1,64E-07	5,11E+01	6,54E-08	2,03E+01	6,58E-08	2,04E+01
C21:0	3,24E-08	1,06E+01	2,86E-08	9,34E+00	3,08E-08	1,00E+01	2,38E-08	7,78E+00
C20:2 cis 11,14	5,12E-08	1,58E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,47E-08	7,61E+00
C22:0	3,14E-07	1,07E+02	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00E+00	0,00E+00
C22:1 cis 13	3,36E-08	1,14E+01	1,94E-08	6,56E+00	2,29E-08	7,75E+00	3,20E-08	1,08E+01
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	3,68E-08	1,30E+01	3,98E-08	1,41E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	7,96E-08	2,94E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-09	1,05E+00
C24:1 cis 15	8,59E-08	3,16E+01	1,76E-08	6,49E+00	1,67E-08	6,14E+00	9,65E-10	3,55E-01

Tabell V.14. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå fordøya emulsjon utan kitosan, parallell 3.**Emulsjon utan kitosan parallell 3 nøytrale lipid**

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,36E-05	3,50E+03	3,52E-06	9,02E+02	2,16E-06	5,53E+02	2,03E-06	5,21E+02
C16:1 cis-9	2,35E-07	5,99E+01	8,52E-08	2,17E+01	1,37E-07	3,49E+01	6,97E-08	1,77E+01
C17:0	6,57E-08	1,78E+01	1,25E-07	3,38E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,12E-08	3,03E+00
C17:1 cis 10	5,50E-08	1,48E+01	3,61E-08	9,69E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,80E-08	1,29E+01
C18:0	4,36E-06	1,24E+03	9,36E-07	2,66E+02	5,55E-07	1,58E+02	3,81E-07	1,09E+02
C18:1 trans 9	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C18:1 cis 9	1,06E-04	2,99E+04	2,98E-05	8,41E+03	1,92E-05	5,44E+03	2,23E-05	6,30E+03
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35*10 ⁻⁶	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	3,56E-05	9,99E+03	1,36E-05	3,81E+03	1,03E-05	2,89E+03	1,09E-05	3,06E+03
C20:0	6,87E-07	2,15E+02	8,51E-08	2,66E+01	3,85E-08	1,20E+01	1,35E-08	4,21E+00
C18:3 cis 9,12,15	1,80E-05	5,01E+03	6,58E-06	1,83E+03	4,88E-06	1,36E+03	4,95E-06	1,38E+03
C20:1 cis 11	1,50E-06	4,67E+02	1,50E-07	4,66E+01	6,34E-08	1,97E+01	9,89E-08	3,07E+01
C21:0	3,42E-08	1,12E+01	4,04E-08	1,32E+01	2,35E-08	7,66E+00	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	1,65E-07	5,09E+01	6,15E-08	1,90E+01	2,78E-08	8,57E+00	1,02E-07	3,15E+01
C22:0	2,16E-07	7,36E+01	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	3,29E-08	1,11E+01	7,53E-08	2,55E+01	3,28E-08	1,11E+01	1,54E-08	5,23E+00
C23:0	2,73E-08	9,69E+00	5,71E-08	2,02E+01	1,16E-07	4,11E+01	8,84E-08	3,14E+01
C24:0	4,50E-08	1,66E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,50E-08	1,29E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	4,85E-08	1,78E+01	7,63E-09	2,81E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabell V.15. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (μg) av dei ulike fetttsyrene per mL emulsjon funne i dei frie fetttsyrefraksjonane frå fordøya emulsjon utan kitosan, parallell 1.

Emulsjon utan kitosan parallell 1 frie fettstyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)
C16:0	3,03E-06	7,77E+02	9,20E-06	2,36E+03	1,13E-05	2,89E+03	1,14E-05	2,92E+03
C16:1 cis-9	7,37E-08	1,88E+01	1,98E-07	5,03E+01	2,30E-07	5,85E+01	2,47E-07	6,29E+01
C17:0	0,00E+00	0,00E+00	5,66E-08	1,53E+01	7,11E-08	1,92E+01	6,69E-08	1,81E+01
C17:1 cis 10	0,00E+00	0,00E+00	2,43E-08	6,53E+00	3,07E-08	8,23E+00	3,81E-08	1,02E+01
C18:0	1,22E-06	3,48E+02	3,21E-06	9,14E+02	3,87E-06	1,10E+03	3,92E-06	1,11E+03
C18:1 cis 9	5,02E-06	1,42E+03	4,74E-05	1,34E+04	5,50E-05	1,55E+04	6,02E-05	1,70E+04
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	1,28E-06	3,60E+02	1,04E-05	2,93E+03	1,22E-05	3,43E+03	1,46E-05	4,09E+03
C20:0	1,46E-07	4,56E+01	3,44E-08	1,08E+01	5,38E-07	1,68E+02	5,92E-07	1,85E+02
C18:3 cis 9,12,15	4,87E-07	1,36E+02	4,48E-06	1,25E+03	5,44E-06	1,51E+03	6,59E-06	1,83E+03
C20:1 cis 11	3,92E-07	1,22E+02	1,01E-06	3,13E+02	1,19E-06	3,69E+02	1,25E-06	3,90E+02
C21:0	3,03E-07	9,89E+01	2,81E-08	9,19E+00	3,06E-08	1,00E+01	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	0,00E+00	0,00E+00	3,92E-08	1,21E+01	3,06E-08	9,43E+00	4,15E-08	1,28E+01
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	2,08E-07	7,08E+01
C22:1 cis 13	4,10E-09	1,39E+00	1,91E-07	6,48E+01	2,11E-07	7,13E+01	1,29E-08	4,37E+00
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	1,76E-08	6,24E+00	7,79E-09	2,76E+00	1,89E-08	6,71E+00
C24:0	0,00E+00	0,00E+00	2,33E-08	8,62E+00	1,41E-08	5,21E+00	5,10E-08	1,88E+01
C24:1 cis 15	0,00E+00	0,00E+00	4,52E-08	1,66E+01	4,55E-08	1,67E+01	6,13E-08	2,25E+01

Tabell V.16. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå fordøya emulsjon utan kitosan, parallell 2.

Emulsjon utan kitosan parallell 2 frie feittsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,29E-06	3,30E+02	8,80E-06	2,26E+03	1,09E-05	2,79E+03	1,10E-05	2,82E+03
C16:1 cis-9	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-07	4,62E+01	1,91E-07	4,86E+01	2,02E-07	5,13E+01
C17:0	0,00E+00	0,00E+00	5,82E-08	1,58E+01	7,42E-08	2,01E+01	1,14E-07	3,07E+01
C17:1 cis 10	0,00E+00	0,00E+00	6,07E-08	1,63E+01	2,71E-08	7,27E+00	2,23E-08	5,98E+00
C18:0	1,71E-06	4,86E+02	3,25E-06	9,25E+02	3,79E-06	1,08E+03	3,90E-06	1,11E+03
C18:1 cis 9	4,68E-06	1,32E+03	4,72E-05	1,33E+04	5,53E-05	1,56E+04	5,92E-05	1,67E+04
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	1,24E-06	3,48E+02	1,04E-05	2,93E+03	1,20E-05	3,38E+03	1,46E-05	4,09E+03
C20:0	0,00E+00	0,00E+00	5,08E-07	1,59E+02	5,70E-07	1,78E+02	5,13E-07	1,60E+02
C18:3 cis 9,12,15	0,00E+00	0,00E+00	4,53E-06	1,26E+03	5,36E-06	1,49E+03	6,35E-06	1,77E+03
C20:1 cis 11	0,00E+00	0,00E+00	9,46E-07	2,94E+02	1,13E-06	3,52E+02	1,02E-06	3,17E+02
C21:0	0,00E+00	0,00E+00	3,37E-08	1,10E+01	3,75E-08	1,23E+01	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	0,00E+00	0,00E+00	2,71E-08	8,36E+00	2,91E-08	8,96E+00	4,03E-08	1,24E+01
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-07	6,04E+01	1,93E-07	6,52E+01	1,57E-07	5,30E+01
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	1,86E-08	6,61E+00	1,28E-08	4,56E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	0,00E+00	0,00E+00	2,53E-08	9,35E+00	1,42E-08	5,25E+00	3,76E-08	1,39E+01
C24:1 cis 15	0,00E+00	0,00E+00	4,15E-08	1,53E+01	3,82E-08	1,40E+01	3,71E-08	1,36E+01

Tabell V.17. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå fordøya emulsjon utan kitosan, parallell 3.

Emulsjon utan kitosan parallell 3 frie feittsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	9,73E-07	2,49E+02	7,88E-07	2,02E+02	1,08E-05	2,78E+03	1,10E-05	2,82E+03
C16:1 cis-9	3,41E-07	8,67E+01	1,53E-08	3,90E+00	1,95E-07	4,97E+01	2,02E-07	5,13E+01
C17:0	0,00E+00	0,00E+00	2,75E-08	7,44E+00	5,55E-08	1,50E+01	1,14E-07	3,07E+01
C17:1 cis 10	4,84E-07	1,30E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,61E-08	1,51E+01	2,23E-08	5,98E+00
C18:0	1,84E-06	5,23E+02	3,48E-07	9,89E+01	3,85E-06	1,10E+03	3,90E-06	1,11E+03
C18:1 cis 9	4,76E-06	1,34E+03	5,11E-06	1,44E+03	5,11E-05	1,44E+04	5,92E-05	1,67E+04
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	1,39E-06	3,90E+02	9,72E-07	2,73E+02	1,19E-05	3,33E+03	1,46E-05	4,09E+03
C20:0	1,52E-07	4,74E+01	2,51E-09	7,86E-01	5,55E-07	1,73E+02	5,13E-07	1,60E+02
C18:3 cis 9,12,15	3,45E-07	9,62E+01	3,72E-07	1,04E+02	5,24E-06	1,46E+03	6,35E-06	1,77E+03
C20:1 cis 11	7,55E-08	2,34E+01	8,79E-08	2,73E+01	1,14E-06	3,54E+02	1,02E-06	3,17E+02
C21:0	1,52E-08	4,95E+00	4,09E-09	1,34E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	6,29E-08	1,94E+01	0,00E+00	0,00E+00	9,16E-08	2,83E+01	4,03E-08	1,24E+01
C22:0	2,92E-08	9,93E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	4,71E-08	1,60E+01	1,09E-08	3,68E+00	1,97E-07	6,67E+01	1,57E-07	5,30E+01
C23:0	4,95E-08	1,76E+01	2,02E-09	7,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	5,98E-08	2,21E+01	6,40E-09	2,37E+00	1,82E-08	6,73E+00	3,76E-08	1,39E+01
C24:1 cis 15	0,00E+00	0,00E+00	6,01E-09	2,21E+00	6,94E-08	2,55E+01	3,71E-08	1,36E+01

Tabell V.18. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå fordøya emulsjon med kitosan, parallell 1.

Emulsjon med kitosan parallell 1 nøytrale lipid

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,31E-05	3,37E+03	3,19E-06	8,17E+02	2,50E-06	6,42E+02	2,55E-06	6,54E+02
C16:1 cis-9	3,20E-07	8,15E+01	1,55E-07	3,94E+01	1,16E-07	2,94E+01	9,22E-08	2,35E+01
C17:0	8,65E-08	2,34E+01	2,53E-08	6,83E+00	2,09E-08	5,65E+00	1,51E-08	4,08E+00
C17:1 cis 10	7,85E-08	2,11E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,41E-08	3,80E+00
C18:0	4,47E-06	1,27E+03	7,90E-07	2,25E+02	7,77E-07	2,21E+02	5,04E-07	1,43E+02
C18:1 cis 9	1,11E-04	3,15E+04	3,58E-05	1,01E+04	2,82E-05	7,96E+03	2,40E-05	6,78E+03
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35*10 ⁻⁶	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	3,54E-05	9,93E+03	1,64E-05	4,61E+03	1,30E-05	3,64E+03	9,65E-06	2,71E+03
C20:0	8,44E-07	2,64E+02	1,26E-07	3,94E+01	6,32E-08	1,98E+01	5,10E-08	1,59E+01
C18:3 cis 9,12,15	1,84E-05	5,12E+03	8,30E-06	2,31E+03	6,51E-06	1,81E+03	4,60E-06	1,28E+03
C20:1 cis 11	1,65E-06	5,13E+02	2,25E-07	6,98E+01	1,56E-07	4,83E+01	1,01E-07	3,13E+01
C21:0	3,10E-08	1,01E+01	3,78E-08	1,23E+01	2,57E-08	8,40E+00	1,78E-08	5,80E+00
C20:2 cis 11,14	5,10E-08	1,57E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C22:0	2,93E-07	9,97E+01	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	9,31E-09	3,17E+00
C22:1 cis 13	2,27E-08	7,68E+00	5,48E-08	1,86E+01	2,14E-08	7,25E+00	1,72E-08	5,82E+00
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	5,25E-08	1,86E+01	2,12E-08	7,52E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:0	6,29E-08	2,33E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,46E-08	5,38E+00
C24:1 cis 15	7,35E-08	2,70E+01	5,16E-08	1,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,81E-08	2,87E+01

Tabell V.19. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike fetttsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå fordøya emulsjon med kitosan, parallell 2.

Emulsjon med kitosan parallell 2 nøytrale lipid

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,31E-05	3,36E+03	3,60E-06	9,22E+02	2,75E-06	7,05E+02	2,82E-06	7,24E+02
C16:1 cis-9	2,87E-07	7,30E+01	9,23E-08	2,35E+01	7,84E-08	1,99E+01	8,38E-08	2,13E+01
C17:0	8,53E-08	2,31E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,42E-07	6,55E+01	2,32E-08	6,28E+00
C17:1 cis 10	4,70E-08	1,26E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C18:0	4,64E-06	1,32E+03	8,57E-07	2,44E+02	7,34E-07	2,09E+02	5,00E-07	1,42E+02
C18:1 cis 9	1,04E-04	2,93E+04	3,64E-05	1,03E+04	3,00E-05	8,48E+03	2,56E-05	7,23E+03
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35*10 ⁻⁶	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	3,46E-05	9,69E+03	1,75E-05	4,90E+03	1,42E-05	3,99E+03	1,03E-05	2,89E+03
C20:0	8,71E-07	2,72E+02	1,05E-07	3,29E+01	1,40E-07	4,37E+01	5,08E-08	1,59E+01
C18:3 cis 9,12,15	1,82E-05	5,06E+03	8,12E-06	2,26E+03	7,00E-06	1,95E+03	4,91E-06	1,37E+03
C20:1 cis 11	1,79E-06	5,56E+02	2,28E-07	7,09E+01	1,56E-07	4,83E+01	8,16E-08	2,53E+01
C21:0	3,10E-08	1,01E+01	3,13E-08	1,02E+01	3,19E-08	1,04E+01	1,99E-08	6,49E+00
C20:2 cis 11,14	4,97E-08	1,53E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C22:0	3,29E-07	1,12E+02	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	3,55E-09	1,21E+00
C22:1 cis 13	3,44E-08	1,16E+01	3,69E-07	1,25E+02	2,31E-08	7,82E+00	5,26E-09	1,78E+00
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	4,02E-08	1,43E+01	5,77E-08	2,05E+01	2,58E-09	9,15E-01
C24:0	9,88E-08	3,65E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-08	1,40E+01	2,02E-09	7,47E-01
C24:1 cis 15	9,71E-08	3,57E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-08	4,30E+00	1,06E-08	3,90E+00

Tabell V.20. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå fordøya emulsjon med kitosan, parallell 3.

Emulsjon med kitosan parallell 3 nøytrale lipid

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	1,34E-05	3,45E+03	3,40E-06	8,71E+02	2,60E-06	6,67E+02	2,56E-06	6,57E+02
C16:1 cis-9	2,47E-07	6,28E+01	1,09E-07	2,79E+01	7,80E-08	1,98E+01	1,27E-07	3,23E+01
C17:0	5,96E-08	1,61E+01	2,58E-08	6,99E+00	5,92E-09	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00
C17:1 cis 10	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-07	4,03E+01	4,12E-08	1,10E+01	7,27E-08	1,95E+01
C18:0	4,41E-06	1,25E+03	8,65E-07	2,46E+02	6,45E-07	1,83E+02	5,38E-07	1,53E+02
C18:1 cis 9	1,06E-04	3,01E+04	3,55E-05	1,00E+04	2,66E-05	7,52E+03	2,39E-05	6,76E+03
C19:0	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35*10 ⁻⁶	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	3,53E-05	9,91E+03	1,67E-05	4,68E+03	1,33E-05	3,72E+03	9,37E-06	2,63E+03
C20:0	7,61E-07	2,38E+02	1,03E-07	3,22E+01	5,60E-08	1,75E+01	0,00E+00	0,00E+00
C18:3 cis 9,12,15	1,77E-05	4,93E+03	8,28E-06	2,30E+03	6,38E-06	1,78E+03	4,27E-06	1,19E+03
C20:1 cis 11	1,53E-06	4,75E+02	1,99E-07	6,18E+01	1,29E-07	4,00E+01	8,03E-08	2,49E+01
C21:0	2,78E-08	9,07E+00	2,21E-07	7,22E+01	2,53E-08	8,26E+00	2,32E-08	7,59E+00
C20:2 cis 11,14	1,48E-07	4,57E+01	7,85E-08	2,42E+01	2,70E-08	8,32E+00	1,89E-07	5,83E+01
C22:0	2,47E-07	8,42E+01	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	3,36E-08	1,14E+01	1,40E-07	4,75E+01	7,34E-09	2,49E+00	1,40E-08	4,75E+00
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	5,62E-08	1,99E+01	9,01E-08	3,19E+01	2,30E-08	8,15E+00
C24:0	5,07E-08	1,88E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	5,81E-08	2,14E+01	2,23E-08	8,18E+00	1,56E-08	5,74E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabell V.21. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (µg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå fordøya emulsjon med kitosan, parallell 1.

Emulsjon med kitosan parallell 1 frie feittsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)	nFA (mol)	mFA (µg)
C16:0	2,81E-06	7,20E+02	1,01E-05	2,59E+03	1,10E-05	2,82E+03	1,06E-05	2,71E+03
C16:1 cis-9	1,90E-07	4,83E+01	2,25E-07	5,72E+01	2,32E-07	5,90E+01	2,31E-07	5,88E+01
C17:0	2,77E-08	7,48E+00	7,45E-08	2,01E+01	7,18E-08	1,94E+01	7,42E-08	2,01E+01
C17:1 cis 10	0,00E+00	0,00E+00	6,26E-08	1,68E+01	3,76E-08	1,01E+01	1,14E-07	3,07E+01
C18:0	9,29E-07	2,64E+02	3,68E-06	1,05E+03	3,90E-06	1,11E+03	3,66E-06	1,04E+03
C18:1 cis 9	5,26E-06	1,48E+03	5,22E-05	1,47E+04	5,53E-05	1,56E+04	5,72E-05	1,61E+04
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	1,37E-06	3,85E+02	1,13E-05	3,18E+03	1,27E-05	3,56E+03	1,45E-05	4,07E+03
C20:0	1,87E-07	5,85E+01	5,89E-07	1,84E+02	6,16E-07	1,92E+02	5,66E-07	1,77E+02
C18:3 cis 9,12,15	5,18E-07	1,44E+02	5,02E-06	1,40E+03	5,81E-06	1,62E+03	6,68E-06	1,86E+03
C20:1 cis 11	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-06	3,56E+02	1,20E-06	3,73E+02	1,20E-06	3,72E+02
C21:0	3,85E-08	1,26E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-08	1,07E+01	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	0,00E+00	0,00E+00	6,61E-08	2,04E+01	3,51E-08	1,08E+01	4,57E-08	1,41E+01
C22:0	0,00E+00	0,00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	2,20E-07	7,48E+01
C22:1 cis 13	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-07	7,29E+01	2,29E-07	7,74E+01	1,19E-08	4,04E+00
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-08	3,77E+00	1,15E-08	4,07E+00	1,85E-08	6,56E+00
C24:0	0,00E+00	0,00E+00	6,11E-08	2,26E+01	2,54E-08	9,38E+00	5,18E-08	1,91E+01
C24:1 cis 15	0,00E+00	0,00E+00	5,32E-08	1,96E+01	4,89E-08	1,80E+01	5,93E-08	2,18E+01

Tabell V.22. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (μg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå fordøya emulsjon med kitosan, parallell 2.

Emulsjon med kitosan parallell 2 frie feittsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)
C16:0	4,92E-07	1,26E+02	9,95E-06	2,55E+03	1,10E-05	2,83E+03	1,03E-05	2,65E+03
C16:1 cis-9	4,09E-07	1,04E+02	2,04E-07	5,18E+01	2,11E-07	5,37E+01	2,10E-07	5,35E+01
C17:0	0,00E+00	0,00E+00	7,14E-08	1,93E+01	8,77E-08	2,37E+01	6,10E-08	1,65E+01
C17:1 cis 10	9,49E-09	2,55E+00	6,50E-08	1,75E+01	1,98E-08	5,33E+00	1,24E-08	3,32E+00
C18:0	1,79E-06	5,08E+02	3,81E-06	1,08E+03	3,82E-06	1,09E+03	3,82E-06	1,09E+03
C18:1 cis 9	4,90E-06	1,38E+03	5,16E-05	1,46E+04	5,35E-05	1,51E+04	5,67E-05	1,60E+04
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	1,19E-06	3,35E+02	1,14E-05	3,19E+03	1,25E-05	3,52E+03	1,43E-05	4,02E+03
C20:0	2,48E-07	7,74E+01	5,80E-07	1,81E+02	6,06E-07	1,89E+02	5,71E-07	1,78E+02
C18:3 cis 9,12,15	4,64E-07	1,29E+02	5,02E-06	1,40E+03	5,69E-06	1,58E+03	6,73E-06	1,87E+03
C20:1 cis 11	4,19E-08	1,30E+01	1,11E-06	3,44E+02	1,21E-06	3,76E+02	1,15E-06	3,58E+02
C21:0	1,52E-08	4,95E+00	3,38E-08	1,10E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	0,00E+00	0,00E+00	3,54E-08	1,09E+01	3,41E-08	1,05E+01	4,18E-08	1,29E+01
C22:0	7,14E-07	2,43E+02	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	7,10E-08	2,42E+01
C22:1 cis 13	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-07	7,36E+01	2,13E-07	7,22E+01	2,87E-09	9,71E-01
C23:0	2,12E-08	7,52E+00	1,41E-08	5,01E+00	1,43E-08	5,06E+00	3,87E-09	1,37E+00
C24:0	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-08	1,16E+01	1,81E-08	6,67E+00	1,78E-08	6,58E+00
C24:1 cis 15	4,76E-08	1,75E+01	5,73E-08	2,11E+01	4,32E-08	1,59E+01	1,78E-08	6,56E+00

Tabell V.23. Utrekna stoffmengd (mol) og mengd (μg) av dei ulike feittsyrene per mL emulsjon funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå fordøya emulsjon med kitosan, parallell 3.

Emulsjon med kitosan parallell 3 frie feittsyrer

FA	G60		D10		D30		D60	
	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)	nFA (mol)	mFA (μg)
C16:0	0,00E+00	0,00E+00	9,95E-07	2,55E+02	1,11E-05	2,84E+03	1,01E-05	2,59E+03
C16:1 cis-9	7,89E-07	2,01E+02	2,00E-08	5,09E+00	1,95E-07	4,96E+01	1,90E-07	4,84E+01
C17:0	0,00E+00	0,00E+00	7,51E-09	2,03E+00	5,58E-08	1,51E+01	5,18E-08	1,40E+01
C17:1 cis 10	1,25E-07	3,36E+01	1,79E-09	4,80E-01	7,04E-08	1,89E+01	3,83E-08	1,03E+01
C18:0	2,73E-06	7,77E+02	3,70E-07	1,05E+02	3,80E-06	1,08E+03	3,61E-06	1,03E+03
C18:1 cis 9	5,73E-06	1,62E+03	5,20E-06	1,47E+03	5,37E-05	1,52E+04	5,63E-05	1,59E+04
C19:0	1,34E-07	4,00E+01	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03	3,35E-06	1,00E+03
C18:2 cis 9,12	1,21E-06	3,40E+02	1,13E-06	3,16E+02	1,24E-05	3,49E+03	1,42E-05	3,99E+03
C20:0	2,86E-07	8,94E+01	5,32E-08	1,66E+01	5,46E-07	1,71E+02	5,02E-07	1,57E+02
C18:3 cis 9,12,15	8,54E-07	2,38E+02	4,85E-07	1,35E+02	5,53E-06	1,54E+03	6,33E-06	1,76E+03
C20:1 cis 11	4,42E-07	1,37E+02	1,01E-07	3,14E+01	1,00E-06	3,12E+02	1,05E-06	3,27E+02
C21:0	3,43E-07	1,12E+02	3,57E-09	1,17E+00	2,73E-08	8,90E+00	0,00E+00	0,00E+00
C20:2 cis 11,14	4,74E-07	1,46E+02	8,62E-09	2,66E+00	1,51E-07	4,67E+01	3,62E-08	1,12E+01
C22:0	1,24E-07	4,21E+01	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C22:1 cis 13	1,88E-06	6,36E+02	1,73E-08	5,84E+00	1,91E-07	6,47E+01	1,61E-07	5,45E+01
C23:0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,56E-09	2,68E+00
C24:0	8,77E-08	3,24E+01	3,45E-09	1,27E+00	2,90E-08	1,07E+01	0,00E+00	0,00E+00
C24:1 cis 15	0,00E+00	0,00E+00	4,91E-09	1,80E+00	4,21E-08	1,55E+01	7,01E-08	2,58E+01

Data frå tabell V.24 til V.27 vart nytta til å lage tabell 3 i resultat.

Tabell V.24. Utrekna gjennomsnitt av lipidmengde (i μg) per mL emulsjon og standardavvik (SD) av dei ulike feittsyrene funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå kontrollprøvane utan kitosan. Data er henta frå tabell V.4 og V.5.

FA	K1	K2	K1	K2	K1	K2	K1	K2	Snitt	SD
	HGJ 60 mFA (μg)	HGJ60 mFA (μg)	HDJ 10 mFA (μg)	HDJ 10 mFA (μg)	HDJ 30 mFA (μg)	HDJ 30 mFA (μg)	HDJ 60 mFA (μg)	HDJ 60 mFA (μg)		
C16:0	4065,00	4040,96	2980,82	3036,14	3475,87	3398,83	2896,39	2868,99	3345,37	489,70
C16:1 cis-9	101,91	93,53	67,34	62,89	75,65	66,18	65,41	51,19	73,01	16,81
C17:0	30,83	21,94	19,11	32,76	21,60	45,29	19,31	41,44	29,04	10,24
C17:1 cis 10	22,31	14,57	13,38	96,15	0,00	13,27	10,10	34,37	25,52	30,20
C18:0	1566,25	1435,99	1104,75	1060,30	1249,53	1155,61	1041,45	1023,11	1204,62	199,68
C18:1 trans 9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C18:1 cis 9	34500,36	33401,95	26387,91	25166,67	28771,80	28558,49	24489,45	23936,03	28151,58	3993,31
C18:1 cis 11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C19:0	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	0,00
C18:2 cis 9,12	11455,32	11145,64	8030,89	7502,71	9226,00	9293,96	7875,62	7784,70	9039,35	1543,64
C20:0	296,70	271,28	185,91	167,35	230,49	200,04	185,95	170,52	213,53	48,15
C18:3 cis 9,12,15	6001,73	5862,42	4294,89	4076,23	4871,90	4696,84	4079,18	3982,64	4733,23	803,53
C20:1 cis 11	579,33	551,96	356,18	413,46	441,51	430,82	390,76	356,78	440,10	83,76
C21:0	16,47	16,05	12,11	40,29	0,00	41,94	0,00	6,26	16,64	16,40
C20:2 cis 11,14	20,27	16,90	0,00	0,00	12,23	0,00	10,30	0,00	7,46	8,51
C22:0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C22:1 cis 13	138,85	105,44	75,12	64,62	84,92	76,01	67,07	69,08	85,14	25,31
C23:0	9,73	21,03	9,15	12,11	32,28	138,58	39,54	10,09	34,06	43,75
C24:0	5,18	8,43	0,00	27,73	0,00	0,00	0,00	0,00	5,17	9,66
C24:1 cis 15	41,68	31,12	16,03	0,00	21,24	33,61	12,79	16,57	21,63	13,30

Tabell V.25. Utrekna gjennomsnitt av lipidmengde (i μg) per mL emulsjon og standardavvik (SD) av dei ulike feittsyrene funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå kontrollprøvane utan kitosan. Data er henta frå tabell V.6 og V.7.

FA	K1 HGJ 60 mFA (μg)	K2 HGJ60 mFA (μg)	K1 HDJ 10 mFA (μg)	K2 HDJ 10 mFA (μg)	K1 HDJ 30 mFA (μg)	K2 HDJ 30 mFA (μg)	K1 HDJ 60 mFA (μg)	K2 HDJ 60 mFA (μg)	Snitt	SD
C16:0	1193,94	1244,21	1470,52	1671,34	1380,48	1508,66	1097,41	1128,29	1336,85	203,89
C16:1 cis-9	10,88	8,90	27,05	40,80	20,83	37,96	16,84	17,56	22,60	11,79
C17:0	0,00	81,77	0,00	107,15	0,00	2,45	21,72	95,57	38,58	47,61
C17:1 cis 10	0,00	210,35	0,00	68,91	0,00	104,05	0,00	6,77	48,76	76,39
C18:0	624,27	766,42	814,58	894,62	796,98	776,76	546,61	519,53	717,47	136,33
C18:1 trans 9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C18:1 cis 9	1521,48	1619,61	1062,63	998,53	1132,38	1089,56	1259,28	1252,82	1242,03	222,91
C18:1 cis 11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C19:0	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	0,00
C18:2 cis 9,12	374,62	386,64	202,07	249,89	284,87	264,53	319,43	314,58	299,58	62,39
C20:0	168,46	114,29	143,82	217,29	126,58	165,72	63,47	84,05	135,46	49,46
C18:3 cis 9,12,15	143,77	140,28	102,06	81,30	105,93	92,08	100,62	114,49	110,07	22,01
C20:1 cis 11	92,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,63	66,90	22,65	36,69
C21:0	0,00	37,78	14,26	61,16	18,13	48,05	0,00	0,00	22,42	23,86
C20:2 cis 11,14	24,96	42,27	0,00	22,80	0,00	11,31	0,00	107,97	26,17	36,33
C22:0	nd	20,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C22:1 cis 13	6,14	31,03	0,00	26,28	0,00	0,00	4,37	54,98	15,35	20,17
C23:0	3,48	13,50	24,19	0,00	10,81	24,44	0,00	0,00	9,55	10,44
C24:0	0,00	15,44	0,00	35,38	0,00	17,92	0,00	0,00	8,59	13,20
C24:1 cis 15	0,00	28,78	5,21	0,00	0,00	120,44	0,00	54,42	26,11	42,88

Tabell V.26. Utrekna gjennomsnitt av lipidmengde (i μg) per mL emulsjon og standardavvik (SD) av dei ulike feittsyrene funne i dei nøytrale lipidfraksjonane frå kontrollprøvane med kitosan. Data er henta frå tabell V.8 og V.9.

FA	K1	K2	K1	K2	K1	K2	K1	K2	Snitt	SD
	HGJ60 mFA (μg)	HGJ60 mFA (μg)	HDJ10 mFA (μg)	HDJ10 mFA (μg)	HDJ30 mFA (μg)	HDJ30 mFA (μg)	HDJ60 mFA (μg)	HDJ60 mFA (μg)		
C16:0	3851,30	3757,14	2732,56	2856,81	2927,74	2974,41	3092,15	2991,80	3147,99	419,05
C16:1 cis-9	96,94	84,74	57,04	61,50	67,54	59,94	69,16	58,91	69,47	14,20
C17:0	26,93	43,59	18,40	15,96	20,62	22,04	17,37	22,80	23,46	8,84
C17:1 cis 10	27,00	44,11	18,64	13,88	18,20	12,32	13,03	18,63	20,73	10,54
C18:0	1516,06	1475,38	1023,74	1020,50	1093,40	1090,94	1139,48	1094,81	1181,79	197,97
C18:1 trans 9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C18:1 cis 9	33979,13	36788,77	25150,45	24954,63	25838,73	26337,79	26485,17	26362,02	28237,09	4509,49
C18:1 cis 11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C19:0	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	0,00
C18:2 cis 9,12	11326,65	11529,88	7756,66	7811,03	8285,96	8309,29	8601,93	8481,67	9012,88	1520,61
C20:0	298,37	279,92	181,33	172,30	205,13	206,54	215,98	198,14	219,72	45,35
C18:3 cis 9,12,15	5953,80	6053,93	4032,80	4008,42	4334,47	4349,13	4455,27	4350,66	4692,31	825,21
C20:1 cis 11	619,73	554,57	348,96	308,96	395,49	359,02	421,93	396,15	425,60	106,92
C21:0	11,88	20,37	24,75	56,97	7,54	13,18	9,76	14,49	19,87	16,00
C20:2 cis 11,14	17,48	16,79	0,00	0,00	0,00	16,08	10,03	17,22	9,70	8,37
C22:0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C22:1 cis 13	128,53	112,81	101,45	55,61	78,50	70,86	77,49	80,81	88,26	24,01
C23:0	9,49	11,94	23,25	9,66	8,44	114,50	5,38	10,70	24,17	36,87
C24:0	0,00	0,00	0,00	63,74	2,98	25,47	0,00	0,00	11,52	22,86
C24:1 cis 15	39,36	70,66	19,29	32,72	16,90	17,83	15,71	17,97	28,81	18,97

Tabell V.27. Utrekna gjennomsnitt av lipidmengde (i μg) per mL emulsjon og standardavvik (SD) av dei ulike feittsyrene funne i dei frie feittsyrefraksjonane frå kontrollprøvene med kitosan. Data er henta frå tabell V.10 og V.11.

FA	K1	K2	K1	K2	K1	K2	K1	K2	Snitt	SD
	HGJ 60 mFA (μg)	HGJ60 mFA (μg)	HDJ 10 mFA (μg)	HDJ 10 mFA (μg)	HDJ 30 mFA (μg)	HDJ 30 mFA (μg)	HDJ 60 mFA (μg)	HDJ 60 mFA (μg)		
C16:0	1238,69	1200,72	1954,62	1749,17	1160,98	1234,90	1042,60	1125,90	1338,45	327,81
C16:1 cis-9	47,62	83,87	20,04	36,89	9,95	49,02	37,99	21,24	38,33	23,02
C17:0	0,00	56,18	0,00	0,00	7,09	11,38	0,00	100,67	21,92	37,09
C17:1 cis 10	0,00	205,60	0,00	31,03	0,00	0,00	58,30	67,67	45,32	70,49
C18:0	627,97	638,85	908,02	1119,19	616,01	660,20	517,95	534,10	702,79	206,04
C18:1 trans 9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C18:1 cis 9	1567,88	1447,26	1201,79	1231,42	1098,97	1121,11	1275,48	1303,11	1280,88	159,41
C18:1 cis 11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C19:0	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	0,00
C18:2 cis 9,12	393,69	409,21	309,98	287,57	276,17	269,49	325,95	324,26	324,54	51,97
C20:0	88,07	123,51	145,57	162,20	116,07	122,50	49,37	64,19	108,93	38,94
C18:3 cis 9,12,15	145,51	122,60	115,48	113,90	106,07	90,38	116,87	177,72	123,57	26,80
C20:1 cis 11	18,37	126,55	0,00	0,00	0,00	10,30	10,99	20,08	23,29	42,50
C21:0	0,00	19,34	18,36	127,36	17,27	0,00	22,01	31,83	29,52	40,98
C20:2 cis 11,14	2,02	14,42	0,00	18,75	0,00	13,15	0,00	0,00	6,04	7,97
C22:0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-
C22:1 cis 13	nd	50,77	nd	30,24	1,57	0,00	1,10	31,91	14,45	20,16
C23:0	7,32	30,46	15,24	53,99	4,50	92,59	0,00	0,00	25,51	32,77
C24:0	97,43	19,19	0,00	159,46	0,00	85,30	29,52	36,52	53,43	55,98
C24:1 cis 15	4,25	15,18	0,00	19,95	0,00	0,00	61,69	40,01	17,64	22,57

Data i tabell V.28 viser prosentandelen av dei ulike lipidfraksjonane i emulsjon med og utan kitosan før fordøying.

Tabell V.28: Sum mengd (μg) feittsyrer per mL emulsjon i kontrollprøvane frå emulsjon med og utan kitosan, samt % av dei ulike lipidfraksjonane for nøytrale lipid (NL) og frie feittsyrer (FFA) av sum av lipid (Σlipid).

	NL	FFA	Σlipid
Emulsjon utan kitosan	47425	4082	51507
% av total	92,07	7,93	100
Emulsjon med kitosan	47213	4155	51368
% av total	91,91	8,09	100

Data i tabell V.29 er henta frå tabellane V.24 og V.25 og vart nytta til å laga figur 10 i resultat.

Tabell V.29: Sum mengd (μg) av feittsyrer (FA) per mL emulsjon i dei nøytrale lipidfraksjonane (NL) frå emulsjon utan kitosan. Prosent NL og FFA etter gastrisk fordøying (HJG60) og duodenal fordøying (HDJ10, 30 og 60) rekna ut frå samanlikning med kontrollprøvane utan kitosan.

Emulsjon utan kitosan	Kontroll	HJG60	HDJ10	HDJ30	HDJ60
Sum μg FA i NL	51507,00	51067,00	15382,00	10772,00	11237,00
NL (%)	100,00	99,15	29,86	20,91	21,82
FFA (%)	0,00	0,85	70,14	79,09	78,18

Data i tabell V.30 er henta frå tabellane V.26 og V.27 og vart nytta til å lage figur 11 i resultat.

Tabell V.30: Sum mengd (μg) av feittsyrer (FA) per mL emulsjon i dei nøytrale lipidfraksjonane (NL) frå emulsjon med kitosan. Prosent av NL og FFA etter gastrisk fordøying (HJG60) og duodenal fordøying (HDJ10, 30 og 60) rekna ut frå samanlikning med kontrollprøvane med kitosan.

Emulsjon med kitosan	Kontroll	HJG60	HDJ10	HDJ30	HDJ60
Sum μg FA i NL	51368,00	50933,00	18555,00	14658,00	11912,00
NL (%)	100,00	99,15	36,12	28,54	23,19
FFA (%)	0,00	0,85	63,88	71,46	76,81



Noregs miljø- og
biovitenskaplege
universitet

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