

Den naturliga variationen av fettkomponenter i *Lepidium campestre*

The normal variation of fat components in *Lepidium
campestre*

Sofie Sandelius



Den naturliga variationen av fettkomponenter i *Lepidium campestre*

The normal variation of fat components in *Lepidium campestre*

Sofie Sandelius

Handledare: Lena Dimberg, Institutionen för molekylära vetenskaper

Examinator: Annika Andersson, Institutionen för molekylära vetenskaper

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad, A1E

Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap - magisterarbete

Kurskod: EX0727

Program/utbildning: Agronomprogrammet - livsmedel

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Fornax, licens Creativ Commons, Wikipedia

Serietitel: Molekylära vetenskaper

nr: 2017:1

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Fältkrassing, Oljegröda, Oljemängd, Fettsyror, Tokoferol, Fytosterol*

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för molekylära vetenskaper

Sammanfattning

Fältkrassing, *Lepidium campestre* är en ny potentiell oljegröda som har valts ut för dess goda växttyp, användbara oljekvalitéer och för egenskapen att den tål att övervintra. Fältkrassing tillhör familjen *Brassicaceae*, samma familj som de välkända oljegrödorna raps och rybs. Ett mål är att utveckla en tvåårig gröda som kan minska näringsläckage genom att hålla marken täckt under vinterhalvåret och ge en vegetabilisk olja likt rapsoljans egenskaper. Ett annat mål är att kunna odla fältkrassing högre upp i landet då den är tåligare för kallare klimat. Syftet med denna uppsats var att finna den naturliga variationen av olika fettkomponenter i frön från fältkrassing. Oljemängd, fettsyror, tokoferoler och fytosteroler var de komponenter som analyserades. Oljemängden varierade mellan 15-22 % av fröet jämfört med canola (en rapssort) som har en oljemängd på 38-44 %. Fettsyrasammansättningen visade att linolensyra och erukasyra är de mest dominerande fettsyrorna i fältkrassingfrön. I canola frön är det oljesyra och linolsyra som är de dominerande fettsyrorna. Den enda tokoferol som återfanns var γ -tokoferol, vars variation var mellan 1,27 - 2,52 mg/g olja. Det är en stor skillnad om man jämför med canola som har en variation på 0,40 - 0,51 mg/g olja. Fytosterolsammansättningen liknar däremot canola oljans, med β -sitosterol och campesterol som de mest dominerande sterolerna följt av brassicasterol. Signifikanta skillnader mellan fettkomponenterna studerades med avseende på fröernas ursprungsland, förädlingsgrad och odlingsförhållanden.

Nyckelord: Fältkrassing, Oljegröda, Oljemängd, Fettsyror, Tokoferol, Fytosterol

Abstract

Lepidium campestre, field cress, is a new potential oil crop that has been selected for its good plant type, useful oil qualities and for its ability to hibernate. *L. campestre* belongs to the *Brassicaceae* family, the same family as the well known oil crops rapeseed and turnip rape. One goal is to develop an annual crop that can reduce nutrient leakage by keeping the ground covered during the winter. Another goal is to provide a vegetable oil like canola (a rapeseed cultivar) oil's properties. It would also be possible to use more of the land area by growing *L. campestre* further north in the country, as it is more durable for colder climates. The purpose of this study was to find the normal variation of fat components in *L. campestre*. The amount of oil, fatty acids, tocopherols and phytosterols were analysed. The quantity of oil ranged between 15-22 % of the seed compared to canola seed with oil ranged between 38-44 %. Fatty acid composition showed that linolenic acid and erucic acid were the most dominant in *L. campestre*. In canola oil the most dominant fatty acid are oleic acid and linoleic acid. The tocopherol found in *L. campestre* was γ -tocopherol, which ranged between 1,27 - 2,52 mg/g oil. This is a difference compared to canola that has a range between 0,40 - 0,51 mg/g oil. The phytosterol composition was similar to canola oil, where β - sitosterol and campesterol were the most dominants sterols followed by brassicasterol. Significant differences were shown for some of the fat components depending on the origin and if they were grown in greenhouse or outdoor and also if the plants were grown for 2 or 3 generations.

Keywords: Lepidium Campestre, Oilseed crop, Oil content, Fatty acid, Tocopherol, Phytosterol

Innehållsförteckning

Förkortningar	5
1 Inledning	6
2 Bakgrund	7
2.1 Fröoljors fettsyrasammansättning	8
2.2 Tokoferoler	9
2.3 Fytosteroler	11
2.4 <i>Lepidium campestre</i>	13
2.4.1 Botanisk beskrivning och egenskaper	13
2.4.2 Problem som oljegröda jämfört med canola	14
2.5 Syfte	15
3 Material och metod	16
3.1 Prov av <i>Lepidium campestre</i>	16
3.2 Fettextraktion	17
3.2.1 Analys av fettsyror	17
3.2.2 Analys av tokoferoler	18
3.2.3 Analys av fytosteroler	18
3.2.4 Silylering	18
3.3 Statistik analys	19
4 Resultat	20
4.1 Oljehalt	20
4.2 Fettsyror	21
4.3 Tokoferoler	22
4.4 Fytosteroler	23
4.5 PCA- analys	25
4.5.1 Ursprungsland – USA, Tyskland och Sverige	27
4.5.2 Odlingsförhållanden – växthus vs utomhusodling	28
4.5.3 Förädlingsgrad – generation F2 vs F3	29
4.6 Sammanställning av fettkomponenter i <i>Lepidium campestre</i>	30
5 Diskussion	32
6 Slutsats	34
Referenslista	35

Förkortningar

<i>L. campestre</i>	<i>Lepidium campestre</i>
GC	Gaskromotografi <i>Gas Chromatography</i>
HPLC	<i>High Performance Liquid Chromatography</i>
SE	Sverige
DE	Tyskland
US	USA
F2	Generation 2
F3	Generation 3
V	Växthusodlad
U	Utomhusodlad

1 Inledning

Fältkrassing, *Lepidium campestre* är en ny potentiell oljegröda som har valts ut för dess goda växttyp, användbara oljekvalitéer och för egenskapen att den tål att övervintra. Både klassisk förädling och genmodifieringstekniker används i försök för att förbättra egenskaperna för fältkrassing (Mistra Biotech Annual Report 2013). Oljehalt, oljekvalité och fröspridning är egenskaper som behöver förbättras för att fältkrassing ska fungera som en ny etablerad oljegröda.

Målet är att utveckla en tvåårig oljegröda som kan minska näringsläckage i det svenska jordbruket genom att hålla marken täckt under vinterhalvåret. Målet är även att få fram en vegetabilisk olja likt rapsoljans egenskaper. Samt att kunna odla grödan längre norr ut i t.ex. Sverige eftersom fältkrassing tål kallare klimat.

2 Bakgrund

Det finns över två miljoner kända växtarter i världen varav ca 300 000 uppskattas vara ätbara. Då enbart ca 150 av dessa arter är etablerade på världsmarknaden finns det en stor potential att få fram nya potentiella grödor för livsmedelsändamål. Det finns många outforskade växter som skulle kunna ge alternativa råvaror att använda inom livsmedelsindustrin (Simpson & Ogorzaly 2001).

Fördelar med att förädla och ta fram nya grödor är att man i framtiden kan få fram miljövänligare råvaror och produkter. Genom att förädla fram nya råvaror och växter kan ett mer hållbart jordbruk utvecklas med odlingssystem som ger en högre avkastning. Att ta fram tåligare grödor med högre motståndskraft mot väderförhållanden, skadedjur och sjukdomar ger stabilare skördar och minskar användningen av bekämpningsmedel (Thrupp 2002).

Näringsläckage är ett miljöproblem inom dagens jordbruk. En av anledningarna till det är att odlingar i huvudsak består av ettåriga grödor. Ettåriga grödor bidrar till att marken lämnas öppen under vintern och att näringsämnen då lätt förloras till grund- och ytvatten (Jensen 1991). Stora mängder kväve och fosfor förloras från jordbruksmarkerna. På senare år har dock en tydlig minskning av näringsläckage skett. Odlingar med fånggrödor kan vara en bidragande faktor till det minskade näringsläckaget (Johnsson et al. 2008). En bra fånggröda som odlas tillsammans med huvudgrödan är tvåårig och tar effektivt upp kväve under vinterhalvåret. Den påverkar inte avkastningen av huvudgrödan (Jensen 1991).

Att dagens stora spannmålsgrödor är ettåriga beror på att de fleråriga grödorna har lägre avkastning. Inga högproducerande perenner verkar vara aktuella att introducera trots många försök. Fleråriga grödor skulle med fördel kunna ha samma egenskaper som de traditionella fånggrödorna vad det gäller bevarande av näringsämnen (Cox et al. 2002).

Efterfrågan på vegetabilisk olja ökar snabbt globalt sett. Det beror inte bara på den ständigt växande befolkningen och efterfrågan på vegetabilisk olja som livsmedel utan även på nya användningsområden som t.ex. biodiesel. Utbudet av vegetabilisk olja påverkas av väderförhållandena (Rosillo-Calle et al. 2009). I Sverige och andra nordiska länder finns det en begränsad möjlighet att öka produktionen av vegetabiliska oljor med det kalla klimat som råder. Höstraps är den enda oljeväxt som går att odla i Sverige och rapsodlingarna är begränsade till de södra delarna av landet. Genom att upptäcka nya arter av oljeväxter kan man få en ökad produktion av olja och få fram nya användbara oljekvaliteter (Nilsson et al. 1998).

För att finna nya oljeväxter som passar det kalla klimatet i Norden har i huvudsak korsblommiga vilda arter undersökts. Från sent 1980-tal har potentiella perenna oljeväxter utvärderats för sina egenskaper. *Lepidium* och *Barbarea* är två släkten som har valts ut för deras goda agronomiska växttyp med förgreningar endast i toppen av den upprätta stjälken, för deras användbara oljekvaliteter och för egenskapen att de tål att övervintra (Eriksson 2009).

Förädlingen av en ny oljegröda genom konventionella metoder är en lång och utdragen process, framförallt när det kommer till förädling av vilda arter. Moderna förädlingsmetoder som t.ex. genmodifiering är mer effektiva och mer exakta för att få fram önskade egenskaper (Ivarsson et al. 2016).

2.1 Fröolja fettsyrasammansättning

Det har identifierats över 200 fettsyror förekommande i fröolja från olika växter. De vanligaste fettsyror som förekommer i oljeväxter som oljepalm, sojaböna, raps och solros är palmitinsyra (C16:0), stearinsyra (C18:0), oljesyra (C18:1), linolsyra (C18:2) och linolensyra (C18:3) (Singh et al. 2005; Eriksson 2009).

Fettsyrorna syntetiseras i plastiden och modifieras av många olika enzymer i cytosolen. Det är möjligt att klonas dessa enzymer och därmed påverka fettsyrasammansättningen i en växt så att oljan passar till ett bestämt ändamål.

Frönas oljeinnehåll styrs och kontrolleras av flertalet gener som är inblandade i olika steg hos växtens biosyntesvägar. Genom att reglera transkriptionsfaktorer kan gener ändras och flera steg regleras samtidigt. En transkriptionsfaktor som har identifierats och som är involverad i regleringen av ökad oljemängd är Arabidopsisgenen *AtWRI1*. Överuttryck av genen har resulterat i ökad oljehalt i Arabidopsisfrön och i majsembryo (Pouvreau et al. 2011).

Det går även att påverka en specifik fettsyra. Förädling av sojaböna för ökad halt av oljesyra (>75%) har skett. Den oljan är en näringsmässigt och industriellt bra olja (Eriksson 2009). För de ätbara rapssorterna har det genomförts ett omfattande förädlingsarbete för att minska halterna av den oönskade erukasyra som raps tidigare innehöll. År 1978 registrerade *Western Canadian Oilseed Cruscher's Association* "canola" som innefattade förädlade rapssorter med mindre än 5% erukasyra (Eskin et al. 1996). Det finns även en speciell rappsort som är förädlad och som innehåller höga nivåer av laurinsyra (40 %) som med fördel kan användas till tvål och rengöringsmedel (Eriksson 2009).

Fettsyrasammansättningen är ofta det som avgör kvalitén hos en vegetabilisk olja. Tabell 1 visar sammansättningen för fältkrassing i jämförelse med fettsyrasammansättningen i nativ och förädlad raps ”canola”.

Tabell 1. Oljehalt och de dominerande fettsyrorna i frön hos fältkrassing och hos nativ och förädlad raps (%)

	Oljehalt	Palmtinsyra (C16:0)	Oljesyra (C18:1)	Linolsyra (C18:2)	Linolensyra (C18:3)	Erukasyra (C22:1)
Fältkrassing ^{ab}	20 ^a	4-5 ^b	12-16	8-11	33-39	22-25
Raps nativ ^c	- ^f	4	15	14	9	45
Canola ^d	38-44 ^c	4	61	20	10	e

^a Nilsson et al. 1998

^b Andersson et al. 1999

^c Eskin et al. 1996

^d Madawala et al. 2012

^e, spår av mindre än 0,5 %

^f -, värdet angavs inte av referens

Fleromättade fettsyror såsom linolsyra och linolensyra är viktiga i vegetabilisk olja då de är essentiella för människan. Men även olja med mättade fettsyror kan ses som hälsosamma enligt många aspekter. Mättade fettsyror minskar eller utesluter helt behovet av att hydrera fettsyror. Ofullständig hydrering kan leda till bildning av transfettsyror som i sin tur kan orsaka hälsoproblem (L´Abbé et al. 2009).

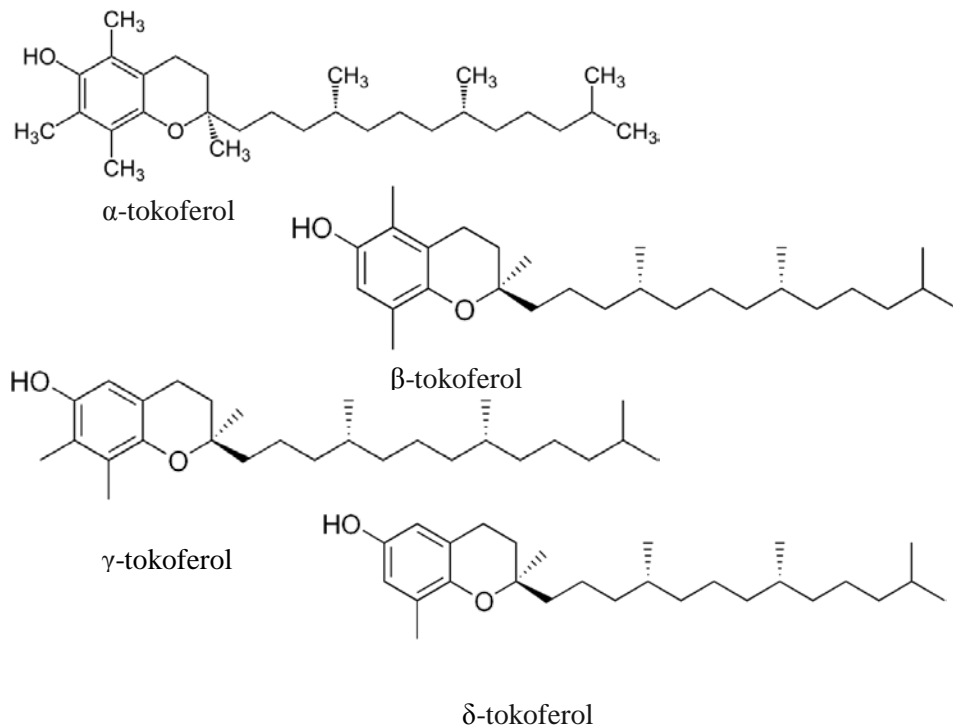
I tekniska oljor skulle erukasyra (C22:1) kunna användas då den tål höga temperaturer. Linolensyra kan vara användbar om oljan används i t.ex. färger då syran gör så att oljan oxiderar snabbt (Andersson et al. 1999).

Linolensyra är den dominerande fettsyran i fältkrassing, och därefter kommer erukasyra och oljesyra. Jämfört med canola innehåller fältkrassing mindre oljesyra och linolsyra men en högre andel linolensyra och den oönskade erukasyran (Tabell 1). Om oljan ska kunna användas som livsmedel måste erukasyran förädlas bort på samma sätt som gjorts med raps.

2.2 Tokoferoler

I vegetabiliska oljor finns naturligt förekommande antioxidanter, tokoferoler. Tokoferolsyntes sker endast i växter. Tokoferoler, även kända som vitamin E, är viktiga näringsämnen i vår kost. Tokoferoler är även viktiga då de hämmar oxidat-

ionsprocesser och dämpar bildning av fria radikaler i den vegetabiliska oljan. Det finns fyra olika former av tokoferoler: α , β , γ och δ . Gemensamt består alla av en kromanolring, men annars skiljer de sig i molekylstruktur och de olika formerna har olika funktioner. Den mest biologiskt aktiva formen av vitamin E är α -tokoferol och γ -tokoferol är den som har störst antioxidantaktivitet (Figur 1) (Marwede et al. 2004).



Figur 1. De kemiska strukturerna av α -tokoferol, β -tokoferol, γ -tokoferol och δ -tokoferol. (Wikipedia).

Tabell 2 visar tokoferolsammansättningen hos några vegetabiliska oljor. Sojabönsolja utmärker sig med höga mängder av γ -tokoferol och δ -tokoferol jämfört med de övriga oljorna. Solrosolja innehåller högre mängder av α -tokoferol. Canola visar en tokoferolsammansättning där γ -tokoferol dominerar följt av α -tokoferol. De övriga tokoferolerna hittas inte alls eller bara spår av. Olivolja innehåller generellt små mängder av alla tokoferoler.

Tabell 2. Tokoferolsammansättning i några vegetabiliska oljor (mg/g olja)

Vegetabilisk olja	α - tokoferol	β - tokoferol	γ -tokoferol	δ -tokoferol
Canola ^a	0,26	nd ^d	0,40 - 0,51 ^{ab}	tr ^f
Solros ^{bc}	0,59 - 0,72	0,02 ^b	0,05 ^c	nd ^d
Sojaböna ^c	0,21	- ^e	1,12	0,71
Oliv ^c (raffinerad)	0,01	- ^e	0,04	0,00

^a Madawala et al. 2012

^b Schwartz et al. 2007

^c Andrés et al. 2011

^d nd, "not detected"

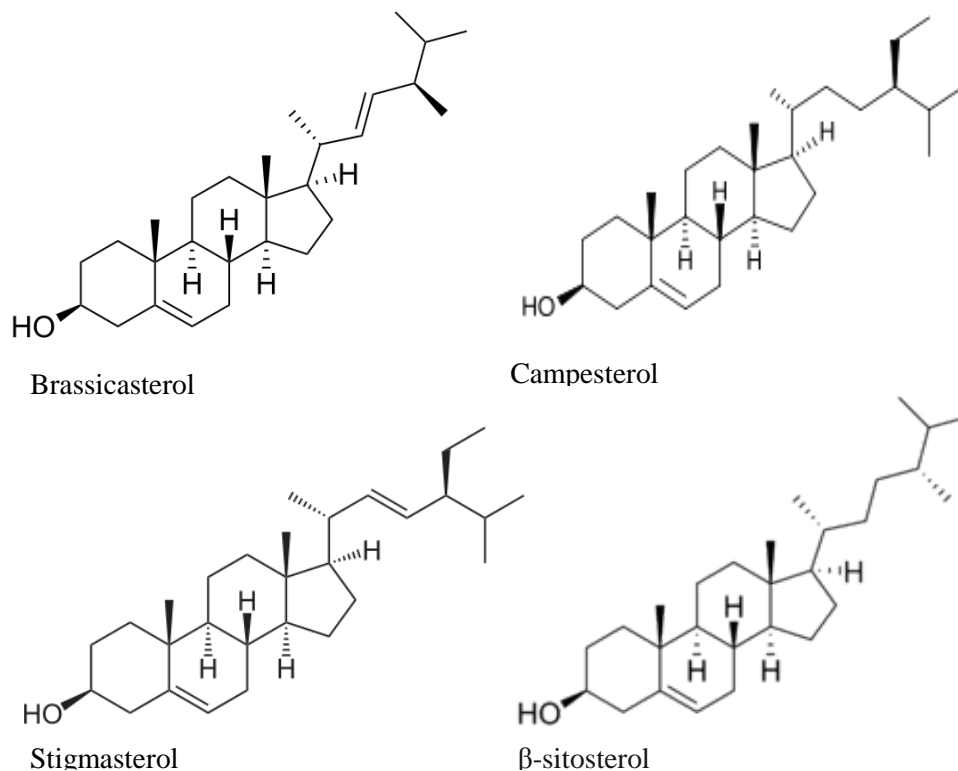
^e -, värdet angavs inte av referens

^f tr, spår av

2.3 Fytosteroler

I de flesta växter och i livsmedel med vegetabiliskt ursprung finns fytosteroler (växtsteroler). Fytosteroler tillhör den kemiska gruppen triterpener, som omfattar fler än 200 olika fytosteroler och fler än 4000 andra typer av triterpener.

Fytosteroler är alla uppbyggd av en tetracyklisk cyklopenta (α) fenantrenring med en flexibel sidokedja vid C17. Sitosterol, campesterol och stigmasterol är de vanligaste fytosterolerna och deras struktur är nära besläktat med kolesterol. De har liknande grundstrukturer men skiljer sig i sidokedjan (Figur 2) (Johansson 2004). Fytosteroler utgör viktiga strukturella komponenter i växternas cellmembran. Fria fytosteroler stabiliserar de dubbla fosfolipidlagren i membranet på samma sätt om kolesterol gör i cellmembranen hos djurceller (Moreau et al. 2002).



Figur 2. De kemiska strukturerna av några kända fytosteroler Brassicasterol, β -sitosterol, Campesterol och Stigmasterol. (Wikipedia)

För närmare 150 år sedan rapporterades den första fytosterolen av Beneke (1862) i ärter. Den antogs felaktligen då som kolesterol på grund av den tidens analysmetoder. Mer än 50 år senare konstaterades det att föreningen som Beneke detekterat var en fytosterol, nämligen sitosterol (Johansson 2004).

Att fytosteroler sänker kolesterolhalten har varit känt redan från studier på 1950-talet. Fytostanoler, som är de mättade formerna av fytosteroler, lyckades produceras av japanska forskare på 1980-talet. Fytostanoler uppgavs ha starkare potential att sänka kolesterolhalten i blodet, vilket konstaterades tio år senare genom humana försök (Johansson 2004).

Förestring av steroler och stanoler rapporterades på 1990-talet och möjligheten att inkludera steroler i livsmedel ökade avsevärt. Finland är det land som har flest tillgängliga kommersiella produkter berikade med fytosterol och fytostanolestrar (Johansson 2004). Tabell 3 visar fytosterolsammansättningen i canola och solrosolja. β -Sitosterol är den fytosterol som dominerar i både canola och solrosolja.

Tabell 3. Fytosterolsammansättningen i canola och solrosolja (µg/g olja)^a

Vegetabilisk olja	Brassicasterol	Campesterol	Stigmasterol	β-Sitosterol
<i>Canola</i>	530-1060	1500-3080	nd ^b	2310-3920
<i>Solros</i>	nd ^b	200-580	220-620	1670-3620

^a Vlahakis & Hazebroek, 2000

^b Not detected

2.4 *Lepidium campestre*

2.4.1 Botanisk beskrivning och egenskaper

Fältkrassing är en korsblommig (diploid) art som tillhör släktet *Lepidium* och familjen *Brassicaceae* (Ivarson et al. 2013), samma familj som de välkända oljeväxterna raps och rybs. Den går att finna i bergsområden och i marker med hög saltinnehåll. Numera återfinns fältkrassing ofta på jordbruksmarker där den betraktas som ett ogräs. Fältkrassing är mycket vinterhärdig vilket kan främja utökade arealer för odlingar i Sverige, då arealer norr ut i landet kan utnyttjas. Fältkrassing tål kallare klimat bättre än t.ex. raps som odlas i södra Sverige (Ivarson et al. 2013).

Fältkrassing har en tvåårig livscykel. Den kommer därför att kunna användas i perenna odlingssystem som i sig kan bidra till minskat behov av markbearbetning och minskad urlakning av näringsämnen, då jorden inte exponeras för regn och snö i samma utsträckning som vid odling av ettåriga växter (Eriksson 2009).

Fältkrassing är utformad som en ljusstake till utseende (figur 3) (Nilsson et al. 1998). Den har vita blommor, och i varje skida finns endast två frön (Börjesdotter 2000). Fältkrassing har en växttyp som innebär att endast den övre delen av den upprätta stammen har förgreningar. Fältkrassing har en lämplig fröstorlek och ger hög fröskörd (Merker et al. 2010). Motståndskraften mot skadedjur, som t.ex. pollenskalbagge, ger fördelen för fältkrassing att kunna användas i ekologiska odlingar jämfört med konventionell raps (Nilsson et al. 1998).



Figur 3. Fältkrassing. (Wikipedia)

2.4.2 Problem som oljegröda jämfört med canola

Problemen som finns med fältkrassing som oljegröda är det låga oljeinnehållet i fröna och att oljesammansättningen inte är lämplig som ätbar olja. Oljekvalitén måste förbättras. Målsättningen är att öka halten oljesyra, som är en hälsosam enkelomättad omega-9 fettsyra. Det är vanligt att arter inom familjen *Brassicaceae* även innehåller erukasyra som är en 22 kol lång enkelomättad fettsyra (C22:1) (Eriksson 2009). För att oljan ska kunna användas som livsmedel måste denna fettsyra genom växtförädling avlägsnas på liknande sätt som man gjort för raps. Erukasyra är värmestabil och kan vara mer lämplig som teknisk olja (Andersson et al. 1999; Eriksson 2009).

Fältkrassing innehåller mindre mängd olja och protein än raps men mer kostfibrer och aska (Tabell 4). Det är olja och protein som är de viktiga delarna i en bra oljeväxt så både olja- och proteinhalt måste ökas i fältkrassing för att komma i samma nivå som canola innan den går att använda i odlingssyfte (Andersson et al. 1999).

Däremot står fältkrassing för 30 % högre fröavkastning än medelavkastningen för höstraps (Ivarsson et al. 2013). Huvudbeståndsdelarna i fältkrassingfrön är kostfibrer, råfett och råprotein. Tabell 4 visar den kemiska variationen mellan fältkrassing som potentiell ny oljegröda och förädlad raps som redan är etablerad (Andersson et al. 1999).

Tabell 4. Variationen av makrokomponenter i fältkrassing jämfört med canola (g/kg)^a

Komponent	Canola	<i>L. campestre</i>
Stärkelse	- ^b	tr ^c
Råprotein	250	191
Råfett	400-500	204
Aska	40	68
Kostfibrer	180	414

^a Andersson et al. 1999

^b -, värdet angavs inte av referens

^c tr, "trace level"

Ett annat problem är att växter har utvecklat olika sätt att sprida sina frön och många arter inom familjen *Brassicaceae* gör detta genom en mekanism där fröskidan brister och fröna sprids (Eriksson 2009). Ett problem med fältkrassing är att fröskidan brister i förtid och att det bidrar till en stor minskning av fröavkastningen. Fröspridning kan orsaka stora problem för lantbrukaren. Inom rapsodlingar kan det handla om mellan 10 % och 50 % skördeföruster beroende på väderförhållanden (Eriksson 2009). Mekanismen för fröspridning måste också åtgärdas för att fältkrassing ska kunna bli en kommersiell oljegröda

2.5 Syfte

Syftet med denna studie var att studera den naturliga variationen av oljehalt och olika fettkomponenter (fettsyror, tokoferoler och fytosteroler), i fältkrassing för att finna ett lämpligt provmaterial för vidare förädling mot en god oljegröda likt Canola.

3 Material och metod

3.1 Prov av *Lepidium campestre*

Proverna (39st) är ett slumpurval från en batch av ca 130 prov. De kommer från olika delar av Sverige (SE), USA (US) och Tyskland (DE). Proverna är förädlade i två (F2) eller tre (F3) generationer och de är odlade i växthus (V) eller på utomhusodlingar (U).

Tabell 5. Provernas ursprung, generation 2 eller 3 och växthus eller utomhusodlade

Namn	Ursprung	F2/ F3	V/U	Namn	Ursprung	F2/F3	V/U
1. 0018580	-	F2	V	21. Lc251-3B	US	F2	U
2. Lep122	DE	F2	V	22. Lc251-6-52	US	F3	U
3. 633248	US	F2	V	23. Lc251-6-53	US	F3	U
4. PI 650260	US	F2	U	24. Lep91	DE	F2	V
5. Lep92-2	DE	F2	U	25. Lep92-2-10	DE	F3	U
6. Lep92-3	DE	F2	U	26. Lep92-9-6	DE	F3	U
7. Lep92-6	DE	F2	U	27. Lep92-L-4	DE	F3	U
8. Lep92-8	DE	F2	U	28. Lep92-S-3	DE	F3	U
9. Lep92-9	DE	F2	U	29. Lep94	DE	F2	V
10. 92-9-173	DE	F3	U	30. Ljugarn	SE	F2	V
11. 92-9-209	DE	F3	U	31. Lönn055	-	-	-
12. 92-9-98	DE	F2	U	32. Lönn19	-	-	-
13. Albrunna	SE	F2	V	33. Lönnstorp-02	-	-	-
14. Arrie	SE	F2	V	34. Lönnstorp-06	-	-	-
15. Grönhögen	SE	F2	V	35. Malmö	SE	-	-
16. Gävle-3	SE	F2	V	36. Merbglönga	SE	-	-
17. Huddigne	SE	F2	V	37. Mörbylånga	SE	-	-
18. Lc2005	-	-	-	38. No-094	-	-	-
19. Lc251	US	F2	V	39. Spjutstrop	SE	-	-
20. Lc251-2	US	F2	U				

-, okända uppgifter.

3.2 Fettextraktion

Till 0,50 g frön tillsattes 5 ml HIP (hexan: isopropanol (3:2)). Proverna homogeniserades med en Ultra-Turrax T 25 homogenisator (Jankel&Kunkel GmbH, Staufen, Germany) vid medelhastighet i 3*10 sekunder. Sedan tillsattes 2,5 ml 6,67% Na₂SO₄ (natriumsulfat) i vatten och proverna blandades med en vortex. Proverna centrifugerades vid en hastighet på 2500 rpm i 10 minuter. Den övre fasen samlades upp och fördes över i ett förvägt provrör med lock. Pelletarna extraherades en gång till med 5 ml hexan, vortexades och centrifugerades vid 2500 rpm i 10 minuter. Den övre fasen samlades upp och fördes över till de förvägda provrören. Pelleten extraherades ytterligare en gång med 3 ml hexan. Den övre fasen samlades till de tidigare poolade hexanfaserna. De poolade hexanfaserna indunstades under N₂ (kvävgas) tills allt lösningsmedel hade avgått. Den kvarstående oljan vägdes. Därefter tillsattes 0,8 ml hexan och 0,2 ml isopropanol till oljan och proverna förvarades i frysen -20 °C i väntan på vidare analyser av fettsyror, tokoferoler och fytoosteroler. Oljehalten anges som % av fröets våtvikt. Alla prover analyserades i duplikat.

3.2.1 Analys av fettsyror

Metoden baseras på Azadmard-Damirchi & Dutta (2008). Till 100 µl av oljeprovet tillsattes 0,5 ml hexan. Sedan tillsattes 2 ml 0,01 M NaOH (natriumhydroxid) i torr metanol och proverna inkuberades i skakvattenbad (+60°C) i 10 minuter (förtvålningsssteg). Därefter tillsattes 3 ml BF₃ (bortriflorid komplex) och proverna inkuberades i skakvattenbad (+60°C) i 10 minuter (metylering). Sedan kylde proverna under rinnande vatten. Till proverna tillsattes 2 ml NaCl och 1 ml hexan och skakades kraftigt. Proverna centrifugerades sedan vid 2500 rpm i 3 minuter. Den övre hexanfasen samlades upp och fördes över till GC-vialer med insats för analys. Fettsyraanalysen genomfördes genom att använda en Chrompack CP9001 kromatograf med en flamjonisationsdetektor och split/splitless injektor. Fettsyrorna separerades med en Agilent; CP- Wax 58 FFAP kolonn, 30 m * 0,25 mm med en 0,1 µm filmtjocklek. Av provet injicerades 1 µl. Detektor och injektortemperatur var +250°C och +230°C, respektive. Fettsyrorna anges som andel (%) av de sex analyserade fettsyrorna (C16:0, C18:1, C18:2, C18:3, C20:1 och C22:1).

3.2.2 Analys av tokoferoler

Metoden baseras på Azadmard-Damirchi & Dutta (2008). Till 25 µl av oljeprovet tillsattes 75 µl hexan, proverna vortexades och fördes över till HPLC-vialer.

Tokoferoler analyserades genom att använda ett Agilent 1100 HPLC-system som består av en gradient kvarternär pump, en termostaterad kolonn, fluorescensdetektor och en autosampler. HPLC-systemet styrdes av en Agilent ChemStation programvara. Tokoferoler separerades i en LiChroCART 250-4 kolonn packad med LiChrosphere 100 NH₂, 5 µm partikelstorlek och kopplad till en vaktkolonn LiChroCART 4-4. Kolonnen termostaterades vid +22°C. Tokoferolerna analyserades med hjälp av en fluorescerande detektor vid en våglängd på 294 nm för excitation och 320 nm för emission. Av provet injicerades 1 µl. Den isokratiska mobila fasen var en blandning av heptan:tertbutylmetyleter;tetrahydrofuran;metanol (79:20:0,98:0,02) och flödes hastighet var 1 ml/min. Identifiering och kvantifieringen av tokoferoler gjordes med hjälp av externa referenser och en designad standardkurva med kända koncentrationer (0,005; 0,01; 0,05; 0,1, och 0,5 mg/ml). Endast γ-tokoferol kunde detekteras, och halten är angiven som mg/g olja.

3.2.3 Analys av fytosteroler

Metoden baseras på Dutta et al. (1994). Av oljeproverna överfördes 200 µl till glaströr med lock. Gångtejp användes runt öppningen. Sedan tillsattes 50 µl 5 α-cholestane som inre standard (8.0 mg löst i 25 ml hexan; koncentration 0,32 mg/ml) liksom 1 ml 2M KOH (3,12g löst i 25 ml 99,5% ethanol; koncentration 0,12 mg/ml). Proverna blandades med en vortex och inkuberades i kokvattenbad (95 °C), under skakning i 20 minuter. Proverna kylades sedan i kallvattenbad, varefter 1 ml H₂O och 2 ml hexan tillsattes. Proverna blandades med en vortex i 60 sekunder och därefter tillsattes 200 µl 99,5% etanol och proverna blandades igen med en vortex ca 50 sekunder. Proven centrifugerades sedan vid 2950 rpm i 3 minuter. Hexanfasen överfördes till spetsiga glaströr med propp och förvarades sedan fryst -20 °C.

3.2.4 Silylering

Extraktet togs ur frysen och tinades innan de indunstades till torrhet med N₂. Alla proverna var torra efter 30 minuter. Till proverna sattes 100 µl trisillösning och proverna skakades försiktigt och blandades kort med en vortex. Proverna inkuberades i ultraljudsbad i 5 minuter och sedan i värmeskåp (+60°C) i 45 minuter. Därefter inkuberades proverna återigen i ultraljudsbad i 5 minuter innan nedblåsning till torrhet med N₂. Alla proverna var torra efter 40 minuter. Därefter tillsattes 200 µl hexan direkt då proverna blivit torra. Proverna skakades försiktigt och blandades kort med en vortex. Proverna inkuberades en sista gång i ultraljudsbad i

5 minuter och centrifugerades sedan vid 2000 rpm i 2 minuter. Supernatanten fördes över till GC-vialer med insats för analys. GC-analyserna genomfördes genom att använda en Chromepack CP 9001 gaskromograf. GC var utrustad med en flamjoniseringsdetektor med en split/splitless injektor. Av provet injicerades 1 µl. För att separera fytosterolerna användes en Agilent; DB-5HT kolonn 50 m *0,32 mm, med en 0,2 µm filmtjocklek (Azadmard- Damirchi & Dutta, 2008). Fytosterolerna identifierades genom att jämföra kromatogram med standarder, analyserade under samma betingelser i tidigare analyser. Kvantifiering genomfördes med hjälp av intern standard. Fytosterolerna anges som mg/g olja och som %-andel av de sex analyserade fytosterolerna.

3.3 Statistik analys

För att säkerställa att resultaten var valida och repeterbara genomfördes kontroll av dags- och batchvariation på testprover för oljehalt och tokoferolhalt. Dagsvariationen hos testproverna kontrollerades genom att jämföra resultaten från extraktion av olja från samma prov från två olika dagar. Skillnaden i oljehalt från de två olika dagarna kontrollerades med ett t- test. Ingen signifikant skillnad visades med ett p-värde på 0,18. Batchvariationen hos testproverna kontrollerades genom att jämföra resultaten av tokoferolhalten från två olika batcher av samma prov. De två batcherna analyserades under samma dag. Skillnaden för tokoferolhalten i de två olika batcherna kontrollerades med ett t-test. Ingen signifikant skillnad visades med ett p-värde på 0,08. $P < 0,05$ sattes som signifikant skillnad. Resultatet i denna studie bedömdes därför inte vara påverkade av dessa faktorer.

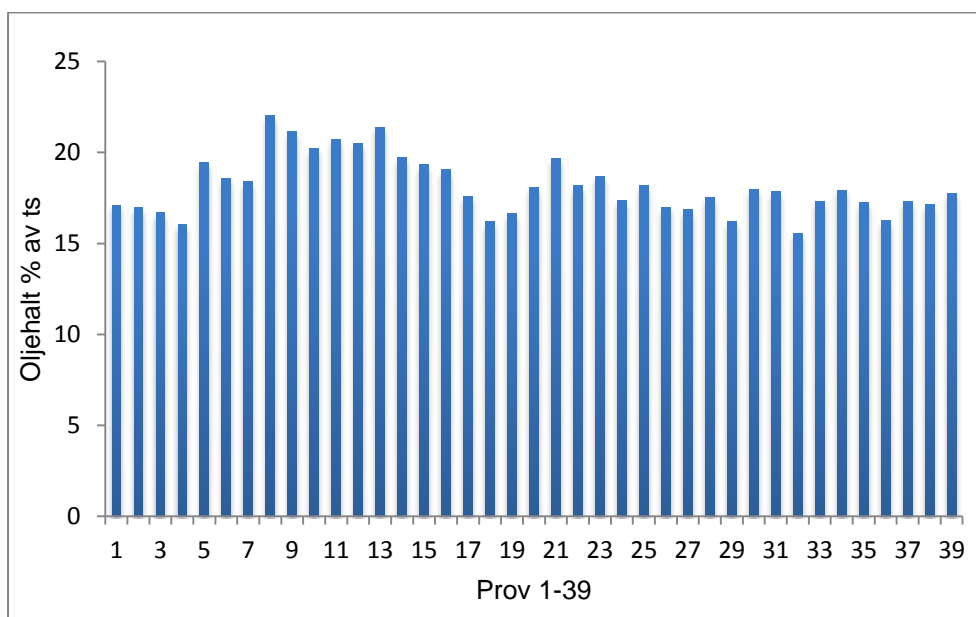
T – test utfördes också på resultat från studiens riktiga fröprover för att jämföra hur frönas oljehalt och oljekvalité påverkats av ursprungsland, odlingsförhållanden och förädlingsgrad. Principalkomponentanalys (PCA) av data genomfördes genom att använda programmet "Unscrambler" version 7 (Camo A/S, Trondheim, Norge). Alla variabler var centrerade och viktade till mellan 0-1 enheter innan PCA genomfördes.

4 Resultat

4.1 Oljehalt

Tabell 1 i Appendix visar oljehalten i de analyserade fältkrassingfröna. Figur 4 visar spridningen av oljehalten för de 39 proverna. Oljehalten varierade mellan 15,5- 22,1 % och medelvärdet var 18,1 % (Figur 4) (Tabell 9).

Det fanns en viss variation i total oljehalt för de analyserade fältkrassingfröna men spridningen var inte så stor. Det var inget av proverna som utmärkte sig med en extremt hög oljemängd vilket hade varit en fördel i förädlings syfte. Nilsson et al (1998) skriver att oljemängden i fältkrassingfrön är något under 20 % vilket överensstämmer med medelvärdet för de 39 proverna i denna studie. En oljemängd under 20 % är alldeles för låg för att fungera som oljegröda. Canolafrön innehåller 38-44% olja. Däremot, inom släktet *Lepidium* går det att finna en större variation när de kommer till oljemängd. En art som utmärker sig med hög oljemängd är *L. graminifolium* som har en oljemängd på över 37 %. Så att korsa fältkrassing med en art inom släktet *Lepidium* med kompletterande goda egenskaper skulle vara en möjlighet för att kunna förbättra oljehalten (Nilsson et al. 1998).

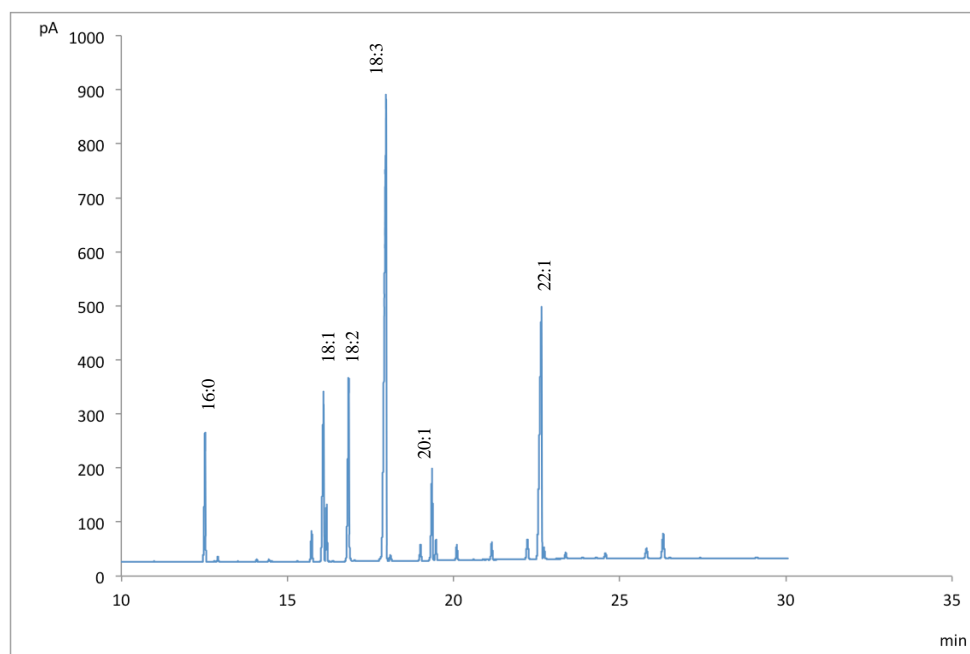


Figur 4. Oljehalten i de 39 analyserade fältkrassingfröna. Provernas namn går att finna i Tabell 5.

4.2 Fettsyror

Fettsyrasammansättningen visas i Tabell 2 i Appendix för de analyserade fältkrassingfröna. Figur 5 visar ett typiskt GC-kromatogram av fettsyrasammansättningen i frön av fältkrassing.

Linolensyra (18:3) var den fettsyra som dominerade i alla frön. Variationen var mellan 40,0 - 45,7 % och medelvärdet var 42,7 %. Därefter följde erukasyran (22:1) vars variation var mellan 23,5 - 27,1 % och medelvärdet var 24,9 %. Sedan kom fettsyrorna i ordningen oljesyra (18:1) 10,1 - 15,0 %, linolsyra (18:2) 7,6 - 12,0 %, palmitinsyra (16:0) 5,0 - 6,6 % och gadoljesyra (20:1) 3,7 - 5,5 % (Tabell 9). Fettsyrasammansättningen stämmer bra överens med studier utförda av Andersson et al. (1999) och Nilsson et al. (1998). De fann också att linolensyra och erukasyra är de mest dominerande fettsyrorna. Andelen av de övriga fettsyrorna stämmer även dessa överens med resultatet från Andersson et al. (1999).



Figur 5. Exempel på GC-kromatogram av fettsyrasammansättningen i fältkrassing. Topparna visar Palmitinsyra (C16:0), Oljesyra (C18:1), Linolsyra (C18:2), Linolensyra (C18:3), Gadoljesyra (C20:1), Erukasyra (C22:1).

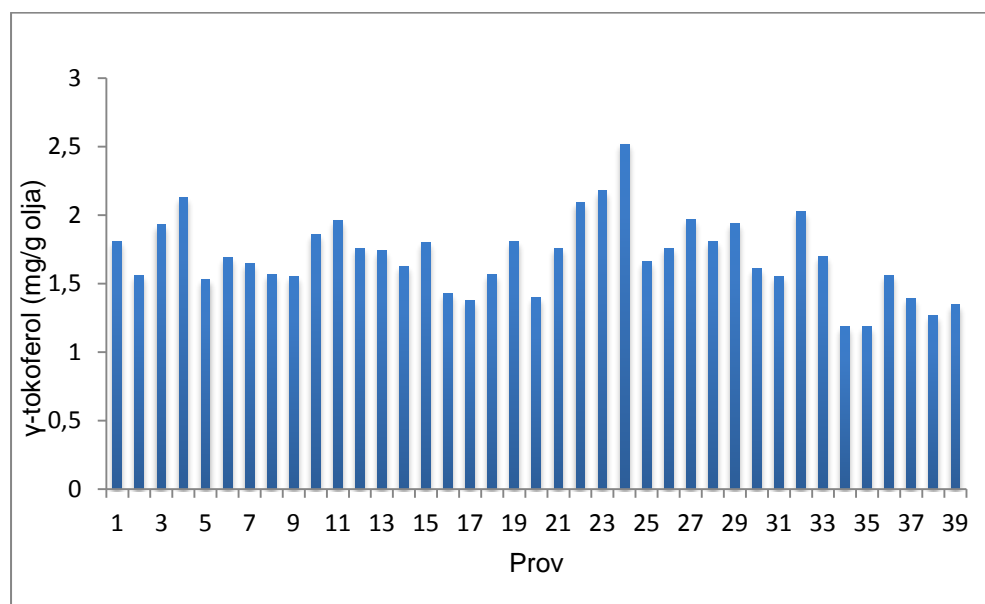
Fettsyrasammansättningen i fältkrassingolja är som den ser ut i dag varken användbar inom livsmedelsindustrin eller den kemiska industrin. De största problemen inom livsmedelsindustrin är de höga halterna av de omättade fettsyrorna linolsyra och linolensyra. Även om de är näringsmässigt bra syror så gör de oljan känslig för oxidation vid högre temperaturer vilket sänker hållbarhetstiden för oljan och gör oljan olämplig att fungera som bearbetningsolja i livsmedelsindu-

strin (Ivarsson et al. 2016). Linolensyra är en fettsyra som inte är värmestabil och bör därför inte användas i t.ex. frityroljor (Nilsson et al. 1998). De höga halterna av erukasyran är också ett stort problem. Erukasyra är användbar inom den kemiska industrin men är ohälsosam som livsmedel (Ivarsson et al. 2016). I nativ raps var erukasyra också ett stort problem och halterna var högre än vad de är i fältkrassing. I förädlingen av raps till canola har erukasyran eliminerats eller minskats till en nivå under 5 %. Oljesyra är den syra som dominerar i canola följt av linolsyra och linolensyra (Madawala et al. 2012). Erukasyran i fältkrassing behöver elimineras och de fleromättade fettsyrorerna linolsyra och linolensyra behöver modifieras så att oljan efterliknar fettsyrasammansättningen för canola, för att oljan ska hålla kvalitén som livsmedel (Nilsson et al. 1998). Oljesyra är en mer användbar fettsyra inom livsmedelsindustrin och den har hälsosamma effekter som att den hjälper till att sänka kolesterolhalten och blodtrycket. I kosmetika är oljesyra en viktig ingrediens och i förädling av växter har utvecklingen av oljesyran varit ett viktigt mål (Ivarsson et al, 2016).

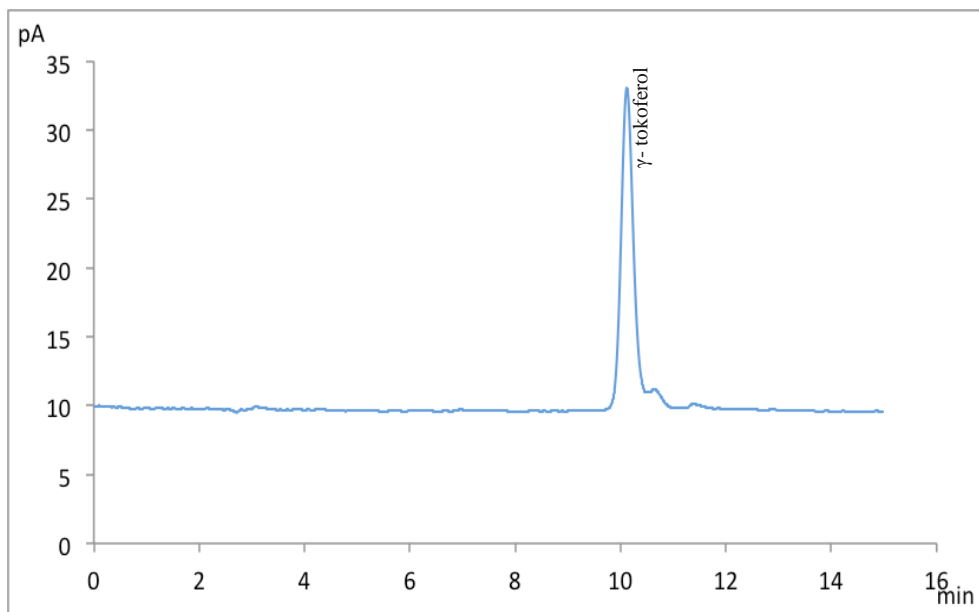
4.3 Tokoferoler

Halten γ -tokoferol visas i Tabell 3 i Appendix för de analyserade fältkrassingfröna. Figur 6 visar variationen av halten γ -tokoferol för de 39 proverna. Den huvudsakliga tokoferolen i fältkrassing var γ -tokoferol. Figur 7 visar ett typiskt HPLC kromatogram av tokoferoler i fältkrassingfrön.

Den analyserade mängden γ -tokoferol var mellan 1,27 - 2,52 mg/g olja (Tabell 9).



Figur 6. γ -Tokoferolhalten i de 39 analyserade fältkrassingfröna. Provernas namn går att finna i Tabell 5.



Figur 7. Exempel på HPLC kromatogram av tokoferolsammansättningen i fältkrassingfrön. Toppen visar γ - tokoferol.

Tokoferolsammansättningen varierar stort i vegetabiliska oljor, både i kvantitet och i sammansättning mellan de olika tokoferolerna. Tokoferolnivån regleras av mängden omättade fettsyror. En ökning av omättade fettsyror kan öka mängden av tokoferoler, då antioxidanter behövs för att skydda oljan (Eskin et al, 1996).

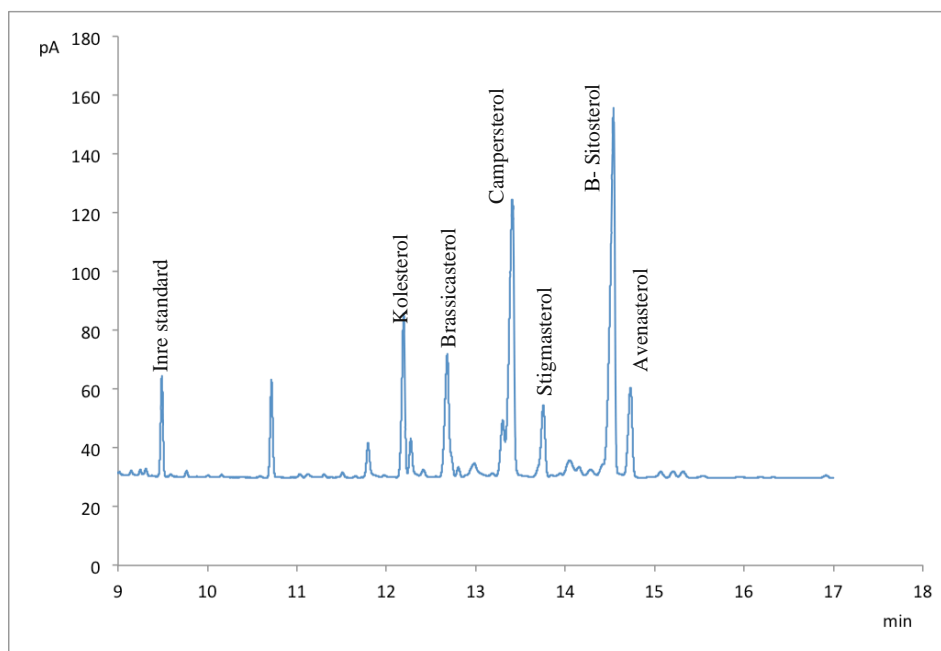
Det är en stor skillnad vad det gäller tokoferolsammansättning om man jämför fältkrassing med canola. Fältkrassing innehåller enbart γ - tokoferol och canola både α - tokoferol och γ - tokoferol. Anmärkningsvärt är att fältkrassing innehåller mer än dubbelt så mycket γ - tokoferol jämfört med canola (Tabell 2), då canola i sig jämfört med andra oljor innehåller höga nivåer av γ - tokoferol (Madawala et al. 2012; Schwartz et al. 2007). De höga nivåerna av omättade fettsyror i fältkrassingfrön kan vara det som påverkar de höga nivåerna av γ - tokoferol, då γ - tokoferol är den tokoferol som har bäst antioxidativa egenskaper (Eskin et al, 1996).

4.4 Fytosteroler

Fytosterolmängden visas i Tabell 4 i Appendix för de analyserade fältkrassingfröna. Sex olika steroler analyserades. Figur 8 visar ett typiskt GC kromatogram av fytosteroler i frön av fältkrassing.

I de flesta vegetabiliska oljor har β - sitosterol visats vara den mest dominerande fytosterolen följt av campesterol (Madawala et al, 2012). Detta överensstämmer med resultatet för fältkrassingfrön, vars dominerande fytosteroler var β -sitosterol och campesterol. Variation i koncentration för β -sitosterol var mellan 2,25 - 3,34

mg/g olja (medelvärdet var 2,73 mg/g olja) och för campesterol var variationen mellan 1,64 - 2,41 mg/g olja (medelvärdet var 2,01 mg/g olja). Därefter kom sterolerna i ordningen brassicasterol 0,62 – 0,99 mg/g olja, kolesterol 0,54 – 1,04 mg/g olja, avenasterol 0,27 – 0,67 mg/g olja och stigmasterol 0,29 – 0,54 mg/g olja (Tabell 9).



Figur 8. Exempel på GC kromatogram av fytosterolsammansättningen i fältkrassingfrön. Topparna visar Inre standard, Kolesterol, Brassicasterol, Campesterol, Stigmasterol, β -sitosterol och Avenasterol.

Den relativa fytosterolsammansättningen, av de sex analyserade sterolerna visas i Tabell 5 i Appendix.

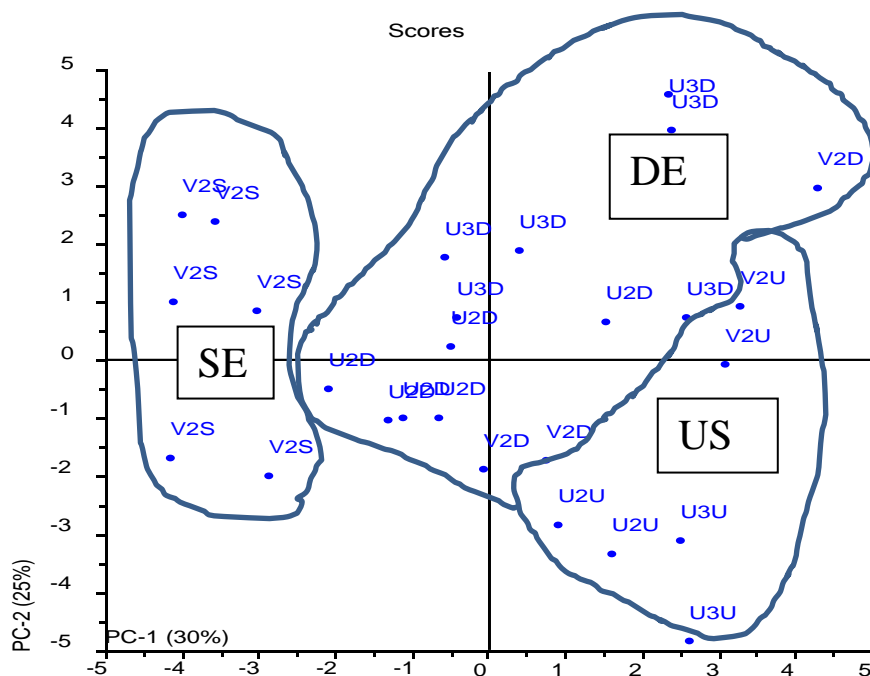
Fytosterolsammansättningen visar att β -sitosterol är den mest dominerande fytosterol med en variation på 35,4 - 41,7 % följt av campesterol 25,9 - 30,0 % och brassicasterol 9,3 - 13,4 %. Därefter kom sterolerna i ordningen kolesterol med en variation på 8,0 - 2,4 %, avenasterol med variationen 4,4 - 8,6 % och stigmasterol med en variation på 4,1 - 7,3 % (Tabell 9).

Fytosterolsammansättningen i fältkrassingfrön liknar den för canola. I canola är β -sitosterol den mest dominerande sterolen följt av campesterol och brassicasterol, likt resultatet för fältkrassing. I nativ raps jämfört med canola ser fytosterolsammansättningen oförändrad ut (Eskin et al. 1996). Förädlingen från raps till canola verkar inte ha ändrat fytosterolerna. Brassicasterolen används i nativ raps och canola för att upptäcka förfalskningar av andra oljor, då brassicasterolen är en typisk sterol hos *Brassica*-arter (Eskin et al, 1996). Fältkrassing tillhör *Brassica*-familjen

och innehåller likt raps och canola samma mängd av denna sterol. Anmärkningsvärt är att kolesterol utgör ca 10 % av de sex analyserade fytosterolerna i fältkrassingfrön. Detta är väldigt ovanligt i växtvärlden. Canola visar en variation på 0,1 – 1,0 % kolesterol av den totala sterolmängden (Madawala et al, 2012; Eskin et al, 1996). Resultatet stämmer överens med tidigare analyser av fältkrassing som har visat sig innehålla höga halter av kolesterol (Lena Dimberg)¹.

4.5 PCA- analys

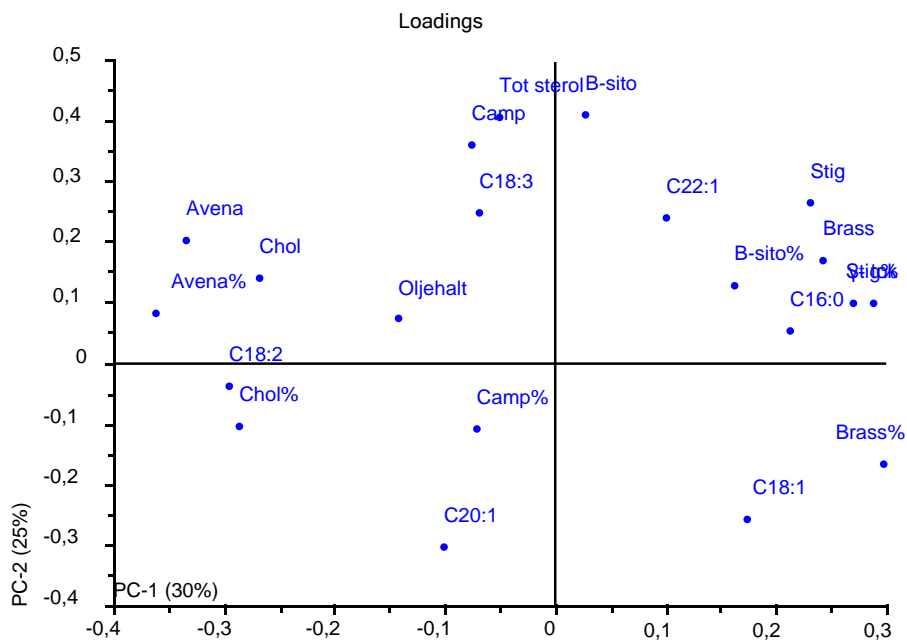
PCA modellerar data i form av huvudkomponenter. Vardera komponent (PC) karakteriseras grafiskt i en bild ("score plot"), som visar hur proverna är relaterade till varandra, och en bild ("loading plot"), som visualiserar mönstret av variabler.



Figur 9. PCA- analys "score plot"

V-växthusodlade; U-utomhusodlade; 2-generation 2;3-generation 3; S-Sverige; D-Tyskland;U-USA. (Obs statistiken för förädlingsgraden är endast gjord på de tyska proverna).

¹ Lena Dimberg (2016) Institutionen för molekylära vetenskaper, SLU



Figur 10. PCA- analys "loading plot"

Oljehalt- oljehalt; Avena- avenasterolhalt; Avena%- andel avenasterol; Chol- kolesterolhalt; Chol%- andel kolesterol; Brass- brassicasterolhalt; Brass%- andel brassicasterol; β -sito- β -sitosterolhalt; β -sito%- andel β -sitosterol; Camp- campesterolhalt; Camp%- andel campersterol; Stig- stigmasterolhalt; Stig%- andel stigmasterol; Tot sterol- total sterol; C16:0- andel palmitinsyra; C18:1- andel oljesyra; C18:2- andel linolsyra; C18:3- andel linlolsyra; C20:1- andel gadoljesyra; C22:1- andel erukasyrsyra; toko- γ - tokoferolhalt.

PCA analysen ger en övergripande bild av hur proverna förhåller sig till varandra och hur de relaterar till variablerna. Resultatet av PCA analysen måste sedan verifieras med ett t-test för att visa på signifikanta skillnader mellan olika kategorier av prover.

4.5.1 Ursprungsland – USA, Tyskland och Sverige

Enligt PCA-analysen går det tydligt att gruppera fröproverna efter ursprungsland. PCA-analysen antyder att andelen kolesterol, avenasterol och andelen C18:2 är högst i de svenska proverna och att brassicasterol, stigmasterol och tokoferol är lägst i de Svenska proverna. I Tabell 6 visas signifikanta skillnader i oljehalt och av de olika fettkomponenterna mellan frön från de tre länderna, Sverige, Tyskland och USA.

Tabell 6. Jämförelse av fettkomponenterna beroende av ursprungsland. Tabellen visar medelvärde för respektive land och signifikanta skillnader mellan länderna med (P-värde). Endast statistiskt signifikanta skillnader anges

Fettkomponent	Ursprungsland			P-värde		
	DE	US	SE	DE vs US	US vs SE	DE vs SE
Fettsyror (%)^a						
C16:1	6,1	6,0	5,3	- ^b	0,000	0,000
C18:1	11,5	13,4	11,3	0,005	0,000	- ^b
C18:2	9,9	9,7	10,9	- ^b	0,002	0,010
C18:3	43,0	41,2	43,0	0,000	0,005	- ^b
Tokoferoler (mg/g olja)						
γ- tokoferol	1,8	1,9	1,5	- ^b	0,002	0,004
Fytosteroler (mg/g olja)						
Kolesterol	0,68	0,66	0,80	- ^b	0,002	0,000
Brassicasterol	0,79	0,83	0,71	- ^b	0,004	0,005
Stigmasterol	0,44	0,40	0,34	- ^b	0,029	0,000
β -Sitosterol	2,75	2,50	2,75	0,019	0,027	- ^b
Avenasterol	0,46	0,34	0,56	0,000	0,000	0,000
Total sterol	7,12	6,65	7,19	0,031	- ^b	- ^b

^a, Procentandel av de sex analyserade fettsyrorerna.

^b-, ingen signifikant skillnad

*P-värde < 0,05 är signifikant

Det är fyra fettsyror som visar signifikanta skillnader mellan fröna från de olika länderna. Andelen C16:1 var signifikant lägre i de svenska fröna jämförelse med fröna från Tyskland och USA. Andelen C18:1 var högst i fröna från USA och andelen C18:2 var högst i fröna från Sverige. USA visar lägre andel av C18:3 än både Sverige och Tyskland. Halterna av γ - tokoferol var lägst i frön från Sverige i jämförelse med frön från både USA och Tyskland. Halten av kolesterol och avenasterol var högst i frön från Sverige medan halterna av brassicasterol och stigmasterol var lägst i frön från Sverige. Halterna av β - sitosterol var lägst i frön från USA. För den totala sterol halten är de signifikanta skillnader mellan Tyskland och USA. Övriga fettkomponenter visade ingen signifikant skillnad i jämförelsen mellan länderna.

4.5.2 Odlingförhållanden – växthus vs utomhusodling

Skillnaden mellan fettkomponenter beroende om proverna är odlade i växthus eller utomhus går att studera i PCA-analysen. PCA-analysen visar inget utmärkande mönster, signifikanta skillnader kontrollerades med t-test.

Tabell 7. Jämförelse av fettkomponenterna mellan odling i växthus eller på utomhusodling.

Fettkomponent	Växthus	Utomhusodling	P-värde*
Oljemängd (%)	17,9	19,1	0,035
C16:0 (andels %) ^a	5,7	6,1	0,010
Kolesterol (mg/g olja)	0,80	0,65	0,000
Campesterol (mg/g olja)	2,10	1,93	0,003
Total Sterol (mg/g olja)	7,31	6,88	0,024

Endast statistiskt signifikanta skillnader anges.

^a, Procentandel av de sex analyserade fettsyrorerna.

*P-värde < 0,05 är signifikant

Tabell 7 visar signifikanta skillnader av fettkomponenter i fältkrassingfrön beroende av om de är odlade i växthus eller på utomhusodling. Oljehalt och andelen C16:0 var högre i frön som odlats utomhus än i frön som odlats i växthus, emedan halten av de två fytosterolerna kolesterol och campesterol och den totala halten av steroler var högre i växthusodlade prover jämfört med utomhusodlade. Den totala halten av steroler överensstämmer inte med överblicken från PCA analysen. Öv-

riga fettkomponenter visade ingen signifikant skillnad i jämförelsen mellan växt-
hus och utomhusodling.

4.5.3 Förädlingsgrad – generation F2 vs F3

Skillnaden hos fettkomponenter beroende om proverna är förädlade i 2 eller 3 generationer går att studera i PCA- analysen. För de tyska proverna är generation 2 och 3 tydligt separerade. Där det tycks vara parametrarna tokoferolhalten, brassicasterol, campesterol, β -sitosterol och den totala sterolhalten som skiljer sig mellan generation 2 och 3. I de svenska proverna är alla frön förädlade i 2 generationer så det går inte att jämföra med generation 3, och i proverna från USA går det inte att tyda något mönster mellan generation 2 och 3. De signifikanta skillnaderna visas i tabell 8.

Tabell 8. Jämförelse av fettkomponenter mellan generation 2 och 3 i de tyska proverna. Endast statistiskt signifikanta skillnader anges

Fettkomponent	Generation 2	Generation 3	P-värde*
Fettsyror (%)^a			0,031
C18:1	10,6	11,3	0,009
C18:2	10,9	9,5	0,019
C20:1	4,9	4,4	0,041
C22:1	24,2	25,4	
Tokoferoler (mg/g olja)			
γ - tokoferol	1,6	1,8	0,018
Fytosteroler (mg/g olja)			
Brassicasterol	0,74	0,81	0,021
Campesterol	1,88	2,07	0,013
Stigmasterol	0,42	0,47	0,037
β -sitosterol	2,57	2,97	0,007
Total Sterol	6,74	7,46	0,011

^a, Procentandel av de sex analyserade fettsyrorerna.

*P-värde < 0,05 är signifikant

Det fanns signifikanta skillnader mellan generationerna för C18:1 och C22:1 som var högre i frön från generation 3 jämfört med frön från generation 2. Och för fettsyror C18:2 och C20:1 som var lägre i generation 3. Halterna av γ - tokoferol, brassicasterol, campesterol, stigmasterol, β -sitosterol liksom den totala sterolhalten var högre i frön från generation 3 än i frön från generation 2. Övriga fettkomponenter visade ingen signifikant skillnad i jämförelsen mellan generation 2 och 3.

Även om de finns signifikanta skillnader beroende på provernas ursprungsland, förädlingsgrad och odlingsförhållanden så måste skillnaderna sättas till ett verklighetsperspektiv. Är skillnaderna så stora att de påverkar och är de användningsbara? De skillnader mellan fettkomponenterna som går att finna mellan de olika proverna är väldigt små och gör inte stor skillnad i verkligheten. Det går att se vissa mönster beroende på provernas bakgrund i denna studie men inga extrema skillnader har hittats.

4.6 Sammanställning av fettkomponenter i *Lepidium campestre*

Den naturliga variationen av oljehalt och fettkomponenterna fettsyror, tokoferoler och fytosteroler sammanfattas i Tabell 9. Där visas medelvärde och variation från de 39 analyserade proverna studeras.

Tabell 9. Sammanfattande tabell över fettkomponenter i fältkrassing

Komponent	Medelvärde	Variation
Oljemängd (%)^a	18,1	15,5 – 22,1
Fettsyror (%)^b		
<i>C16:0</i>	5,8	5,0 – 6,6
<i>C18:1</i>	12,0	10,1 – 15,0
<i>C18:2</i>	10,0	7,6 – 12,0
<i>C18:3</i>	42,7	40,0 – 45,7
<i>C20:1</i>	4,6	3,7 – 5,5
<i>C22:1</i>	24,9	23,5 – 27,1
Tokoferoler (mg/g olja)		
<i>γ- tokoferol</i>	1,70	1,27 - 2,52
Fytosteroler (%)^c (mg/g olja)		
<i>Kolesterol</i>	10,2 0,73	8,0 - 12,4 0,54 - 1,04
<i>Brassicasterol</i>	11,0 0,78	9,3 - 13,4 0,62 - 0,99
<i>Campersterol</i>	28,3 2,01	25,9 - 30,0 1,64 - 2,41
<i>Stigmasterol</i>	5,6 0,40	4,1 - 7,3 0,29 - 0,54
<i>B-Sitosterol</i>	38,3 2,73	35,4 - 41,7 2,25 - 3,34
<i>Avenasterol</i>	6,6 0,47	4,4 - 8,6 0,27 - 0,67

^a, % av frövikten

^b, % andel av de sex fettsyror som analyserades

^c, % andel av de sex fytosteroler som analyserades.

5 Diskussion

Oljeproduktionen domineras i dag i Sverige av raps och rybs. Och av dessa två oljeväxter är raps den som odlas i störst utsträckning. Raps har stora problem med skadedjur och svampsjukdomar. Den försämrade lönsamheten vid odling av oljeväxter i Sverige bidrar till att odlingsarealerna minskar allt mer. Då rapsodlingarna minskar blir resultatet att spannmål dominerar i växtföljderna vilket inte är att föredra ur sjukdomssynpunkt. Det påverkar även den biologiska mångfalden, eftersom den biologiska mångfalden ökar vid odling av olika grödor.

Raps härstammar ursprungligen från medelhavet och har därför svårt med övervintringen i det kalla svenska klimatet. Fältkrassing är en inhemsk växtart och är därav mer vinterhärdig än raps. Med fältkrassings egenskaper är den användbar som utgångsmaterial för en ny oljegröda med fördelen att den kan odlas som en fånggröda. Eftersom fältkrassing är väl anpassad för klimatet i Norden så slutar den att växa relativt sent på hösten och börjar växa igen tidigt kommande vår. Genom minskad jordbearbetning och långa växtperioder kan fältkrassing minska risken för jorderosion och minska näringsläckaget från åkermarken. Fördelen mot de traditionella fånggrödorna är att fältkrassing har sitt oljehaltiga frö med en god utvecklings potential att fungera kommersiellt (Börjesdotter 2000).

För att kunna använda oljan som livsmedel måste oljans egenskaper genom förädling utvecklas på samma sätt som man gjort i förädlingen av raps till canola, genom att hitta ytterligheter inom släktet eller inom arten som är möjliga att förädla vidare (Nilsson et al. 1998).

För att modifiera fram speciella egenskaper har genteknik visat vara väldigt användbart, framförallt när målegenskapen är bestämd och när det endast finns en eller ett fåtal nackdelar hos en gröda. När det handlar om vilda arter kan det vara en större utmaning att använda genteknik. I vilda arter finns kanske ingen genetisk information tillgänglig. Fältkrassing har potential att bli en ny oljegröda och fånggröda men först måste viktiga egenskaper hos den ändras (Ivarsson et al. 2016).

I fältkrassingfrön så är det oljemängden som behöver ökas och fettsyrasammansättningen som behöver modifieras. Erukasyran behöver elimineras och de fleromättade fettsyrorna linolsyra och linolensyra behöver modifieras till liknande nivåer som canola. Det är även viktigt att öka mängden oljesyra för att få en användbar olja. Tokoferolhalten är i den här studien betydligt högre än halten i canola. Då tokoferolhalten regleras av omättade fettsyror kan den önskade minskningen av de fleromättade fettsyrorna i förädlings syfte, leda till att tokoferolhalten

minskar vilket är en nackdel. Fytosterolsammansättningen efterliknar den för canola, med den avvikelser att fältkrassing innehåller hög andel kolesterol.

Fröspridningen är ett annat stort problem för fältkrassing. Fröskidan brister och spricker upp innan alla grödor är tröskmogna. Det blir stora skördeföruster men även problem i växtföljden då de förlorade fröna med tiden gror och orsakar ogräsproblem i den kommande grödan. Enskilda gener styr ofta drösfastheten och att hitta och plocka ut enskilda genotyper med egenskaper för förbättrad drösfasthet ur en population borde vara möjligt enligt växtförädlare (Börjesdotter 2000). Fältkrassings mekanism för fröspridning behöver modifieras och göras mer fördelaktig så att fröförusterna minskar drastiskt.

Att fältkrassingfröna är relativt små i storlek jämfört med t.ex. rapsfrön är en faktor som påverkar fältkrassings frösammansättning. Ytan av ett litet frö är större i förhållande till volymen jämfört med ett stort frö. Eftersom fibrerna utgör stor del av skalet ökar andelen fibrer i ett litet frö. Anledningen till att fältkrassing innehåller mer fibrer men mindre olja än rapsfröna grundar sig alltså i fröstorleken (Börjesdotter 2000).

Att modifiera fettsyrasammansättningen i vilda fältkrassingsfrön genom att använda genteknik har visat ett framgångsrikt resultat. Ivarsson et al (2016) har utvecklat transgena linjer för fältkrassing där andelen oljesyra har ökat till hela 80 % från 11,4 % i de vilda fröna, och där andelen erukasyra har minskats ner till 0,1 % vilket är långt under gränsvärdet som krävs för att få använda oljan som livsmedel. Även andelen av de fleromättade fettsyror har minskats ner. Linolensyra minskades i försöket från 40,4 % - 2,6 %. Canolaolja anses vara av hög näringsmässig kvalitet där andelen oljesyra ligger något över 60 % och där erukasyra ligger på en godkänd nivå. Med resultatet från Ivarsson et al (2016) och ur denna synvinkel skulle fältkrassing kanske ha en bättre potential än canola som vegetabilisk olja i livsmedelsindustrin. Däremot visade resultaten inga förändringar på oljehalten vilket blir nästa hinder att övervinna. Potentialen tros vara stor efter dessa framsteg att kunna utveckla fältkrassing till en framtida oljegröda med högre andel olja i fröna och en fettsyrasammansättning anpassad för sitt syfte (Ivarsson et al. 2016).

6 Slutsats

I denna studie studeras den naturliga variationen av oljehalt och fettkomponenterna fettsyror, tokoferoler och fytosteroler i fältkrassingfrön. Resultaten tyder på en viss variation mellan de analyserade fettkomponenterna men inga ytterligheter återfanns. Genteknik har visat på goda resultat för att förändra egenskaperna hos fältkrassingfrön. För traditionell förädling är variationen av fettkomponenter inom släktet *Lepidium* mer intressant och att korsa fältkrassing med någon inom släktet kan vara en möjlighet att utveckla dess egenskaper. Fältkrassing har då potential att bli en ny etablerad oljeväxt.

Referenslista

- Andersson AAM, Merker A, Nilsson P, Sorensen H, Åman P. (1999) Chemical composition of the potential new oilseed crops *Barbarea vulgaris*, *Barbarea verna* and *Lepidium campestre*. *J Sci Food Agric* 79: 179-186.
- Andrés, M.P.S., Otero, J., Vera, S. (2011) High performance liquid chromatography method for the simultaneous determination of α -, γ - and δ - tocopherol in vegetable oils in presence of hexadecyltrimethylammonium bromide/ n-propanol in mobil phase. *Food Chemistry* 126: 1470-1474.
- Azadmard-Damirchi, S., Dutta, PC. (2008) Stability of Minor Lipid Components with Emphasis on Phytosterols During Chemical Interesterification of a Blend Refined Olive Oil and Palm Stearin. *J Am Oil Chem Soc* 85:13-21.
- Börjesdotter D. 2000. Oljehaltiga fånggrödor – vårgyllen, sommargyllen och fältkrassing. *Fakta Jordbruk* 9, SLU Publikationstjänst.
- Cox, TS., Bender, M., Picone, C., Van Tassel, DL., Holland, JB., Brummer, EC., Zoeller, BE., Pater-son, AH., Jackson, W. (2002) Breeding perennial grain crops. *Critical Reviews in Plant Sciences* 21: 59-91.
- Dutta, PC., Helmersson, S., Kebedu, E., Alema, G., Appelqvist, LA. (1994) Variation in lipid composition of niger seed (*Guizotia abyssinica* Cass.) samples collected from different regions in Ethiopia. *J Am Oil Chem Soc* 71:839–843.
- Eriksson, D. (2009) *Towards the Domestication of Lepidium campestre as an Undersown Oilseed Crop*. Diss. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Eskin, M.N.A., McDonald, B.E., Przybylski, R., Malcolmson, L.J., Scarth, R., Mag, T., Ward, K., Adolph, D. (1996) Canola Oil i: Hui, Y.H. (Ed.) *Bailey's Industrial Oil & Fat Products, Edible Oil & Fat Products: Oils and Oil Seeds*. Upplaga 5, volym 2. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Jensen, ES. (1991) Nitrogen accumulation and residual effects on nitrogen catch crops. *Acta Agric Scand* 41: 333-344.
- Johnsson, H., Larsson, M., Lindsjö, A., Mårtensson, K., Persson, K., Torstensson, G. (2008) Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. *Naturvårdsverket*, rapport 5823.
- Johnsson, L. (2004) Phytosterol Oxidation Products: Formation, Analysis and Occurrence. *Department of Food Science Uppsala*.
- Ivarson, E., Ahlman, A., Li, X., Zhu, LH (2013) Development of an efficient regeneration and transformation method for the new potential oilseed crop *Lepidium campestre*. *BMC Plant Biology*, 13:115.
- Ivarson, E., Ahlman, A., Lager, I., Zhu, LH.(2016) Significant increase of oleic acid level in the wild species *Lepidium campestre* though direct gene silencing. *Plant Cell Rep*.
- L'Abbé, M,R., Stender, S., Skeaff, M., Ghafoorunissa., Tavella, M. (2009) Review: Approaches to removing trans fats from the food supply in industrialized and developing countries. *European Journal of Clinical Nutrition* 63: S50-S67.

- Madawala, S. R.P., Kochhar, P., Dutta, P.C. (2012) Lipid components and oxidative status of selected specialty oils. *Grasas y Aceites*, 2, DOI:10.3989/gya.083811.
- Marwede, V., Schierholt, A., Möllers, C., Becker, H. C. (2004) Genotype×environment interactions and heritability of tocopherol contents in canola. *Crop Sci.* 44: 728-731.
- Merker, A., Eriksson, D., Bertholdsson, N. O. (2010) Barley yield increases with under sown *Lepidium campestre*. *Acta Agr. Scand. B-S.* 60: 269-273.
- Mistra Biotech. (2013) *Mistra Biotech Annual Report 2013*
http://www.mistra.org/download/18.765ed0b6143735374811f0b/1473225430488/MistraBiotech_AR_2013_WEB.pdf (2017-01-10)
- Moreau, R., Whitaker, B. & Hicks, K. (2002) Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. *Progress in Lipid Research* 41: 457-500.
- Nilsson, P., Johansson, S-Å., Merker, A. (1998) Variation in seed oil composition of species from the genera *Barbarea* and *Lepidium*. *Acta Agric Scand Section B – Soil and Plant Sci* 48: 159-164.
- Pouvreau, B., Baud, S., Vernoud, V., Morin, V., Py, C., Gendrot, G., Pichon, JP., Rouster, J., Paul, W., Rogowsky, PM. (2011) Duplicate Maize *Wrinkled1* Transkription Factors Activate Target Gene Involved in Seed Oil Biosynthesis. *Plant Physiology* 156: 674-686.
- Rosillo-Calle, F., Pelkmans, L., Walter, A. (2009) *A Global overview of vegetable oils with reference to biodiesel, A report for the IEA Bioenergy task 40*. Imperial Collage London UK VITO, Belgium, FEM, UNICAMP, Brazil.
- Schwartz, H., Ollilainen, V., Piironen, V., Lampi, A-M. (2007) Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 152-161.
- Simpson, BB., Ogorzaly, MC. (2001) *Economic botany*. Third edition, McGraw-Hill Book Co, Singapore. ISBN 0-07-118188-1.
- Singh, SP., Zhou, X., Liu, Q., Stymne, S., Green, AG. (2005) Metabolic engineering of new fatty acids in plants. *Curr Op in Plant Biol* 8: 197-203.
- Thrupp, LA. (2002) Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *Int Affairs* 76: 283-297.
- Vlahakis, C., Hazebroek, J. (2000) Phytosterol Accumulation in Canola, Sunflower and Soyabean Oils: Effekt of genetic, Planting Location, and Temperature. *JAOCs* 77: 49-53.

Figur 1.

Jü. (2012) α - tokoferol. Hämtad 10 december 2016 från

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpha-Tocopherol_Structural_Formulae_V.1.svg

Edgar181. (2009) β – tokoferol. Hämtad 10 december 2016 från

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beta-tocopherol.png>

Edgar181. (2009) γ -*tokoferol*. Hämtad 10 december 2016 från <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gamma-tocopherol.png>

Edgar181. (2009) δ -*tokoferol*. Hämtad 10 december 2016 från <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Delta-tocopherol.png>

Figur 2.

Calvero. (2007) *Brassicasterol*. Hämtad 10 december 2016 från <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brassicasterol.svg>

User:Mysid. (2007) β -*sitosterol*. Hämtad 10 december 2016 från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sitosterol_structure.svg

Edgar181 (talk). (2010) *Campesterol*. Hämtad 10 december 2016 från <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Campesterol.png>

NEUROtiker. (2008) *Stigmasterol*. Hämtad 10 december 2016 från <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stigmasterin.svg>

Figur 3.

Fornax. (2008) File:*Lepidium campestre W.jpg*. Hämtad 2 februari 2017 från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lepidium_campestre_W.jpg

Appendix

Tabell 1. Oljemängd i fältkrassingfrön^a

Namn	Olja %	Namn	Olja %
0018580	17,1 ± 0,53	Lc251-3B	19,7 ± 0,84
Lep122	17,0 ± 0,70	Lc251-6-52	18,2 ± 0,22
633248	16,7 ± 0,44	Lc251-6-53	18,7 ± 0,17
PI 650260	16,0 ± 0,10	Lep91	17,3 ± 0,39
Lep92-2	19,4 ± 0,16	Lep92-2-10	15,1 ± 4,43
Lep92-3	18,6 ± 0,10	Lep92-9-6	17,0 ± 0,53
Lep92-6	18,4 ± 0,54	Lep92-L-4	16,8 ± 0,29
Lep92-8	22,0 ± 0,25	Lep92-S-3	17,5 ± 0,89
Lep92-9	21,2 ± 0,20	Lep94	16,2 ± 0,28
92-9-173	20,2 ± 0,60	Ljugarn	18,0 ± 0,17
92-9-209	20,7 ± 0,07	Lönn055	17,9 ± 0,08
92-9-98	20,5 ± 0,46	Lönn19	15,5 ± 0,39
Albrunna	21,4 ± 0,35	Lönnstorp-02	17,3 ± 0,75
Arrie	19,7 ± 0,20	Lönnstorp-06	17,9 ± 0,51
Grönhögen	19,3 ± 0,06	Malmö	17,2 ± 0,10
Gävle-3	19,0 ± 0,74	Merbglönga	16,3 ± 0,65
Huddigne	17,6 ± 0,62	Mörbylånga	17,3 ± 0,11
Lc2005	16,2 ± 0,66	No-094	17,1 ± 0,04
Lc251	16,7 ± 0,13	Spjutstrop	17,7 ± 0,05
Lc251-2	18,1 ± 0,59		

^a) Oljemängderna är ett medelvärde av duplikat, ± standardavvikelse

Tabell 2. Fettsyrasammansättning i fältkrassingfrön, (%)^a

Namn	Fettsyror					
	16:0	18:1	18:2	18:3	20:1	22:1
0018580	6,0 ± 0	12,4 ± 0,1	8,3 ± 0,1	43,8 ± 0,1	4,4 ± 0,1	25,1 ± 0,1
Lep122	5,3 ± 0	13,8 ± 0,2	9,2 ± 0	41,9 ± 0,3	4,6 ± 0,1	25,3 ± 0
633248	5,8 ± 0,1	11,6 ± 0,2	8,3 ± 0	43,5 ± 0	3,7 ± 0,1	27,1 ± 0,1
PI 650260	6,4 ± 0	11,5 ± 0,1	10,3 ± 0	41,6 ± 0,1	4,4 ± 0,1	25,7 ± 0
Lep92-2	6,3 ± 0	10,7 ± 0	11,2 ± 0,1	42,9 ± 0	5,0 ± 0	23,9 ± 0,1
Lep92-3	6,1 ± 0,1	10,4 ± 0	11,2 ± 0	43,0 ± 0,1	4,9 ± 0	24,3 ± 0,1
Lep92-6	6,3 ± 0	10,4 ± 0	11,3 ± 0	42,9 ± 0,1	4,9 ± 0	24,2 ± 0,1
Lep92-8	6,6 ± 0	10,5 ± 0	11,1 ± 0	43,1 ± 0	5,2 ± 0	23,5 ± 0
Lep92-9	6,2 ± 0	10,6 ± 0	11,3 ± 0	42,9 ± 0	5,1 ± 0	23,9 ± 0
92-9-173	6,2 ± 0,1	11,3 ± 0	9,0 ± 0	43,5 ± 0	4,2 ± 0	25,7 ± 0,1
92-9-209	6,2 ± 0	11,4 ± 0,1	8,9 ± 0	43,4 ± 0,1	4,1 ± 0	26,0 ± 0
92-9-98	6,0 ± 0	10,7 ± 0	9,0 ± 0	44,3 ± 0	4,5 ± 0	25,6 ± 0
Albrunna	5,3 ± 0	11,0 ± 0,2	10,8 ± 0	42,8 ± 0,1	4,3 ± 0	25,9 ± 0,2
Arrie	5,2 ± 0	10,1 ± 0,1	10,6 ± 0,1	45,7 ± 0	4,8 ± 0	23,5 ± 0,2
Grönhögen	5,0 ± 0	10,9 ± 0	11,4 ± 0	42,3 ± 0,1	3,9 ± 0	26,7 ± 0,1
Gävle-3	5,3 ± 0	12,8 ± 0	10,5 ± 0	41,8 ± 0,1	5,2 ± 0	24,4 ± 0
Huddigne	5,9 ± 0	11,2 ± 0	12,0 ± 0	41,7 ± 0	5,2 ± 0	23,9 ± 0
Lc2005	6,1 ± 0	12,8 ± 0,2	10,1 ± 0,1	42,2 ± 0	4,7 ± 0	24,1 ± 0,2
Lc251	6,4 ± 0,1	13,4 ± 0,1	10,6 ± 0,2	40,0 ± 0,1	4,1 ± 0,1	25,6 ± 0,1
Lc251-2	6,1 ± 0	14,3 ± 0,2	10,1 ± 0,1	40,2 ± 0,2	5,2 ± 0,1	24,1 ± 0,2

Tabell 2. Fettsyrasammansättningen i fältkrassingfrön, (%)^a fortsättning

Namn	Fettsyror					
	16:0	18:1	18:2	18:3	20:1	22:1
Lc251-3B	6,0 ± 0	13,2 ± 0,1	10,2 ± 0,1	41,2 ± 0,1	5,2 ± 0,1	24,2 ± 0,2
Lc251-6-52	5,6 ± 0	15,0 ± 0	9,0 ± 0	41,1 ± 0	5,2 ± 0	24,0 ± 0
Lc251-6-53	5,6 ± 0,1	14,5 ± 0	9,2 ± 0,1	41,2 ± 0,1	5,1 ± 0	24,3 ± 0,2
Lep91	6,1 ± 0	13,4 ± 0	7,6 ± 0	43,1 ± 0	4,0 ± 0	25,8 ± 0
Lep92-2-10	6,1 ± 0	10,8 ± 0	10,9 ± 0,1	43,4 ± 0,2	5,0 ± 0	23,8 ± 0
Lep92-9-6	6,2 ± 0	11,6 ± 0,2	9,0 ± 0,1	44,1 ± 0,2	4,7 ± 0	24,5 ± 0,1
Lep92-L-4	6,2 ± 0	10,1 ± 0	9,8 ± 0	43,9 ± 0,1	4,1 ± 0	25,9 ± 0
Lep92-S-3	5,6 ± 0	12,3 ± 0	9,7 ± 0	42,0 ± 0,1	4,1 ± 0	26,2 ± 0,1
Lep94	6,2 ± 0,1	14,8 ± 0,1	8,7 ± 0,1	40,2 ± 0,1	4,6 ± 0	25,4 ± 0,2
Ljugarn	5,3 ± 0	12,3 ± 0,1	11,2 ± 0,1	42,0 ± 0,1	4,7 ± 0	24,5 ± 0
Lönn055	5,8 ± 0,1	13,3 ± 0	9,6 ± 0	41,7 ± 0,2	4,6 ± 0,1	25,1 ± 0,2
Lönn19	6,5 ± 0	12,2 ± 0	8,3 ± 0,1	43,7 ± 0	4,0 ± 0	25,3 ± 0
Lönnstorp-02	5,7 ± 0	13,2 ± 0,1	9,5 ± 0	41,8 ± 0	4,6 ± 0	25,3 ± 0,1
Lönnstorp-06	5,6 ± 0,1	12,4 ± 0,1	9,9 ± 0	43,0 ± 0,2	5,2 ± 0,1	23,8 ± 0,3
Malmö	5,0 ± 0	11,3 ± 0,1	10,4 ± 0	44,2 ± 0,1	5,4 ± 0	23,7 ± 0
Merbglönga	5,3 ± 0,1	11,7 ± 0,4	9,9 ± 0,4	44,0 ± 0,2	4,2 ± 0,1	24,9 ± 0,3
Mörbylånga	5,2 ± 0	10,6 ± 0	11,8 ± 0	42,3 ± 0	4,3 ± 0	25,8 ± 0
No-094	5,5 ± 0,1	13,2 ± 0,1	8,8 ± 0,1	43,6 ± 0	5,5 ± 0	23,4 ± 0
Spjutstrop	5,2 ± 0	10,8 ± 0,1	10,6 ± 0,1	43,5 ± 0,1	4,3 ± 0	25,7 ± 0,2

^aFettsyrasammansättningen är ett medelvärde av duplikat, ± standardavvikelse.

Tabell 3. γ -Tokoferol i fältkrassingfrön (mg/g olja)^a

Namn	γ -tokoferol	Namn	γ -tokoferol
0018580	1,81 ± 0,0	Lc251-3B	1,76 ± 0,3
Lep122	1,56 ± 0,2	Lc251-6-52	2,09 ± 0,1
633248	1,93 ± 0,0	Lc251-6-53	2,18 ± 0,0
PI 650260	2,13 ± 0,1	Lep91	2,52 ± 0,0
Lep92-2	1,53 ± 0,0	Lep92-2-10	1,66 ± 0,1
Lep92-3	1,69 ± 0,0	Lep92-9-6	1,76 ± 0,1
Lep92-6	1,65 ± 0,1	Lep92-L-4	1,97 ± 0,2
Lep92-8	1,57 ± 0,0	Lep92-S-3	1,81 ± 0,0
Lep92-9	1,55 ± 0,1	Lep94	1,94 ± 0,0
92-9-173*	1,86	Ljugarn	1,61 ± 0,1
92-9-209	1,96 ± 0,0	Lönn055	1,55 ± 0,1
92-9-98	1,76 ± 0,1	Lönn19	2,03 ± 0,0
Albrunna	1,74 ± 0,0	Lönnstorp-02	1,70 ± 0,2
Arrie	1,63 ± 0,0	Lönnstorp-06	1,19 ± 0,3
Grönhögen	1,80 ± 0,1	Malmö	1,19 ± 0,1
Gävle-3	1,43 ± 0,2	Merbglönga	1,56 ± 0,1
Huddigne	1,38 ± 0,1	Mörbylånga	1,39 ± 0,1
Lc2005	1,57 ± 0,1	No-094	1,27 ± 0,1
Lc251	1,81 ± 0,0	Spjutstrop	1,35 ± 0,1
Lc251-2*	1,40		

^a) Tokoferolmängden är ett medelvärde av duplikat, ± standardavvikelse.

*Endast ett prov

Tabell 4. Fytosterolmängden i fältkrassingfrön (mg/g olja)^a

Namn	Kolesterol	Brassicasterol	Campesterol	Stigmasterol	β-sitosterol	Avenasterol
0018580	0,85 ± 0,0	0,88 ± 0,0	2,30 ± 0,0	0,40 ± 0,0	2,84 ± 0,1	0,52 ± 0,0
Lep122	0,77 ± 0,1	0,85 ± 0,1	2,04 ± 0,2	0,36 ± 0,0	2,42 ± 0,2	0,37 ± 0,0
633248	0,79 ± 0,0	0,80 ± 0,0	2,14 ± 0,1	0,36 ± 0,0	2,56 ± 0,0	0,48 ± 0,0
PI 650260	0,73 ± 0,1	0,99 ± 0,2	2,13 ± 0,4	0,54 ± 0,1	2,60 ± 0,5	0,36 ± 0,1
Lep92-2	0,68 ± 0,0	0,74 ± 0,1	1,85 ± 0,1	0,40 ± 0,0	2,49 ± 0,2	0,50 ± 0,0
Lep92-3	0,65 ± 0,0	0,76 ± 0,0	1,96 ± 0,0	0,43 ± 0,0	2,70 ± 0,1	0,49 ± 0,0
Lep92-6	0,61 ± 0,0	0,71 ± 0,0	1,84 ± 0,0	0,39 ± 0,0	2,52 ± 0,0	0,48 ± 0,0
Lep92-8	0,75 ± 0,0	0,79 ± 0,0	1,96 ± 0,0	0,42 ± 0,0	2,48 ± 0,0	0,55 ± 0,0
Lep92-9	0,64 ± 0,0	0,72 ± 0,0	1,84 ± 0,1	0,40 ± 0,0	2,56 ± 0,1	0,47 ± 0,0
92-9-173	0,64 ± 0,0	0,85 ± 0,0	2,20 ± 0,0	0,54 ± 0,0	3,34 ± 0,1	0,47 ± 0,0
92-9-209	0,62 ± 0,0	0,82 ± 0,0	2,16 ± 0,0	0,50 ± 0,0	3,25 ± 0,0	0,44 ± 0,0
92-9-98	0,56 ± 0,0	0,72 ± 0,0	1,86 ± 0,0	0,45 ± 0,0	2,67 ± 0,0	0,41 ± 0,0
Albrunna	0,88 ± 0,0	0,78 ± 0,0	2,16 ± 0,1	0,32 ± 0,0	2,99 ± 0,1	0,60 ± 0,0
Arrie	0,84 ± 0,0	0,77 ± 0,0	2,05 ± 0,1	0,39 ± 0,0	2,72 ± 0,1	0,52 ± 0,0
Grönhögen	0,89 ± 0,1	0,77 ± 0,0	2,30 ± 0,1	0,32 ± 0,0	2,90 ± 0,4	0,60 ± 0,0
Gävle-3	0,86 ± 0,0	0,70 ± 0,0	1,99 ± 0,0	0,31 ± 0,0	2,52 ± 0,1	0,54 ± 0,0
Huddigne	0,83 ± 0,0	0,76 ± 0,0	2,24 ± 0,1	0,40 ± 0,0	2,85 ± 0,1	0,67 ± 0,0
Lc2005	1,04 ± 0,0	0,90 ± 0,0	2,54 ± 0,1	0,42 ± 0,0	3,17 ± 0,1	0,65 ± 0,0
Lc251	0,71 ± 0,0	0,96 ± 0,0	2,04 ± 0,0	0,43 ± 0,0	2,75 ± 0,1	0,32 ± 0,0
Lc251-2*	0,62	0,80	1,81	0,38	2,47	0,32

Tabell 4. Fytosterolmängden i fältkrassingfrön (mg/g olja)^a fortsättning

Namn	Kolesterol	Brassicasterol	Campesterol	Stigmasterol	B-sitosterol	Avenasterol
Lc251-3B	0,63 ± 0,0	0,77 ± 0,1	1,87 ± 0,2	0,38 ± 0,0	2,41 ± 0,2	0,34 ± 0,0
Lc251-6-52	0,55 ± 0,0	0,74 ± 0,0	1,64 ± 0,0	0,33 ± 0,0	2,25 ± 0,0	0,27 ± 0,0
Lc251-6-53	0,60 ± 0,0	0,78 ± 0,0	1,77 ± 0,1	0,35 ± 0,0	2,48 ± 0,1	0,30 ± 0,0
Lep91	0,78 ± 0,0	0,99 ± 0,1	2,17 ± 0,1	0,54 ± 0,0	2,96 ± 0,2	0,36 ± 0,0
Lep92-2-10	0,77 ± 0,0	0,85 ± 0,0	2,01 ± 0,1	0,51 ± 0,0	2,86 ± 0,1	0,57 ± 0,0
Lep92-9-6	0,60 ± 0,1	0,81 ± 0,1	1,91 ± 0,2	0,50 ± 0,1	2,78 ± 0,2	0,40 ± 0,0
Lep92-L-4	0,72 ± 0,1	0,80 ± 0,1	2,07 ± 0,2	0,42 ± 0,0	2,78 ± 0,3	0,47 ± 0,0
Lep92-S-3	0,71 ± 0,0	0,71 ± 0,0	2,09 ± 0,0	0,36 ± 0,0	2,82 ± 0,0	0,44 ± 0,0
Lep94	0,74 ± 0,0	0,76 ± 0,0	1,95 ± 0,0	0,33 ± 0,0	2,61 ± 0,0	0,40 ± 0,0
Ljugarn	0,77 ± 0,0	0,67 ± 0,0	1,79 ± 0,1	0,31 ± 0,0	2,47 ± 0,1	0,49 ± 0,0
Lönn055	0,73 ± 0,1	0,72 ± 0,1	1,94 ± 0,2	0,35 ± 0,0	2,74 ± 0,2	0,46 ± 0,0
Lönn19	0,82 ± 0,0	0,88 ± 0,0	2,28 ± 0,0	0,43 ± 0,0	2,98 ± 0,0	0,45 ± 0
Lönnstorp-02	0,81 ± 0,1	0,81 ± 0,1	2,15 ± 0,3	0,39 ± 0,1	3,05 ± 0,5	0,50 ± 0,1
Lönnstorp-06*	0,77	0,70	2,07	0,36	2,70	0,51
Malmö	0,62 ± 0,1	0,64 ± 0,1	1,73 ± 0,2	0,36 ± 0,0	2,78 ± 0,3	0,55 ± 0,1
Merbglönga	0,84 ± 0,0	0,77 ± 0,0	2,41 ± 0,2	0,40 ± 0,0	3,32 ± 0,2	0,59 ± 0,0
Mörbylånga	0,77 ± 0,0	0,67 ± 0,0	1,84 ± 0,0	0,31 ± 0,0	2,64 ± 0,1	0,51 ± 0,0
No-094	0,54 ± 0,0	0,66 ± 0,0	1,79 ± 0,0	0,40 ± 0,0	2,63 ± 0,1	0,43 ± 0,0
Spjutstrop	0,74 ± 0,1	0,62 ± 0,1	1,70 ± 0,2	0,29 ± 0,0	2,32 ± 0,3	0,49 ± 0,1

^a) Fytosterolmängden är ett medelvärde av duplikat. * endast ett prov, ± standardavvikelse.

Tabell 5. Fytosterolsammansättning av de sex analyserade sterolerna i fältkrassingfrön,
andel (%) av de sex fytosterolerna^a

Namn	Kolesterol	Brassicasterol	Campesterol	Stigmasterol	β -Sitosterol	Avenasterol
0018580	11,0	11,3	29,5	5,2	36,4	6,6
Lep122	11,3	12,5	29,9	5,3	35,5	5,4
633248	11,1	11,2	30,0	5,0	36,0	6,7
PI 650260	9,9	13,4	29,0	7,3	35,4	4,9
Lep92-2	10,1	11,2	27,8	6,0	37,4	7,5
Lep92-3	9,3	10,9	28,1	6,2	38,5	7,0
Lep92-6	9,2	10,9	28,1	6,0	38,5	7,3
Lep92-8	10,8	11,3	28,1	6,1	35,7	7,9
Lep92-9	9,6	10,9	27,7	6,0	38,6	7,1
92-9-173	8,0	10,5	27,3	6,8	41,6	5,8
92-9-209	8,0	10,6	27,7	6,4	41,7	5,6
92-9-98	8,4	10,8	27,9	6,8	40,0	6,1
Albrunna	11,3	10,1	28,0	4,2	38,7	7,8
Arrie	11,6	10,5	28,1	5,3	37,4	7,1
Grönhögen	11,5	9,8	29,6	4,1	37,3	7,7
Gävle-3	12,4	10,1	28,7	4,5	36,4	7,8
Huddigne	10,7	9,8	28,9	5,2	36,7	8,6
Lc2005	12,0	10,4	29,1	4,8	36,4	7,4
Lc251	9,8	13,4	28,3	6,0	38,2	4,4
Lc251-2*	9,7	12,6	28,3	6,0	38,5	5,0

Tabell 5. Fytosterolsammansättning av de sex analyserade sterolerna i analyserade fältkrassingfrön, andel (%) av de sex fytosterolerna^a fortsättning

Namn	Kolesterol	Brassicasterol	Campesterol	Stigmasterol	β-Sitosterol	Avenasterol
Lc251-3B	9,9	12,0	29,1	6,0	37,6	5,4
Lc251-6-52	9,5	12,8	28,4	5,6	39,0	4,7
Lc251-6-53	9,5	12,4	28,2	5,6	39,5	4,8
Lep91	10,0	12,6	27,9	6,9	37,9	4,6
Lep92-2-10	10,2	11,2	26,6	6,8	37,7	7,6
Lep92-9-6	8,6	11,6	27,3	7,1	39,7	5,7
Lep92-L-4	9,9	11,1	28,5	5,8	38,2	6,5
Lep92-S-3	9,9	10,0	29,3	5,1	39,5	6,2
Lep94	10,9	11,2	28,8	4,8	38,5	5,9
Ljugarn	11,8	10,3	27,5	4,8	38,0	7,5
Lönn055	10,5	10,4	28,0	5,0	39,5	6,7
Lönn19	10,5	11,2	29,1	5,4	38,0	5,8
Lönnstorp-02	10,5	10,5	27,9	5,1	39,5	6,4
Lönnstorp-06	10,9	9,9	29,1	5,1	37,9	7,2
Malmö	9,2	9,6	25,9	5,3	41,7	8,3
Merbglönga	10,1	9,3	28,9	4,8	39,9	7,1
Mörbylånga	11,4	9,9	27,3	4,6	39,2	7,5
No-094	8,4	10,2	27,7	6,3	40,7	6,7
Spjutstrop	12,0	10,0	27,6	4,7	37,8	7,9

^{a)} Fytosterolsammansättningen är uträknat av provernas medelvärde.

Populärvetenskaplig artikel

Det finns över två miljoner kända växtarter och av dessa uppskattar man att 300 000 är ätbara. Med endast 150 av dessa på världsmarknaden så finns det många utforskade arter och potentialen är därför stor att få fram nya grödor för livsmedelsändamål. Fördelen med att förädla och ta fram nya växtarter är att man kan hitta miljövänligare råvaror och produkter. Man kan utveckla ett mer hållbart jordbruk med odlingssystem som ger en högre avkastning. Att få fram tåligare grödor med högre motståndskraft mot väderförhållanden, skadedjur och sjukdomar skulle bidra till stabilare skördar och minskande av bekämpningsmedel.

Det finns i dag en stor efterfrågan på vegetabilisk olja inte bara som livsmedel utan även för nya användningsområde som t.ex. biodiesel. I Sverige är det svårt att öka produktionen av vegetabiliska oljor med de kalla klimat som är. Höstraps är den enda oljeväxt som går att odla i Sverige under vintern och rapsodlingarna är begränsade till de södra delarna av landet. Genom upptäckt av nya arter av oljevaxter kan man få en ökad produktion och nya användbara oljekvaliteter.

Flera vilda arter har undersökts för hitta en ny oljegröda. *Lepidium campestre* är en art som valts ut för sin goda växttyp, användbara oljekvaliteter och för sin egenskap att den tål att övervintra. *Lepidium campestre*, fältkrassing, tillhör familjen *Brassicaceae* samma som de välkända oljegrödorna raps och rybs tillhör. Fältkrassing går allt oftare att finna på jordbruksmarker men där betraktas den mer som ett ogräs. Den är formad som en ljusstake till utseende och kallas ibland Salomos ljusstake. Den har en rak stam med blommande grenar.

Fördelen med att förädla fältkrassing och göra den till en ny oljegröda är att den är mycket vinterhärdig och tål kalla klimat. Man skulle med fältkrassing kunna utnyttja större arealer då den skulle kunna odlas längre norr ut i t.ex. Sverige. Ytterligare en fördel är fältkrassings tvååriga livscykel som skulle göra att den kan fungera som fånggröda, och på så sätt kunna bidra med minskat näringsläckage från det svenska jordbruket då marken skulle vara täckt under vinterhalvåret.

För att fältkrassing ska kunna fungera som oljegröda behöver man öka oljemängden i fröna som är alldeles för låg. Oljekvaliteten måste modifieras likt den konventionella rapsoljans fettsyrasammansättning genom att minska mängden linolensyra som är mycket instabil och därmed bidrar till att oljan lätt härsknar. För att oljan ska kunna användas som livsmedel måste också den oätliga fettsyran erukasyra genom förädling avlägsnas, på samma sätt som man gjort i förädlingen av raps till canola. Canola är förädlade rapssorter vars olja innehåller mindre än 5 % erukasyra. Även att öka mängden oljesyra är viktigt för att efterlikna canola och få en användbar olja.

Brassica- arter sprider sina frön genom att fröskidan brister. När det gäller fältkrassing brister fröskidan i förtid vilket leder till stora förluster av fröavkastningen. Detta måste också modifieras innan fältkrassing kan bli en kommersiellt använd oljegröda.

Denna studie fokuserar på att finna den naturliga variationen av oljehalt och olika fettkomponenterna i fältkrassing såsom fettsyror, tokoferoler och fytosteroler, för att finna ett lämpligt provmaterial för vidare förädling mot en god oljegröda likt canola. Resultatet visade att oljehalten varierade mellan 15-22 % i de analyserade fältkrassingfröna, jämfört med canola vars frön innehåller 38-44 % olja. Fettsyrasammansättningen visade att linolensyra och erukasyra är de mest dominerande fettsyrorna i fältkrassing. I canola är det oljesyra och linolsyra som är de mest dominerande fettsyrorna. Den enda tokoferol som återfanns var γ -tokoferol vars variation var mellan 1,27- 2,52 mg/g olja. Det är en skillnad om man jämför med canola som har en variation på 0,40 - 0,51 mg/g olja. Fytosterolsammansättningen liknar canolaoljans, med β -Sitosterol och campesterol som de mest dominerande sterolerna följt av brassicasterolen.

Resultaten tyder på en viss variation mellan de analyserade fettkomponenterna men inga ytterligheter återfanns. Genteknik har visat på goda resultat för att förändra egenskaperna hos fältkrassingfrön. För traditionell förädling är variationen av fettkomponenter inom släktet *Lepidium* mer intressant och det kan vara en möjlighet att korsna fältkrassing med någon art inom släktet för att utveckla dess egenskaper. Fältkrassing har då potential att bli en ny etablerad oljegröda