



Slutrapport

Filtreringsmetoder för utvinning av växtproteiner avsedda för morgondagens produktion av livsmedel

Projektnummer: O-17-20-982

Projektperiod: -2021 07 01

Huvudsökande:

Marilyn Rayner, Lunds universitet, marilyn.rayner@food.lth.se

Medsökande:

Frank Lipnizki, Lunds universitet, Ingegerd Sjöholm, Lunds universitet
 Karolina Östbring, Lunds universitet, Erik Nilsson, Gunnarshögs gård
 Ia Rosenlind, Lunds universitet, John P Jensen, Nordic Sugar
 Olof Böök, Aventure, Aurélie Dupuy, Alfa Laval

Del 1: Utförlig sammanfattning

Protein from rapeseed press cake is an underutilized source for high-quality plant-based proteins. Despite a high protein content and balanced amino acid profile, the utilization of these proteins has been limited due to the content of anti-nutrients and bitter tasting compounds. This project has been focused on the recovery of the proteins in the rapeseed press cake into an protein concentrate, with reduced anti-nutrient content and improved flavour.

By solubilization of the proteins from the press cake at alkaline conditions, the proteins could be separated from the fibers. The proteins could then be precipitated by reducing the pH and a protein concentrate was obtained. The protein concentrate had the desired reduced content of anti-nutrients, but the flavour was still undesirably bitter. This could be solved by reducing the pH during the protein extraction. The resulting protein extract was then subsequently concentrated and purified using ultrafiltration.

Projekt har fått finansiering genom:



Del 2: Rapporten (max 10 sidor)

1. Inledning

Jordbrukssektorn står för ca 30 % av de globala växthusutsläppen (1) där majoriteten av utsläppen kan härledas till djurhållning. För att möta de aktuella utmaningarna att (1) minska de globala koldioxidutsläppen, (2) främja biologisk mångfald och (3) god hälsa bland befolkningen skulle det vara fördelaktigt om det protein som intas av befolkningen till en högre grad skulle ha ett vegetabiliskt ursprung.

Raps är en viktig gröda i Sverige vars skörd 2020 var 337 000 ton (2). När rapsfröna pressas för oljeutvinning kan 1 kg olja utvinnas från 3 kg rapsfrön, resterade 2 kg blir biprodukten rapskaka. Rapskakan har en hög proteinhalt på 30 % med en balanserad sammansättning av aminosyror (3) som gör den intressant som mat. Hittills har rapskakans användning begränsats till djurfoder då den innehåller anti-nutrientier som fytinsyra och glucosinolater, samt har en bitter smak från sitt innehåll av ämnen som sinapin och flavonolglukosider (4).

Genom att isolera proteinerna från rapskakan och rena dessa från anti-nutrientier och bitterämnen skulle det vara möjligt att använda dessa rapsproteiner direkt som ingrediens i livsmedel. Detta skulle leda till att en mycket större mängd livsmedel kan produceras av samma mängd råvara då omvägen via djuret på vägen från råvara till livsmedel undviks, ett steg i värdekedjan där mellan 79-97% av proteinerna i djurens metabolism (5).

I detta projekt har utvinningen och uppreningen av proteiner från rapskaka studerats. Utgångspunkten har varit en metod som tidigare har studerats av vår forskargrupp (6) som i detta projekt vidareutvecklats för att ge ett högt utbyte av en produkt med låg halt av anti-nutrientier och reducerad bitterhet.

2. Materiell och metoder

2.1 Material

Rapskaka från kommersiell kallpressning av rapsolja levererades av Gunnarshögs Jordbruks AB och förvarades frusen vid -18 °C innan användning. Innan experimenten maldes rapskakan till ett pulver genom att malas 3 minuter i batcher om 500 g i en knivkvarn (R302 v. v. Robot Coupe).

2.2 Referensmetod för proteinextraktion från rapskaka

Metoden som utvecklingen utgick ifrån baserades på en metod tidigare använd av vår forskargrupp (6) med modifieringar. Lakning av proteiner från rapskakan skedde genom att 50 g mald rapskaka blandades med 450 g vatten och sattes under omrörning. Suspensionen pH justerades till 10.5 varvid lösningen fick stå under omrörning i 10 minuter. Därefter pH justerades lösningen igen till pH 10.5 och suspensionen fick stå under

omrörning i totalt 4 timmar. Den urlakade rapskakan separerades från proteinextraktet genom centrifugering vid 5000 g under 20 minuter. Proteinextraktet pH justerades därefter till pH 3,5 med citronsyra varvid proteinerna koagulerade och kunde separeras som ett isolat genom centrifugering vid 5000 g under 20 minuter.

2.3 Extraktion på pilotskala

Malen rapskaka blandades med vatten med ett rapskaka:vatten förhållande på 1:9. Blandningen pH justerades och ställdes på omrörning under 1 timme. Den urlakade rapskakan avlägsnades därefter från proteinextraktet med en MD80 dekantercentrifug (Lemitec) inställd på 2000 g och ett feedflöde på 25 L/h.

2.4 Analysmetoder

Torrhalt bestämdes genom torkning av prover i ugn vid 103 °C under 16 timmar. Proteinhalten bestämdes på det torkade materialet genom att kvävehalten på materialet analyserades med Dumas metod och med en kväve-till-protein-faktor på 6,25.

Halten av lösliga fenoler analyserades som gallussyraekvivalenter (GAE) med hjälp utav Folin-Ciocalteu reagent.

2.5 Mikrofiltrering

Mikrofiltrering av proteinextrakt för att avlägsna partiklar och mikrober utfördes med en M10 LabUnit (Alfa Laval) utrustad med två olika mikrofiltreringsmembran från Alfa Laval: MFG1 och MFG2 med porstorlek av 0,1 µm respektive 0,2 µm. Membranen rengjordes 1 timme med en lösning av 0,5 vikts% Ultrasil 10 (Ecolab) vid temperaturen 50 °C, tvärströmsflödet 1 m/s och transmbrantrycket 1 bar. Mikrofiltreringsstudien utfördes därefter vid temperaturen 50 °C och tvärströmsflödet 1,8 m/s.

2.6 Ultrafiltrering

Koncentrering och rening av proteinerna utfördes med en ultrafiltreringsutrustning (Martenssons consulting) utrustad med ett keramiskt tubmembran av Al₂O₃ med ett aktivt membranlager av ZrO₂ (Atech innovations gmbh). Membranet var 1,2 m långt och hade 19 flödeskanaler, vardera med diametern 3,3 mm. Innan studierna rengjordes membranet med en 0,5vol% lösning av det alkaliska rengöringsmedlet Divos 108 (Diversey) vid 50 °C, 4 m/s och 1 bar. Ultrafiltreringsstudierna utfördes därefter vid temperaturen 50 °C. För att hitta en effektiv metod för rengöring av membranet efter en studie utfördes flera kombinationer av rengöringssekvenser baserade på det alkaliska rengöringsmedlet Divos 108, det enzymatiska rengöringsmedlet Ultrasil 53 (Ecolab), det sura rengöringsmedlet Ultrasil 73 (Ecolab) och 1M NaOH.

3. Resultat och diskussion

3.1 Anti-nutrierter i proteinisolat

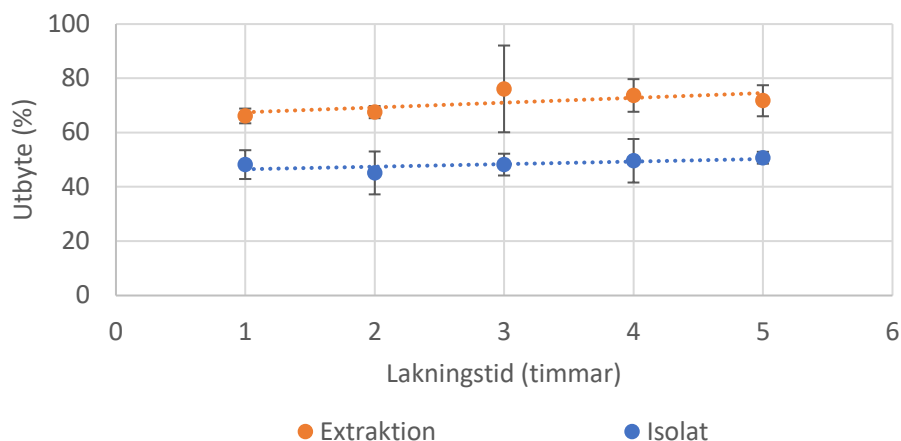
Innehållet av antinutrienterna fytat och glucosinolat i rapskaka och proteinisolat producerat med referensmetoden analyserades för att uppskatta behovet av ytterligare ansatser för reduktion av halten av anti-nutrierter i proteinisolatet. Båda analyserna köptes in som tjänster av externa parter.

Analyserna visade att rapskakan hade ett fytatinnehåll på 3,5 g/100 g. Detta reducerades till 1,1 g/100 g i proteinisolatet. För att ställa detta mot fytatinnehållet i vanliga livsmedel som spannmål och baljväxter är halten normalt runt 1 g/100 g (7), där spannmål oftast ligger något lägre med halter på 0,7 till 1 g/100 g och baljväxter ibland något högre med 1,4 g/100 g för sojaböner. Genom att laka ut proteinerna och isolera dem genom fällning vid pH 3,5 var det därför möjligt att sänka fytathalten till jämförbara nivåer som hos vardagliga livsmedel.

Halten av glucosinolat i rapskakan var 14 µmol/g. Detta reducerades i proteinisolatet till under 4 % av nivån i rapskakan. En trolig orsak till detta är att vid kontakt med vatten hydrolyseras glucosinolaten. De resulterande produkterna är både små och har hög vattenlöslighet och stannar därmed i vattenfasen när proteinerna fälls vid pH 3,5. Då halten av anti-nutrierter i proteinisolatet var relativt lågt lades huvudfokus på de följande studierna på att förbättra processekonomin genom att öka proteinutbytet, och att minska den bittra smaken på produkten.

3.2 Optimering av lakningstid

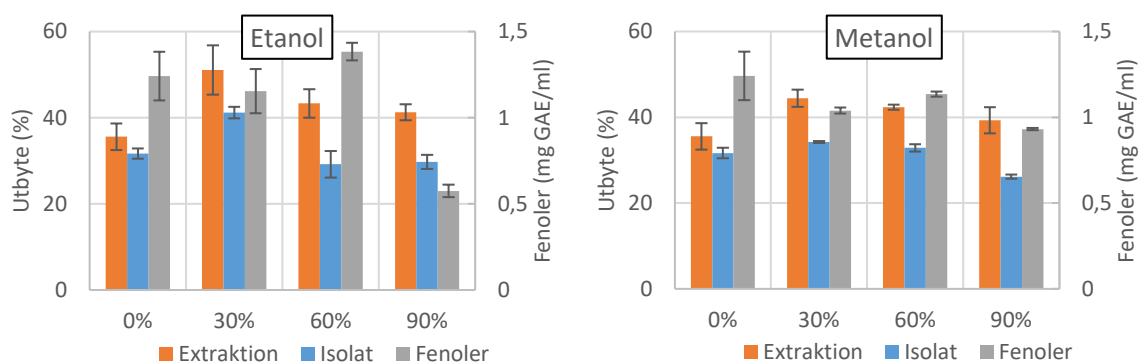
Inverkan av lakningstiden på utbytet av proteiner i lakningssteget och fällningssteget studerades. Skillnaderna i utbyte i det studerade tidsintervallet var litet, se figur 1, med en ökning av utbytet av proteiner som kunde lakas ut ur rapskakan gick från 66 % efter 1 timmes lakning till 72 % efter 5 timmars lakning. Skillnaden var än mindre på utbytet av proteiner som hamnade i den fällda fraktionen, denna gick från 48 % efter 1 timmes lakning till 51% efter 5 timmars lakning. Då risken för oxidation, och därmed en försämrad färg och smak, ökar med lång bearbetningstid användes härefter lakningstiden 1 timme.



Figur 1. Utbyte av proteiner som kunde extraheras från rapskakan vid pH 10,5 samt utbytet av proteiner som kunde samlas upp som proteinisolat efter fällning vid pH 3,5. Studien utfördes i triplikat.

3.3 Förlakning

En sats att avlägsna fenoler i tidigt stadium med hjälp av en förlakning undersöktes. Den lakade rapskakan lakades därefter vid pH 10,5 som tidigare. Förlakning med etanol gav både högre proteinutbyte i den efterföljande extraktionen och uppnådde högre halter av fenoler i lakningsvätskan, se figur 2, vilket tyder på effektivare avlägsnande av fenoler. Förlakning med 30 % etanol gav det högsta extraktionsutbytet, 51 %, och utbytet av proteinisolat, 41 %. Dock ledde förlakningen till ett generellt lägre utbyte jämfört med extraktion utan förlakning, där proteinutbytena vid extraktionen och isolatet var 66% respektive 51 %. På grund av det lägre utbytet fortsattes ej studierna med förlakning.

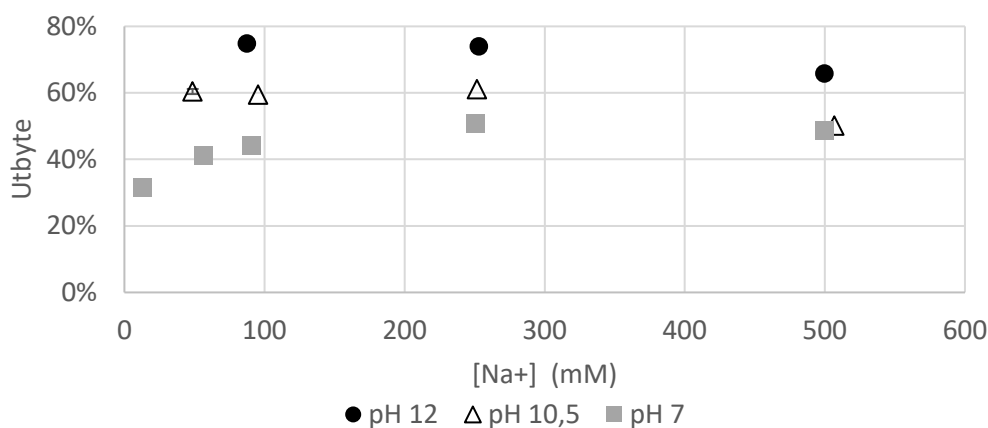


Figur 2. Proteinutbyte i proteinextrakt och proteinisolat efter förlakning av rapskakan i etanol eller metanol. Försöken utfördes i triplikat.

3.4 Inverkan av pH och jonstyrka

Det är känt att om ett högre pH används vid lakningen kan ett högre proteinutbyte uppnås. Nackdelen med detta är att de utvunna proteinerna till en högre grad smakar bittert och har en mörkare färg. Vid en pH höjning med tillsats av en bas som NaOH så höjs inte bara pH utan även jonstyrkan i lösningen. För att studera hur mycket av det ökade utbytet kommer ifrån det ökade pH och hur stor inverkan den högre jonstyrkan har utfördes en serie experiment med extraktion vid tre olika pH och olika jonstyrkor. Mängden NaOH som krävdes att hålla pH konstant utan annan salttillsatts bestämdes. Efterkommande försök med olika tillsatser av NaCl utfördes för att variera den totala koncentrationen av Na⁺ upp till 500 mM.

När lakningen utfördes vid pH 7 ökade utbytet markant vid tillsats av ytterligare salt, från 31% tillsats av NaCl, till 51 % när den totala jonstyrkan var 250 mM, se figur 3. Vid pH 10,5 och 12 var utbytet dock högst utan tillsats av NaCl, med utbyten på 61% respektive 75 %. Vid höga jonstyrkor sjönk i stället proteinutbytet vid pH 10,5 och pH12.



Figur 3. Extraktionsutbyte som funktion av pH och jonstyrka. Försöken utfördes i tripliket.

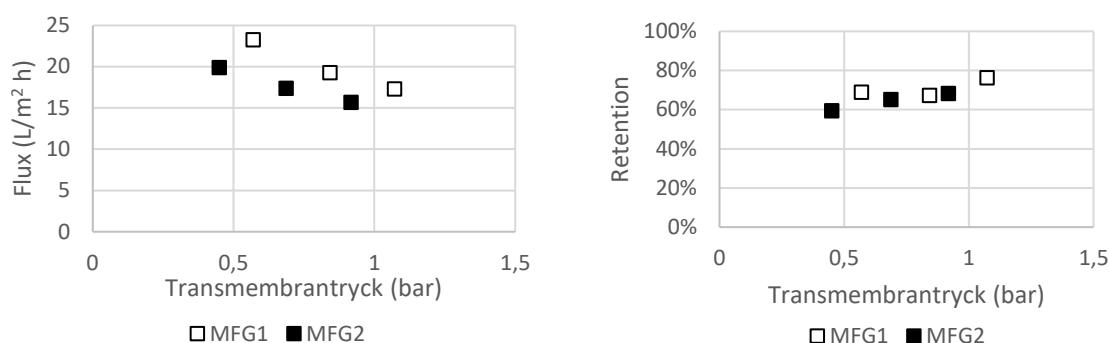
Det noterades en markant skillnad i färg och smak på de proteinisolat som producerades när olika extraktions pH användes. Användes pH 12 vid extraktionen var isolatet mörkt, vilket ses i tabell 1 som ett lågt L-värde. Högst L-värde, vilket motsvarar ljusast isolat, hade det sediment som producerats vid pH 7. De prov som hade en ljusare färg hade även en markant mindre bitter smak. Detta beror troligtvis på olika grader av oxidation av fenolerna i de olika proven. Vid ett högre pH ökar fenolernas förmåga att oxidera, vilket ökar risken för att de i sin tur binder in till proteinerna och påverkar deras egenskaper. Med framstegen i reduktionen av bitterheten användes pH 7 och jonstyrkan 250 mM vid efterkommande studier.

Tabell 1. Färg på proteinisolatet som funktion av pH och jonstyrka.

	90 mM Na ⁺		250 mM Na ⁺	
	L:a:b	RGB representation	L:a:b	RGB representation
pH 12	64:1.0:28		65:1.3:30	
pH 10.5	68:0.9:29		67:0.7:30	
pH 7	71:3.0:35		72:2.2:34	

3.5 Mikrofiltrering

Fluxet för båda de studerade membranen var lågt, mellan 20-25 L/m² h vid det lägsta studerade trycket, se figur 4. Vid ökat tryck sjönk fluxet ytterligare vilket tyder på att systemet redan låg över sitt kritiska flux och högre tryck därmed ledde till mer fouling, dvs att mer material fastnar på membranets yta och ökar filteringsmotståndet. Även retentionen av proteinerna väg hög, mellan 60-80%. I denna applikation önskas retentionen vara låg då det skulle innebära att proteinerna kan passera membranet och kan tas till vara på i det renade filtratet. En hög retention leder således till höga förluster och lägre utbyten.

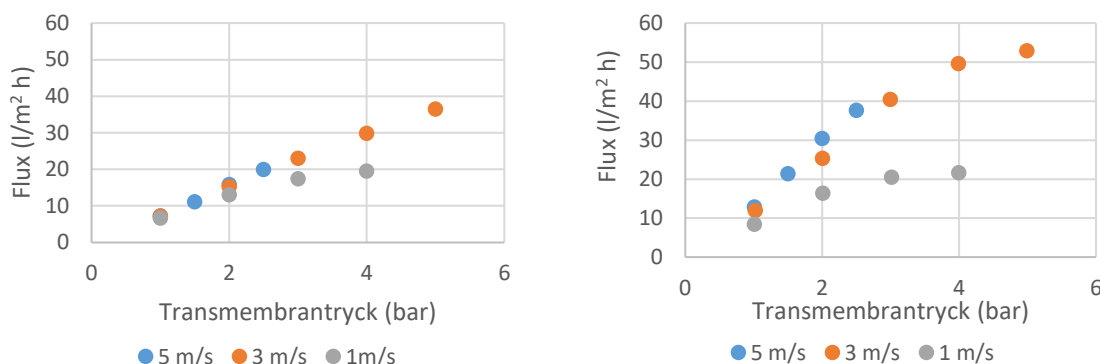


Figur 4a och b. Flux och proteinretention vid mikrofiltrering av proteinextrakt från lakning vid pH 7 och 250 mM Na⁺.

3.6 Ultrafiltrering

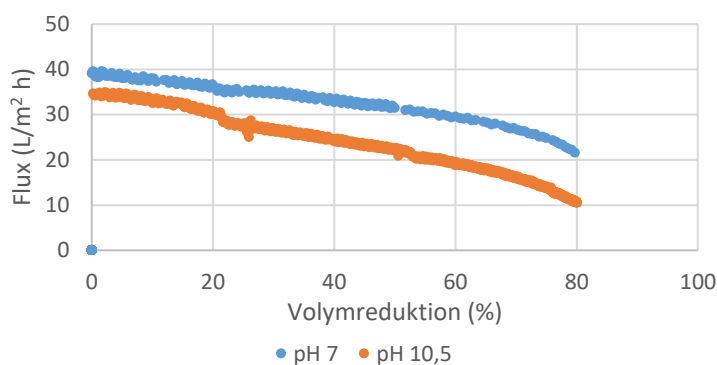
Ett proteinisolat från lakning vid pH 7 och 250 mM Na⁺ skulle resultera i ett material med mycket hög salthalt. Detta motverkas genom att först koncentrera proteinerna med ultrafiltrering. När proteinextraktets volym reduceras med ultrafiltrering avlägsnas samtidigt lika stor andel av saltet, till skillnad från proteinerna, fritt kan passera membranet.

Parameterstudier utfördes på proteinextrakt från lakning vid pH 7 vid jonstyrkan 250 mM Na⁺, Figur 5a, och vid pH 10,5 utan extra tillsats av salt, Figur 5b. Det kunde konstateras att extraktet från lakningen vid pH 7 var mer svårfilterat än extraktet producerat vid pH 10,5. I båda fallen uppnåddes de högsta fluxen vid transmembrantrycket 5 bar och tvärströmmshastigheten 3 m/s, med flux på 36 l/m² h och 53 l/m² h för extrakten vid pH 7 respektive pH 10,5. Ett högre flux hade kunnat uppnås för extraktet vid pH 7 om ett högre tryck hade kunnat användas men i denna studie begränsade utrustningens pump det maximala trycket. För extraktet vid pH 10,5 skulle ett högre tryck ej ge samma fördelar då det går att fluxet ej längre ökar linjärt med trycket, vilket tyder på en uppbyggnad av fouling på membranet.



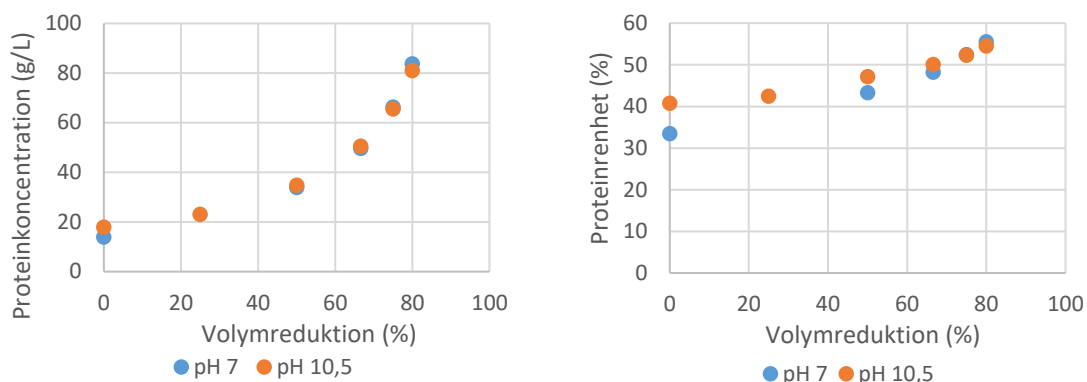
Figur 5a och b. Parameterstudier vid ultrafiltrering av proteinextrakt som producerats vid lakning vid (a) pH 7 och 250 mM Na⁺ och (b) pH 10,5.

Båda proteinextrakten koncentrerades genom att avlägsna 80 % av lösningens volym med hjälp av ultrafiltreringen. Startfluxet för koncentrationen av pH 7 proteinextraktet var 39 l/m²h, se figur 6, vilket som förväntat var densamma som vid parameterstudien och sjönk till 22 l/m²h vid studiens slut då proteinextraktets koncentration gradvis ökade. Den högre foulingbenägenheten för pH 10,5 extraktet kan ses igen här då startfluxet för uppkoncentrationen var lägre än under parameterstudien, och började istället på 35 l/m² h och sjönk till 10 l/m² h i studiens slut.



Figur 6. Flux under koncentration av proteinextrakt som producerats vid lakning vid pH 7 och pH 10,5. Transmembrantrycket var 5 bar och tvärströmmshastigheten 3 m/s.

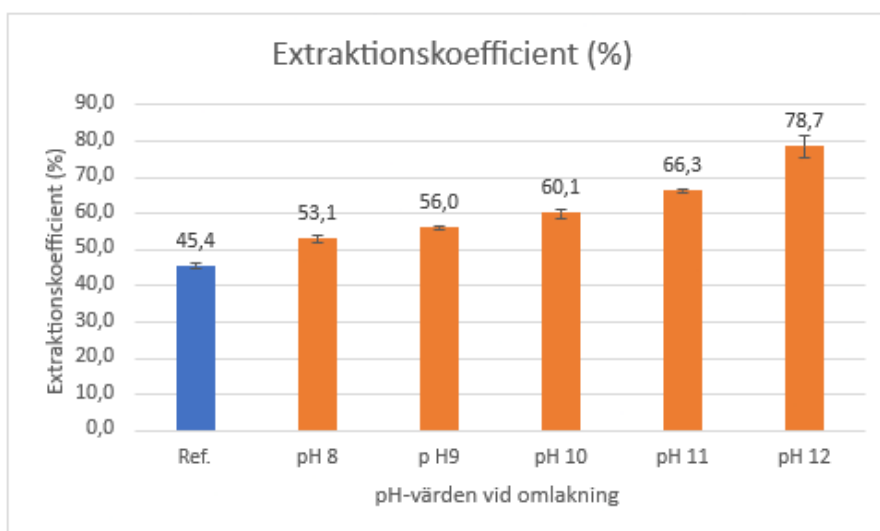
Då lakningen vid pH 7 gav ett lägre proteinutbyte än lakningen vid pH 10,5 var initialt proteinkoncentrationen vid pH 7 lägre, se Figur 7. Tillsattsen av salt vid pH 7 lakningen gjorde även att proteinerna som andel av lösningens torrhalt, renheten, var lägre än för extraktet vid pH 10,5. Under koncentrationens gång ökade dock både proteinkoncentrationen och renheten för lösningen vid pH 7 i något snabbare takt. I båda fallen kunde en slutgiltig proteinkoncentration på ca 80 g/l uppnås, med en renhet på ca 55%.



Figur 7a och b. Koncentration och renhet av proteinet i proteinextrakten under koncentreringsstudierna.

3.7 Sekventiell extraktion

För att öka utnyttjandet av rapskakan undersöktes möjligheten att ta till vara på en proteinfraktion lakad vid pH 7 avsedd för livsmedelsapplikationer, samt en proteinfraktion för tekniska ändamål framtagen genom omlakning vid högre pH av den pH 7 lakade rapskakan. Den totala andelen av rapskakans proteiner som kunde lakas ut, extraktionskoefficienten, ökade med ökat pH, se Figur 8, med ett markant ökat utbyte när pH 12 användes vid omlakningen.



Figur 8. Totala utbytet av proteiner från rapskaka när det urlakade materialet från en pH 7 lakning omlakades vid högre pH.

Slutsatser

Innehållet av anti-nutrienter reduceras kraftigt när proteiner lakas från rapskakan och sedan fälls vid pH 3,5. Den stora kvarvarande utmaningen är reduceringen av produktens bittra smak. En del av lösningen är att använda ett lägre pH när proteinerna lakas från rapskaka

minskas den bittra smaken på de utvunna proteinerna. Nackdelen är att proteinutbytet sjunker något, vilket till viss del kan motverkas med tillsats av ett salt för att höja jonstyrkan vid lakningen.

De proteiner som återstår i rapskakan kan därefter utvinnas genom ytterligare lakning av återstoden vid ett högre pH, resulterande i att totalt 79 % av proteinerna kan tas tillvara. Resultatet är en ljus proteinfraktion med låg bitter smak som passar till livsmedelsapplikationer, och en mörkare proteinfraktion som kan användas till mer tekniska proteinapplikationer som t. ex. bindemedel.

Proteinextrakten lämpade sig för koncentrerings med ultrafiltrering där lösningens volym kunde reduceras med 80 %. Detta ledde till en över 4-faldig ökning av proteinkoncentrationen vilket kan underlätta vidare produktformulering, tex ifall produkten önskas spraytorkas.

Nytta för näringen och rekommendationer

Detta arbete har visat att det är möjligt att extrahera majoriteten av proteinerna från rapskaka, där en stor fraktion kan utvinnas som en ljus fraktion med låg bitterhet som lämpar sig till livsmedelsapplikationer. Dessa proteinisolat har potential att inbringa större värde till rapsproducenterna än den nuvarande användningen som djurfoder.

Vidare utredning om denna fraktions tekniska egenskaper skulle behövas för att bedöma vilka applikationer detta proteinisolat är lämpat för.

Referenser

1. Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 2011;478(7369):337-42.
2. Jordbruksverket.
3. Fetzer A, Müller K, Schmid M, Eisner P. Rapeseed proteins for technical applications: Processing, isolation, modification and functional properties – A review. *Industrial Crops and Products*. 2020;158:112986.
4. Hald C, Dawid C, Tressel R, Hofmann T. Kaempferol 3-O-(2''-O-Sinapoyl- β -sophoroside) Causes the Undesired Bitter Taste of Canola/Rapeseed Protein Isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019;67(1):372-8.
5. Shepon A, Eshel G, Noor E, Milo R. Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environmental Research Letters*. 2016;11(10):105002.
6. Östbring K, Tullberg C, Burri S, Malmqvist E, Rayner M. Protein Recovery from Rapeseed Press Cake: Varietal and Processing Condition Effects on Yield, Emulsifying Capacity and Antioxidant Activity of the Protein Rich Extract. *Foods*. 2019;8(12).
7. Hídvégi M, Lásztity, R. PHYTIC ACID CONTENT OF CEREALS AND LEGUMES AND INTERACTION WITH PROTEINS *Periodica polytechnica chemical engineering*. 2002;46(1-2):59-64.

Del 3: Resultatförmedling

Ange resultatförmedling av projektet, inklusive titel, referens, datum, författare/talare, och länk till presentation eller publikation om tillämpligt. Planerade publiceringar (med preliminära titlar) ska ingå i tabellen. Ytterligare rader kan läggas till i tabellen.

Vetenskapliga publiceringar	Östbring, K.; Nilsson, K.; Ahlström, C.; Fridolfsson, A.; Rayner, M. Emulsifying and Anti-Oxidative Properties of Proteins Extracted from Industrially Cold-Pressed Rapeseed Press-Cake. <i>Foods</i> 2020 , <i>9</i> , 678. https://doi.org/10.3390/foods9050678
	Östbring, K.; Malmqvist, E.; Nilsson, K.; Rosenlind, I.; Rayner, M. The Effects of Oil Extraction Methods on Recovery Yield and Emulsifying Properties of Proteins from Rapeseed Meal and Press Cake. <i>Foods</i> 2020 , <i>9</i> , 19. https://doi.org/10.3390/foods9010019
	Östbring, K.; Tullberg, C.; Burri, S.; Malmqvist, E.; Rayner, M. Protein Recovery from Rapeseed Press Cake: Varietal and Processing Condition Effects on Yield, Emulsifying Capacity and Antioxidant Activity of the Protein Rich Extract. <i>Foods</i> 2019 , <i>8</i> , 627. https://doi.org/10.3390/foods8120627
(submitted under review)	Ahlström, C.; Thuvander, J.; Rayner, M.; Östbring, K. Pilot-Scale Protein Recovery from Cold-Pressed Rapeseed Press Cake: Influence of Solids Recirculation. <i>Processes</i> 2021, tbd
Övriga publiceringar	<p><i>Newspaper articles on rapeseed project in general (Karolina Östbring)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dagens Nyheter, http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/ny-forskning-raps-kan-ersatta-kott/ • Expressen, http://www.expressen.se/nyheter/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja/?site=mobile • Aftonbladet, http://www.aftonbladet.se/senastenytt/ttnyheter/inrikes/article24853313.ab • Dagens Industri, http://www.di.se/nyheter/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja/ • Sydsvenskan, http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=96&artikel=6697381 • Corren, http://corren.se/nyheter/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja-om4651965.aspx • NT, http://nt.se/nyheter/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja-om4651965.aspx • Göteborgsposten, https://www.gp.se/nyheter/sverige/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja-1.4284749 • Metro, http://www.metro.se/artikel/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja-1-xt • Ystads Allehanda, http://www.ystadsallehanda.se/sverige-varlden/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja-2/ • Helsingborgs Dagblad, https://www.hd.se/2017-05-15/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja • Dagens ETC, http://www.etc.se/klimat/snart-kan-biffar-av-raps-ligga-pa-din-tallrik
	<p><i>Web articles on rapeseed project in general (Karolina Östbring)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Forskning.se, http://www.forskning.se/2017/05/16/raps-blir-fars-och-fileer-for-veganer/ • Tidningensyre.se, https://tidningensyre.se/2017/nummer-165/svensk-raps-kan-bli-ny-vegomat/ • Vegokoll.se, http://www.vegokoll.se/2017-05-16/raps-den-nya-heta-grodan • Foodsupply.se, https://www.food-

	<p>supply.se/article/view/479560/i_dag_djurfoder_i_morgon_kan_restprodukten_ersatta_sojabonan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Folkbladet.se, http://www.folkbladet.se/nyheter/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja-om4651965.aspx • Mvt.se, http://www.mvt.se/nyheter/svensk-raps-kan-konkurrera-ut-vegansoja-om4652151.aspx • Extrakt.se, http://www.extrakt.se/livsmedel/svensk-raps-kan-bli-nytt-kottsubstitut/ • Ja.se, http://www.ja.se/artikel/54067/proteinrik-mat-av-raps.html • Lrf.se, https://www.lrf.se/foretagande/forskning-och-framtid/innovation-och-inspiration/de-tog-steget/mer-inspiration/raps-kan-bli-vart-nya-vegetabiliska-protein/ • Agfo.se https://agfo.se/2018/06/svensk-raps-blir-ny-vegofars/ • Magasin Måltid, http://magasinmaltid.se/raps-kan-bli-framtidens-kottersattning/ • Foodsupply.se, https://www.food-supply.se/article/view/479560/i_dag_djurfoder_i_morgon_kan_restprodukten_ersatta_sojabonan
Muntlig kommunikation	<p>SVT Vetenskapens värld Del 3 av 10: Framtidens mat. Är köttbiffar av raps och hampa det vi lägger på grillen i framtiden? Ska vi börja odla alger i åkrar under vattnet? Kan växtodlingar förläggas hemma i garaget där gödslet kommer från bassänger med fisk? Allt fler försöker äta mer hälsosamt och miljövänligt - och forskarvärlden arbetar intensivt med nya råvaror. Vi besöker uppseendeväckande försöksodlingar, låter professionella kockar tillaga maten därifrån. Och så provsmakar vi om framtidens mat duger för våra kräsna smaklökar. Programmet har tidigare sänts 2020. Programledare: Victoria Dyring SVT Play https://www.svtplay.se/video/31480214/vetenskapens-varld/vetenskapens-varld-sommar-framtidens-mat?id=86EJPWJ</p>
	<p>Framtidens växtproteiner - från forskning till tillväxt, Livsmedelsakademin April 28 2021. Opportunities in the Plant-based Protein Food Industry – the engineering expertise perspective, Marilyn Rayner, professor och Frank Lipnizki, professor, Lunds Universitet Link to YouTube: http://youtu.be/rRNC4toHbbU Program: Framtidens växtproteiner – från forskning till tillväxt - Livsmedelsakademin</p>
Studentarbete	<p>Manav Pillai, Optimization of Protein Recovery Process from Rapeseed Cake, Masterarbete, 2020 http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9023536</p>
	<p>Daniel Ekberg och Sarah Persson, Isolering av rapsprotein med hjälp av en kombination av salt och pH, Masterarbete, 2021, http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9050639</p>
Övrigt	<p>Resultaten i denna rapport planeras att sammanställas till två vetenskapliga artiklar med de preliminära titlarna:</p>
	<p>Impact on ionic strength and pH on protein extraction from cold pressed rapeseed press cake</p>
	<p>Purification of rapeseed proteins using ultrafiltration and diafiltration</p>
	<p>3. Influence of acidic pH on protein yield in the isolation of plant proteins from cold-pressed rapeseed press cake (Ahlström, C., Thuvander, J., Östbring, K.)</p>