



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Lunds Tekniska Högskola
Kurskod YTHL05
Kandidatarbete i Livsmedelsteknik 15 hp
Handledare: Ia Rosenlind
Examinator: Jeanette Purhagen

Kikärtans funktionella egenskaper - En studie av batchskillnader

Kristina Desiatkina
2025 05 25

Sammanfattning

Syftet med studien var att undersöka om olika batcher av kikärtsmjöl från fabrik hade skillnader i sammansättning, funktionella egenskaper och termiska egenskaper efter proteinextraktion. För att praktiskt utvärdera proteinernas funktionella egenskaper testades de extraherade proteinisolaten även som ersättning för äggula i majonnäs.

Två batcher av kikärtsmjöl genomgick alkalisk proteinextraktion vid pH 10,5 följt av isoelektrisk utfällning vid pH 4,5. De extraherade proteinisolaten analyserades därefter med avseende på proteinhalt, fetthalt, torrsubstans, vattenhållande förmåga (WHC), oljehållande förmåga (OHC) samt termiska egenskaper med Differential Scanning Calorimetry (DSC).

Resultaten visade höga proteinhalter för båda batcherna, där prov 1 uppvisade en signifikant högre proteinhalt än prov 2. Fetthalterna var låga och inga tydliga skillnader kunde observeras mellan batcherna. Även torrsubstans, WHC och OHC uppvisade små skillnader mellan proverna. Den vattenhållande förmågan var högre än den oljehållande förmågan för båda batcherna. DSC-analyserna visade inga tydliga denatureringstoppar och kurvorna såg liknande ut mellan proverna.

Vid framställning av majonnäs kunde ingen stabil emulsion bildas. Blandningen förblev tunn och skar sig efter fortsatt homogenisering. Den relativt låga oljehållande förmågan kan ha påverkat emulgeringsförmågan negativt.

Sammanfattningsvis visade resultaten att batcherna till stor del hade liknande egenskaper, men att en signifikant skillnad kunde observeras i proteinhalt mellan batcherna. Resultaten tyder även på att kikärtsproteinets funktionella egenskaper och processförhållanden i detta projekt kan ha påverkat dess möjlighet att användas som ersättning för äggula i emulsioner såsom majonnäs.

Nyckelord:

Kikärta, proteinextraktion, proteinisolat, funktionella egenskaper, växtbaserade livsmedel

Abstract

The aim of this study was to investigate whether different factory batches of chickpea flour showed differences in composition, functional properties and thermal properties after protein extraction. To practically evaluate the functional properties of the proteins, the extracted protein isolates were also tested as a replacement for egg yolk in mayonnaise.

Two batches of chickpea flour underwent alkaline protein extraction at pH 10.5 followed by isoelectric precipitation at pH 4.5. The extracted protein isolates were subsequently analyzed with regard to protein content, fat content, dry matter content, water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC), and thermal properties using Differential Scanning Calorimetry (DSC).

The results showed high protein contents in both batches, where sample 1 exhibited a significantly higher protein content than sample 2. Fat contents were low and no clear differences could be observed between the batches. Dry matter content, WHC and OHC also showed only small differences between the samples. The water holding capacity was higher than the oil holding capacity for both batches. DSC analyses showed no clear denaturation peaks and the curves appeared similar between the samples.

During mayonnaise preparation, no stable emulsion could be formed. The mixture remained thin and eventually separated after continued homogenization. The relatively low oil holding capacity may have negatively affected the emulsifying properties.

In conclusion, the results showed that the batches largely exhibited similar properties, although a significant difference in protein content was observed between them. The results also suggest that the functional properties of chickpea protein and the process conditions used in this project may have affected its ability to function as a replacement for egg yolk in emulsions such as mayonnaise.

Keywords: Chickpea, protein extraction, protein isolate, functional properties, plant-based foods

Innehåll

Sammanfattning	2
Abstract	3
1. Inledning.....	6
1.1 Syfte	6
1.2 Frågeställning	6
2. Bakgrund	7
2.1 Kikärta	7
2.2 Extraktion	8
2.3 Torrsubstans	9
2.4 Fett	9
2.5 Protein.....	10
2.6 Differential Scanning Calorimetry	10
2.7 Olje- och vattenhållande förmåga (OHC & WHC)	11
2.8 Majonnäs	11
3. Materiel	13
4. Metod	14
4.1 Extraktion	14
4.2 Torrsubstansanalys	14
4.3 Fettanalys	14
4.4 Proteinanalys	15
4.5 Differential Scanning Calorimetry (DSC)	15
4.6 Olje- och vattenhållande förmåga (OHC & WHC)	16
4.7 Majonnäs	16
4.8 Statistik	17
5. Resultat.....	18
5.1 Torrsubstans	18
5.2 Fettanalys	19
5.3 Proteinhalt.....	19
5.4 Differential Scanning Calorimetry (DSC)	21
5.5 Olje- och vattenhållande förmåga.....	22
5.6 Majonnäs	22
6. Diskussion	23
6.1 Reflektion	24
7. Referenser.....	25

1. Inledning

Detta kandidatarbete inom livsmedelsteknik vid Lunds Tekniska Högskola genomfördes i samarbete med ett företag som bidrog med kikärtsmjöl för analyser och proteinextraktion. Intresset för växtbaserade livsmedel och alternativa proteinkällor har ökat under de senaste åren. Detta har lett till ett större fokus på baljväxtproteiner och deras funktionella egenskaper inom livsmedelsindustrin. Kikärta är en proteinrik baljväxt som används i flera olika typer av livsmedel och som har potential att användas i växtbaserade produkter och emulsioner.

Vid framställning av växtbaserade proteinisolat kan både råmaterialets egenskaper och olika processteg påverka proteinernas funktionalitet. Skillnader mellan batcher av samma råvara kan därför påverka hur proteinerna beter sig i livsmedelssystem och deras möjlighet att användas i exempelvis emulsioner och andra växtbaserade produkter.

I detta arbete undersöktes därför två olika batcher av kikärtsmjöl efter proteinextraktion och vidare analyser av funktionella och termiska egenskaper. De extraherade proteinisolaten testades även praktiskt i en majonnäslignande emulsion för att undersöka möjligheten att använda kikärtsprotein som alternativ till äggula.

1.1 Syfte

Syftet med studien var att undersöka om olika batcher av kikärtsmjöl från fabrik skiljde sig åt i sammansättning, funktionella egenskaper och termiska egenskaper efter proteinextraktion. Studien syftade även till att undersöka om extraherat kikärtsproteinisolat kunde användas som ersättning för äggula i en majonnäslignande emulsion.

1.2 Frågeställning

- Finns det skillnader mellan olika batcher av kikärtsmjöl avseende proteinhalt, fetthalt, vatten- och oljehållande förmåga och termiska egenskaper efter proteinextraktion?
- Kan kikärtsproteinisolat användas som emulgerande ingrediens i en majonnäslignande produkt?

2. Bakgrund

2.1 Kikärta

Kikärt (*Cicer arietinum*) är en ettårig örtväxt inom familjen *Fabaceae* och upp emot 40 cm hög. Växten är lätt hårig och utvecklar baljor som innehåller ett till två frön. Ett typiskt kännetecken för baljväxter är just att frukten utvecklas i baljor som kan öppna sig längs sömmen när de mognat. Kikärt tros ha sitt ursprung i Sydeuropa men odlas idag i stor omfattning i flera delar av världen, bland annat i medelhavsområdet, Asien, Afrika och Centralamerika. Efter bönor och ärtor är kikärtan den tredje av världens mest odlade baljväxter. Den används i stor utsträckning inom livsmedelsindustrin tack vare sitt innehåll av protein, stärkelse och kostfiber. (Furugren, 2018)

Framställning av kikärtsmjöl innefattar vanligtvis rengöring, torkning och malning av kikärtor. I vissa fall kan även skalning och siktning användas för att förändra mjölets sammansättning och partikelstorlek. Tidigare studier har visat att processning och partikelstorlek kan påverka proteinernas funktionella egenskaper och extraherbarhet (Boye, et al., 2010).

Kikärtor delas huvudsakligen in i två huvudsorter: desi och kabuli. Desikikärtor är vanligtvis mindre, mörkare och har ett grövre skal. Kabulikikärtor är däremot generellt större, ljusare och har ett tunnare skal. Kabuli är den typ som vanligast används i livsmedel och kommersiella produkter i Europa och Nordamerika. Skillnader mellan kikärtssorter kan påverka råvarans sammansättning och funktionella egenskaper. (Richard Losano, et al., 2026)

Proteiner i baljväxter kan delas in i olika fraktioner beroende på deras löslighetsegenskaper. Albuminer är vattenlösliga, globuliner är saltlösliga och gluteliner är lösliga i etanol. I kikärtor utgör globuliner den dominerande proteinfraktionen. Proteinernas sammansättning och struktur påverkar deras funktionella egenskaper såsom vattenbindning, oljehållande förmåga och emulgeringskapacitet (Furugren, 2018). Kikärtsprotein kan användas i produkter såsom såser, köttersättningar och mejerialternativ där proteinet kan bidra till både struktur och konsistens. Intresset för växtproteiner har även ökat i takt med efterfrågan på mer hållbara och växtbaserade livsmedel.

2.2 Extraktion

Extraktion av växtprotein används för att separera proteiner från övriga komponenter i råmaterialet, såsom stärkelse, fiber och andra olösliga ämnen. En väldigt vanlig metod för att extrahera vegetabiliska proteiner är våtextraktion. Vid våtextraktion används vatten eller andra vätskor för att lösliggöra och separera proteinerna från råmaterialet. Metoden används ofta vid framställning av proteinisolat eftersom den generellt ger hög proteinhalt och goda proteinutbyten. Våtextraktionsmetoden är när en alkalisk extraktion sker följt av en isoelektrisk utfällning. Metoden bygger på att proteiners löslighet påverkas av pH.

Kikärtsproteiner kan extraheras genom alkalisk extraktion följt av isoelektrisk utfällning. Vid alkaliskt pH ökar proteinernas löslighet i vatten, vilket möjliggör att proteinerna separeras från övriga komponenter i kikärtsmjölet och överförs till vätskefasen. Detta sker eftersom proteinernas nettoladdning förändras och de blir negativt laddade. Därför används NaOH för att höja pH till 10,5 under första extraktionssteget. Den följande centrifugeringen är till för att separera olösliga partiklar från den proteinrika supernatanten (Helstad, et al., 2021).

För att återvinna proteinerna sänks därefter pH till 4,5 med citronsyra. Vid denna pH-nivå närmar sig kikärtsproteinernas nettoladdning noll, vilket minskar deras löslighet och leder till att proteinerna aggregerar och fälls ut som sediment. Metoden används ofta vid framställning av växtbaserade proteinisolat och har visats påverka proteinisolatens funktionella egenskaper, såsom vattenhållande förmåga, oljehållande förmåga och emulgeringskapacitet (Ramani, et al., 2021).

2.3 Torrsubstans

Torrsubstansanalys används för att bestämma hur stor andel av ett prov som återstår efter att vatten avdunstat genom torkning. Den massa som är kvar efter analysen är provets torrsubstans. Metoden bygger på att en uppvägd mängd prov torkas vid 130 °C tills vikten stabiliserats, men vanligast i minst 24 timmar. Skillnaden mellan provets vikt före och efter torkning motsvarar den mängd vatten som avlägsnats, medan den kvarvarande massan utgör torrsubstansen. För att erhålla jämna och tillförlitliga resultat homogeniseras proverna innan torkning, exempelvis genom malning eller mixning (AOAC International, 2019).

Formel som används för uträkning lyder enligt följande:

$$\text{Torrsubstans (\%)} = \frac{\text{vikt efter torkning}}{\text{vikt före torkning}} \times 100 \quad (\text{Formel 1}).$$

2.4 Fett

Fettanalys används inom livsmedelsindustrin för att bestämma mängden extraherbart fett i ett prov. Analysen är viktig vid bland annat näringsvärdesbestämning, kvalitetskontroll och produktutveckling. En vanligt förekommande metod är lösningsmedelsextraktion enligt Soxtec-principen. I denna metod extraheras fett med hjälp av ett organiskt lösningsmedel, vanligtvis petroleumeter.

Metoden bygger på gravimetrisk bestämning, vilket innebär att fettmängden beräknas genom vägning före och efter extraktionen. Provet placeras i en pappershylsa och blandas med sand för att förbättra fördelningen av materialet och underlätta lösningsmedlets fördelning genom själva provet. Efter torkning extraheras fett i en halvautomatisk Soxtec-apparat genom stegen kokning, sköljning, indunstning och torkning. Det extraherade fettet samlas därefter upp i en aluminiumskål vars vikt används för att beräkna provets fetthalt (Johansson, 2020).

2.5 Protein

Dumasmetoden är en standardiserad analysmetod som används för bestämning av proteinhalt i livsmedel och andra biologiska material. Metoden bygger på att provet förbränns vid hög temperatur, vilket leder till att det kväve som finns bundet i organiska föreningar omvandlas till kvävgas (N_2). Mängden kvävgas som bildas kan därefter mätas och användas för att uppskatta provets proteininnehåll.

Beräkningen av proteinhalt baseras på antagandet att proteiner i genomsnitt innehåller cirka 16 % kväve. Genom att multiplicera den uppmätta mängden kväve med omvandlingsfaktorn 6,25 kan den totala proteinhalten uppskattas. Metoden används ofta inom livsmedelsindustrin eftersom den är snabb, enkel och lämpar sig för analys av många olika typer av råvaror och livsmedel.

För att analysen ska ge tillförlitliga resultat används vanligtvis torkade prover. Genom att avlägsna vatten kan variationer tillkomma på grund av fukthalt minskas och proteinhalten bestämmas mer korrekt (Thermo Scientific, u.d.).

För att sedan beräkna proteinutbytet används följande formel:

$$\text{Proteinutbyte (\%)} = \frac{\text{Vikt sediment} \times \text{TS(\%)} \times \text{Protein i sediment(\%)}}{\text{Startvikt kikärtor} \times \text{Protein i kikärtor(\%)}} \times 100$$

(Formel 2).

2.6 Differential Scanning Calorimetry

Differential Scanning Calorimetry (DSC) är en termoanalytisk metod som används för att undersöka hur ett materials värmefflöde förändras vid uppvärmning och/eller nedkylning. Metoden bygger på att skillnaden i värmefflöde mellan ett prov och en referens mäts. Under analysen placeras proverna vanligtvis i förslutna aluminiumhylsor tillsammans med en tom referenshylsa. Både prov och referens utsätts för samma kontrollerade temperaturprogram samtidigt som instrumentet registrerar hur mycket energi som krävs för att hålla dem vid samma temperatur. Förändringar i materialets struktur eller fas ger upphov till förändringar i värmefflödet som registreras som toppar eller övergångar i en graf (TA Instruments, 2019).

Kikärtsprotein består huvudsakligen av globulinerna vicilin och legumin. Vid uppvärmning genomgår dessa proteiner denaturering, vilket kan registreras som endoterma övergångar i DSC-analyser. Tidigare studier har rapporterat att vicilin denaturerar vid cirka 80–85 °C medan legumin denaturerar vid cirka 90–100 °C (Aslan & Kibar, 2024).

2.7 Olje- och vattenhållande förmåga (OHC & WHC)

Vattenhållande förmåga (WHC) och oljehållande förmåga (OHC) är funktionella egenskaper som beskriver ett materials förmåga att absorbera och kvarhålla vatten respektive olja efter centrifugering. Egenskaperna används för att utvärdera proteinmaterials funktionalitet i olika livsmedels. Tidigare studier har visat att funktionella egenskaper såsom oljehållande förmåga och emulgeringskapacitet påverkas av isolerings- och processmetoder för kikärtsproteiner (Ramani, 2021).

Analyserna bygger på att provet blandas med vatten eller olja och därefter centrifugeras för att separera obunden vätska från det kvarvarande materialet. Mängden kvarhållen vätska används sedan för att beräkna vatten- eller oljehållande förmåga uttryckt som gram vätska per gram prov (AACC International, 1999).

Följande formel används för beräkning olje- och vattenhållande förmåga:

$$OHC \ \& \ WHC = \frac{\text{Vikt av mättat material} - \text{Vikt av torrt material}}{\text{Vikt av torrt material}}$$

(Formel 3).

2.8 Majonnäs

Äggula används ofta i majonnäs och olika såser tack vare sin förmåga att stabilisera emulsioner mellan olja och vatten. Äggula består främst av lipider och proteiner, där lipiderna utgör den största delen av torrsubstansen. Bland dessa finns triglycerider, fosfolipider och kolesterol.

Äggulans emulgerande egenskaper är framför allt kopplade till dess innehåll av fosfolipider och lipoproteiner. En stor del av äggulan består av LDL-partiklar (low density lipoproteins). Dessa partiklar kan stabilisera emulsioner genom att absorberas till gränssytan mellan olja och vatten och därmed bidra till att sänka ytspänningen och hålla oljedropparna stabila.

Äggula kan därför fungera som en effektiv emulgator i produkter såsom majonnäs, där en

stabil olje-i-vatten-emulsion är viktig för produktens struktur och konsistens (Rosén, 2024). Kikärtsproteiner kan fungera som emulgerande ämnen genom att adsorberas till gränssytan mellan olja och vatten under homogenisering. På så vis kan proteinerna bilda ett skyddande lager runt oljedropparna och bidra till att stabilisera emulsionen. Kikärtsproteinisolat har visats kunna ha sådana emulgerande egenskaper, men det kan påverkas av bland annat proteinernas löslighet och pH (Karaca, et al., 2011).

Äggula innehåller ungefär 15,63 % protein. En konventionell äggula från ett medelstort ägg väger ungefär 17 g enligt Kronäggs omvandlingsdata (Kronägg, u.d.).

I detta projekt utgår receptet från ICA's majonnäsrecept från tidningen Buffé (Buffé, 2004).

3. Materiel

Proteinextraktion: Bägare, pipett, centrifugationsbägare, våg Sartorius Entris 6202i-1s (Tyskland), pH-mätare Metrohm 914 pH/Conductometer (Schweiz), omrörare IKA Microstar 7.5 Control (Tyskland), centrifug Beckman Coulter benchtop centrifuge Avanti J-15R (USA).

Torrsubstansanalys: Aluminiumskålar, exsickator, degeltång, torkugn Termaks B 8054 (Sverige), analysvåg Ohaus Pioneer PX224 (Kina), sked, mortel och pistill.

Fettanalys: Soxtec Avanti 2055 halvautomatisk extraktionsenhet Foss Analytical (Sverige), sand, fettfri bomull, pappershylsor, aluminiumskålar, glaspärlor, handskar, glasstav, analysvåg Ohaus Pioneer PX224 (Kina), exsickator, torkugn Termaks B 8054 (Sverige).

Proteinanalys: Proteinanalys Thermo Scientific FlashEA 1112 (Italien), analysvåg Mettler Toledo AE 163 (Schweiz), tennfolie, formningsverktyg för folie, pincett, sked.

Differential Scanning Calorimetry: DSC 250 TA Instruments (USA), analysvåg Mettler Toledo XP205DR (Schweiz), DSC pan crimper Tzero press, mikropipett Eppendorf, hylsor med lock Tzero TA Instruments, vatten. Programvara TRIOS TA Instruments.

Olje- och vattenhållande förmåga (OHC & WHC): Scientific Industries Vortex Genie 2 SI-0256 (USA), provrör, pipett, vatten, rapsolja, analysvåg Ohaus Pioneer PX224 (Kina), sked, centrifug Beckman Coulter benchtop centrifuge Allegra X-15R (USA).

Majonnäs: Sked, analysvåg Sartorius Entris 6202i-1s (Tyskland), bägare, homogenisator IKA Ultra Turrax T18 (Tyskland).

Material: Vatten, kikärtsmjöl, rapsolja

Kemi: NaOH, citronsyra, asparginsyra, petroleumeter 40-60°C, aceton.

4. Metod

4.1 Extraktion

50 g kikärtsmjöl blandades med 350 g vatten under kontinuerlig omrörning. Initialt pH uppmättes till cirka 6,3 för samtliga prover. Därefter justerades pH till 10,5 med NaOH för att lösliggöra proteinerna. pH kontrollerades och justerades vid behov var tionde minut under omrörningen, som pågick i totalt 60 minuter.

Efter extraktionen centrifugerades proverna vid $4700 \times g$ och $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 10 minuter med hjälp av Beckman Coulter benchtop centrifuge Avanti J-15R (USA). Efter centrifugeringen kunde ett sediment och en ljusgul, transparent supernatant urskiljas. Supernatanten separerades och överfördes till en bägare under omrörning.

Proteinerna fälldes därefter ut genom att pH sänktes till 4,5 med citronsyra. Blandningen centrifugerades sedan återigen vid $4700 \times g$ och $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 10 minuter. Efter centrifugeringen hälldes supernatanten av och det kvarvarande sedimentet samlades upp.

För båda batcherna gjordes tre prover. För varje prov vägdes tre replikat in för analys av torrsubstanshalt.

4.2 Torrsubstansanalys

För analys av torrsubstans vägdes det våta proteinisolatet in i förväg vägda metalldeglar, med hjälp av analysvåg Ohaus Pioneer PX224 (Kina). De två jämförande batcherna gav tre prover av isolat, som sedan delades upp i tre nya replikat. Sammanlagt jämfördes alltså nio replikat per batch. Proverna torkades i torkugn Termaks B 8054 (Sverige) tills konstant vikt uppnåts, för att säkerställa att allt fritt vatten avlägsnats. Detta tog cirka 24 timmar. Efter torkningen fick proverna svalna i tjugo minuter i en exsickator innan de vägdes igen och en beräkning kunde göras. Slutligen mortlades proverna och sparades i provrör i exsickatorn.

4.3 Fettanalys

För bestämning av fetthalt användes en Soxtec Avanti 2055 Foss Analytical (Sverige) halvautomatisk extraktionsenhet. Varje prov gav tre replikat, vilket totalt resulterade i nio replikat per batch. Aluminiumskålar innehållande glaspärlor torkades först i torkugn och placerades därefter i exsickator för avsvälning innan de vägdes för att visa tomvikt.

Cirka 3,5 g prov vägdes därefter in i pappershylsor tillsammans med sand för att skapa en jämn fördelning av provet och underlätta extraktionen. Fettfri bomull placerades i hylsorna för att bidra till en jämn distribution av lösningsmedlet genom provet under extraktionen.

Hylsorna placerades därefter i extraktionsenheten där petroleumeter (40–60 °C) användes som lösningsmedel för att extrahera fett från proverna.

Efter avslutad extraktion avlägsnades aluminiumskålarna med det extraherade fett och ställdes i torkugnen för att säkerställa att kvarvarande lösningsmedel avdunstade. Skålarna fick därefter svalna i exsickator innan de vägdes på nytt. Fetthalten beräknades genom att jämföra vikten före och efter extraktionen, där skillnaden bestod av fett.

4.4 Proteinanalys

De torkade och mortlade proverna vägdes upp till cirka 25 mg med hjälp av en analysvåg Mettler Toledo AE 163 (Schweiz), i små tennfoliekapslar. Då de två batcherna gav tre prover per batch, kunde jämförelsen göras på totalt nio replikat per för varje batch.

Kapslarna packetterades sedan med ett förslutningsverktyg hanterades med pincett för att undvika kontaminering och materialförlust. Kapslarna placerades sedan i en provkarusell och analysen sattes igång. Kapslar med uppvägd asparginsyra användes som standardprov. Vidare samlades data från programvaran EagerSmart Data Handling Software och beräkningar kunde genomföras i Excel.

4.5 Differential Scanning Calorimetry (DSC)

För analys med Differential Scanning Calorimetry 250 TA Instrument (USA) vägdes cirka 10 mg prov in i aluminiumhylsor med hjälp av analysvåg Mettler Toledo XP205DR (Schweiz). Totalt gjordes tre replikat per batch. Proverna bestod av ca 30% kikärtsproteinisolat och 60% destillerat vatten. Förhållandet valdes för att säkerställa en tillräcklig hydrering av proteinerna inför DSC-analysen. Hylsorna förslöts därefter hermetiskt för att förhindra fuktförlust under analysen. En tom förseglad hylsa användes som referens.

DSC-analyserna utfördes för att undersöka proteinernas termiska egenskaper och eventuella denatureringstemperaturer.

Proverna placerades i provhållaren för DSC och upphettades enligt ett förinställt temperaturprogram:

"Equilibrate 20°C

Isothermal 2.0 min

Ramp 10 °C/min to 120°C

Ramp 20°C/min to 20°C".

Värmeflödet registrerades kontinuerligt i datorprogrammet TRIOS TA Instruments. Kurvorna jämfördes mellan proverna för att undersöka eventuella denatureringstoppar och förändringar i värmeflödet. Värmeflödet registrerades i W/g som funktion av temperaturen (°C).

Efter avslutad analys togs det hål på hylsorna och proverna torkades till konstant vikt, vilket tog cirka 24 timmar. Detta gjordes för att möjliggöra en kontroll av eventuell förlust av massa under körningen.

4.6 Olje- och vattenhållande förmåga (OHC & WHC)

Undersökningen gjordes på tre replikat för olja och tre replikat för vatten per batch.

Tomvikten för 50 ml falconrör bestämdes innan cirka 2,5 g prov vägdes in i varje rör. Därefter tillsattes cirka 25 g vatten samtidigt som röret stod på analysvågen Ohaus Pioneer PX224 (Kina). Proverna blandades med hjälp av Scientific Industries Vortex Genie 2 SI-0256 (USA) i 30 sekunder och fick därefter vila. Vortexning upprepades var femte minut under totalt 30 minuter för att möjliggöra hydrering av proteinet. Efter sista vortexomgången centrifugerades proverna i Beckman Coulter benchtop centrifuge Allegra X-I5R (USA) vid $2000 \times g$ i 10 minuter. Supernatanten hölls därefter av och falconrören med sediment vägdes. För att genomföra en oljehållande analys, gjordes samma process men med rapsolja istället för vatten.

4.7 Majonnäs

För att undersöka kikärtsproteinets emulgerande egenskaper tillverkades en majonnäsliknande emulsion baserad på rapsolja och färskt kikärtsproteinisolat. Mängden proteinisolat valdes för att ge en proteinhalt som ungefär motsvarade proteinmängden från äggula i ett traditionellt majonnäsrecept baserat på ICA:s recept från Buffé.

10 g färskt kikärtsproteinisolat vägdes upp i en bägare tillsammans med 50 g rapsolja.

Blandningen homogeniserades med hjälp av IKA Ultra Turrax T18 (Tyskland). Citronsyra tillsattes därefter för att sänka pH till cirka 3,6, vilket motsvarar pH-nivån i kommersiell majonnäs. Homogeniseringen fortsatte därefter för att försöka bilda en stabil emulsion. En emulsion bedömdes som stabil om ingen fasseparation kunde observeras efter homogeniseringen.

4.8 Statistik

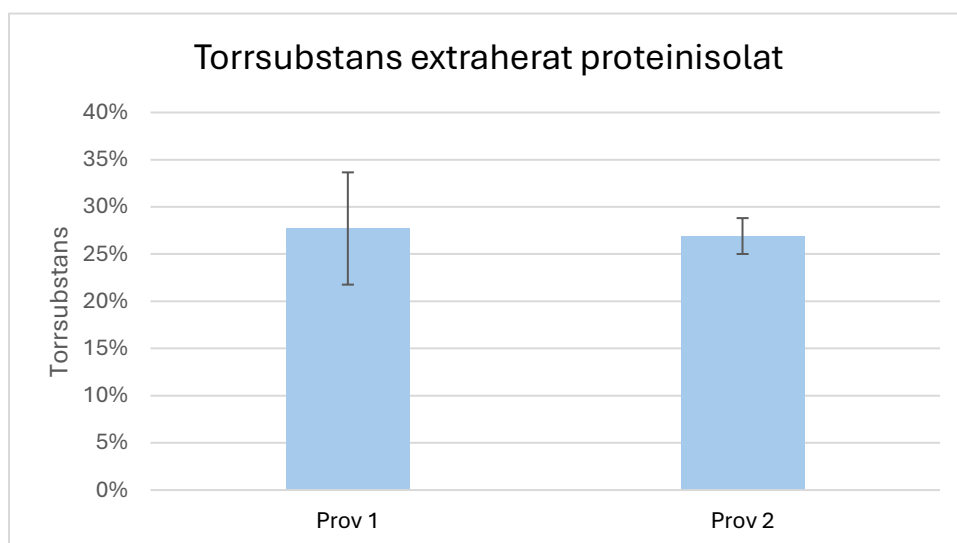
För varje batch genomfördes tre separata proteinextraktioner. Varje extraktion analyserades därefter i triplikat, vilket gav totalt nio mätningar per batch för torrsubstans- och proteinanalyserna.

För vissa analyser, där mängden proteinisolat var begränsad, slogs de tre extraktionerna inom respektive batch samman till ett samlingsprov. Samlingsprovet analyserades därefter i triplikat, vilket gav tre mätningar per batch. Detta gällde fett-, WHC-, OHC- och DSC-analyserna.

All rådata sammanställdes och bearbetades i Microsoft Excel. Resultaten presenteras som medelvärde $\pm$ standardavvikelse. För att undersöka eventuella skillnader mellan batch 1 och batch 2 utfördes tvåsidiga t-test. Skillnader betraktades som statistiskt signifikanta vid $p < 0,05$.

5. Resultat

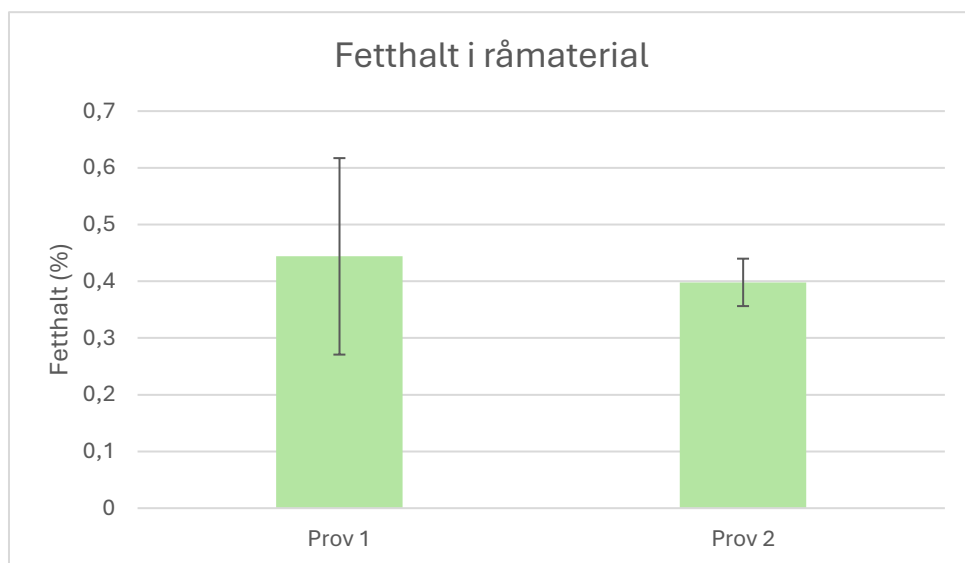
5.1 Torrsubstans



Figur 1. Torrsubstans (%) i extraherat kikärtsproteinisolat för batch 1 och batch 2. Värdena presenteras som medelvärde $\pm$ standardavvikelse baserat på nio mätningar per batch (tre extraktioner analyserade i triplikat).

Torrsubstanshalten för de extraherade proteinisolaten beräknades enligt formel 1 till omkring 27 % för båda proverna (Figur 1). Ingen signifikant skillnad kunde tydas mellan de två proven ($p > 0,05$). Felstaplarna visar att variationen mellan replikaten var större för prov 1 än för prov 2.

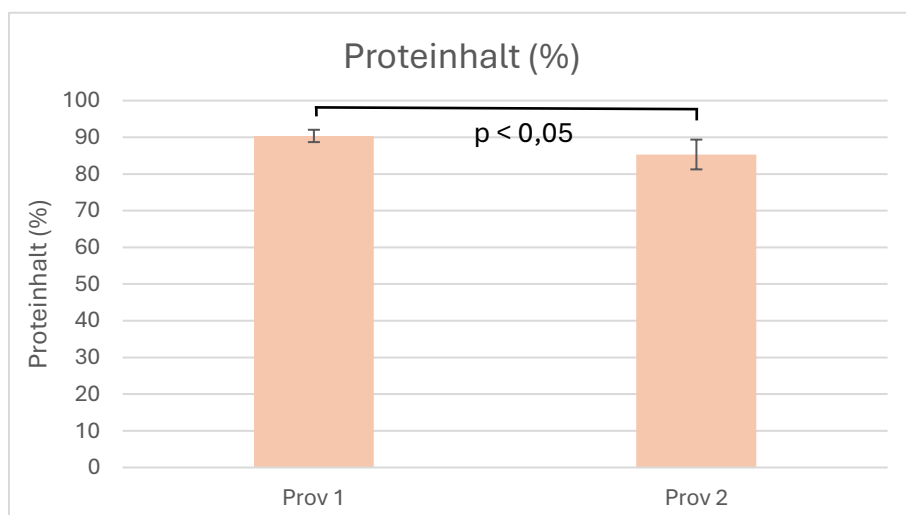
5.2 Fettanalys



Figur 2. Fetthalt (%) i kikärtsmjöl för batch 1 och batch 2. Värdena presenteras som medelvärde $\pm$ standardavvikelse baserat på tre replikat per batch.

Fetthaltsanalysen visade låga fetthalter i båda proverna (Figur 2). Medelvärdet för prov 1 var $0,44 \pm 0,17$ %, medan prov 2 uppvisade en fetthalt på $0,40 \pm 0,04$ %. Ett t-test visade ingen signifikant skillnad mellan proverna ($p > 0,05$).

5.3 Proteinhalt



Figur 3. Proteinhalt (%) för extraherat proteinisolat för batch 1 och 2. Värdena presenteras som medelvärde $\pm$ standardavvikelse baserat på nio mätningar per batch (tre extraktioner analyserade i triplikat).

Proteinanalyserna visade höga proteinhalter i båda proverna, vilket är förväntat för proteinisolat. Prov 1 uppvisade en proteinhalt på $90,4 \pm 1,7$ %, medan prov 2 hade en något lägre proteinhalt på $85,3 \pm 4,1$ % (Figur 3). Skillnaden mellan proverna var signifikant ($p < 0,05$), vilket tyder på att proverna skiljer sig åt i sammansättning eller processning. Den större standardavvikelsen för prov 2 indikerar även större variation mellan replikaten jämfört med prov 1.

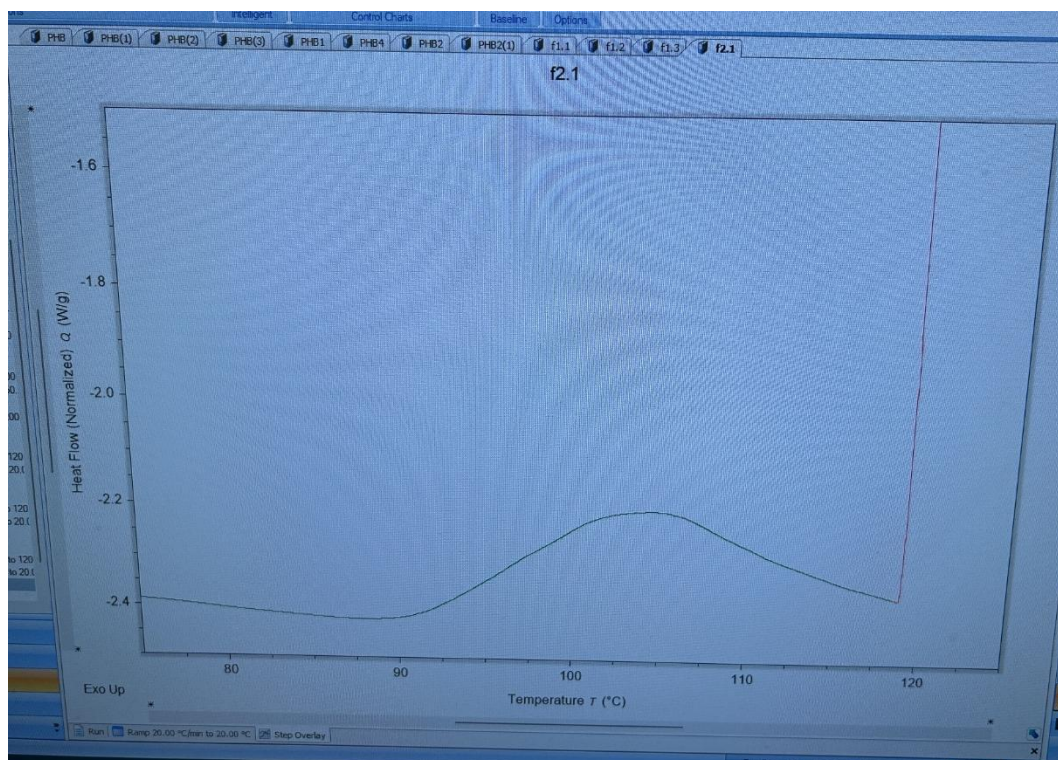
Tabell 1. Proteinhalt, torrsubstans och proteinutbyte för batch 1 och 2.

Batch	Proteinhalt i råvara (%)	Proteinhalt i extraherat isolat (%)	Proteinutbyte (%)
Prov 1	$22,64 \pm 0,44$	$90,37 \pm 1,7$	42,59
Prov 2	$19,70 \pm 0,62$	$85,32 \pm 4,1$	45,90

Tabell 1 visar proteinhalt i ursprungsmjöl och extraherade proteinisolat, samt torrsubstans och beräknat proteinutbyte för respektive batch.

Proteinutbytet beräknades till 42,59 % för prov 1 och 45,90 % för prov 2 (Tabell 1). Prov 1 uppvisade högre proteinhalt i både ursprungsmjölet och det extraherade proteinisolatet jämfört med prov 2. Beräkningarna gjordes enligt formel 2.

5.4 Differential Scanning Calorimetry (DSC)

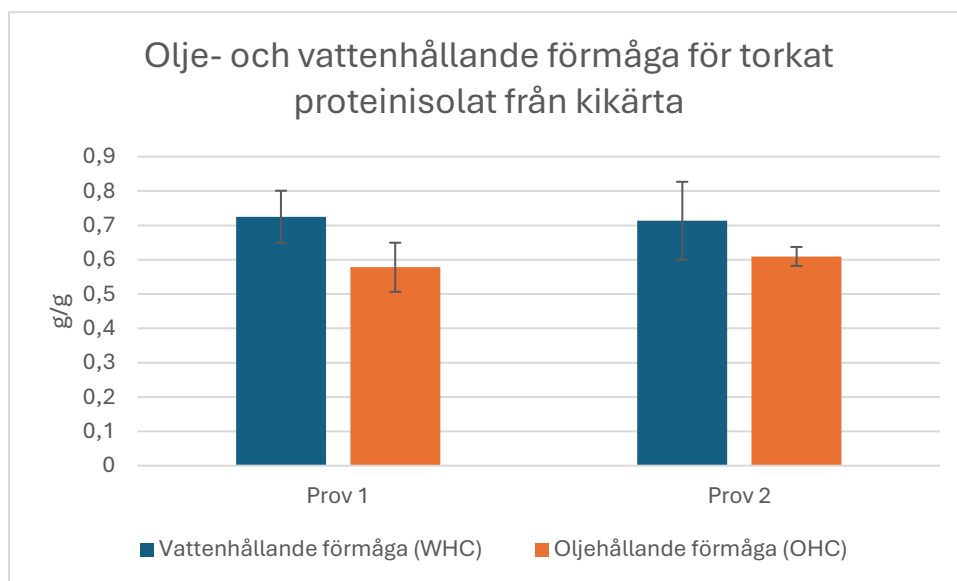


Figur 4. Kurvan som registrerades för batch nummer 2, replikat 1 av 3.

DSC-analyser genomfördes på kikärtsproteinisolat med tre replikat för varje batch. Kurvan som presenteras i figur 4 visar en förändring i värmefflöde mellan cirka 90 och 115 $^{\circ}\text{C}$, med ett maximum vid cirka 105 $^{\circ}\text{C}$. Kurvorna såg mycket lika ut mellan samtliga replikat och följde samma mönster genom hela temperaturintervallet.

Vid cirka 118–120 $^{\circ}\text{C}$ syntes en kraftig förändring i signalen för alla prover. Denna förändring bedöms troligen bero på vattenavdunstning eller påverkan från DSC-hylsan snarare än en faktisk proteinövergång.

5.5 Olje- och vattenhållande förmåga



Figur 5. Olje- och vattenhållande förmåga för batch 1 och batch 2. Värdena presenteras som medelvärde ± standardavvikelse baserat på tre replikat per batch.

Den vattenhållande förmågan (WHC) var högre än den oljehållande förmågan (OHC) för båda proverna (Figur 5). Prov 1 uppvisade en WHC på $0,73 \pm 0,08$ g/g och en OHC på $0,58 \pm 0,11$ g/g. För prov 2 uppmättes en WHC på $0,71 \pm 0,07$ g/g och en OHC på $0,61 \pm 0,03$ g/g. Resultaten beräknades med hjälp av formel 3 och visar att kikärtsisolaten hade större förmåga att binda vatten än olja. Variationerna mellan replikaten var generellt låga, även om OHC för prov 1 uppvisade något större spridning än övriga analyser. Ingen signifikant skillnad kunde påvisas i varken prov 1 eller prov 2, vare sig i olje- eller vattenhållande förmåga ($p > 0,05$).

5.6 Majonnäs

Vid homogenisering av kikärtsproteinisolat och rapsolja bildades ingen stabil emulsion. Blandningen förblev tunn trots upprepade homogeniseringsförsök där majonnäsen skar sig efter fortsatt homogenisering.

6. Diskussion

Syftet med studien var att undersöka om två olika batcher av kikärtsmjöl skiljde sig åt i proteinhalt, fetthalt, torrsubstans, funktionella egenskaper som emulgeringsförmåga och termiska egenskaper som DSC. Resultaten visade att batcherna i flera analyser uppvisade relativt liknande egenskaper, men att vissa skillnader kunde observeras.

Fetthaltsanalysen visade mycket låga fetthalter i båda proverna och ingen signifikant skillnad kunde observeras mellan batcherna (se figur 2). Resultaten tyder på att batcherna hade liknande sammansättning av fettinnehåll och att råmaterialet sannolikt redan hade genomgått någon form av avfettning eller processning före analys. Även torrsubstanshalterna var liknande mellan batcherna, vilket indikerar att proverna innehöll ungefär samma mängd vatten efter extraktion och centrifugering (se figur 1).

Resultaten från WHC- och OHC-analyserna visade även de små skillnader mellan batcherna (se figur 5). Båda proverna uppvisade högre vattenhållande förmåga än oljehållande förmåga, vilket tyder på att proteinerna hade större förmåga att interagera med vatten än med olja. En möjlig förklaring till den låga oljehållande förmågan är att råmaterialet redan varit med om en avfettande process innan analysen. Sådan behandling kan påverka proteinernas struktur och försämra deras förmåga att binda olja. Den relativt låga OHC:n kan ha varit en indikation på att proteinisolatet hade begränsad förmåga att binda olja. Detta överensstämde med resultat från majonnäsförsöket där ingen stabil emulsion kunde bildas och där blandningen skar sig efter homogenisering.

Proteinanalyserna visade däremot en signifikant skillnad mellan batcherna där prov 1 hade högre proteinhalt än prov 2 (se figur 3). Eftersom samma extraktionsmetod användes för båda proverna tyder resultaten på att batcherna sannolikt skiljde sig åt i sammansättning eller råmaterialets egenskaper. Skillnader i exempelvis råvarukvalitet, tidigare processning eller partikelstorlek skulle kunna ha påverkat proteinutbytet och de funktionella egenskaperna (Boye, et al., 2010). I denna studie siktades kikärtsmjölet inte före extraktionen, vilket kan ha inneburit att större partiklar och fiberstrukturer fanns kvar i materialet. Detta kan ha minskat proteinernas tillgänglighet och löslighet under den alkaliska extraktionen. (Ramani, et al., 2021)

DSC-analyserna visade liknande kurvformer för båda batcherna. Tidigare studier har rapporterat två tydliga endoterma denatureringstoppar för kikärtsproteiner, vilka tolkas vara vicilin och legumin (Aslan & Kibar, 2024). I denna studie observerades endast en mindre förändring i värmeflödet mellan cirka 90 och 115 °C men någon ännu skarpare denatureringstopp kunde inte ses. Detta kan tyda på att proteinernas struktur påverkats under extraktionen.

Sammanfattningsvis visade resultaten att batcherna i stor utsträckning hade liknande egenskaper, särskilt avseende fetthalt, torrsubstans, WHC, OHC och DSC-profiler. Den största skillnaden observerades i proteinhalt där prov 1 uppvisade ett högre värde än prov 2. Resultaten tyder därför på att variationer mellan batcher förekommer, men att skillnaderna mellan batcherna generellt var relativt små.

6.1 Reflektion

En begränsning i studien var att alla analyser inte utfördes både före och efter proteinextraktionen. Fler analyser av råmaterialet hade kunnat ge en tydligare bild av hur extraktionsprocessen påverkade proteinernas egenskaper. För framtida studier hade det även varit intressant att undersöka fler batcher samt använda ytterligare metoder för att utvärdera proteinernas emulgeringsförmåga och termiska egenskaper.

För framtida studier hade det varit intressant att komplettera de utförda analyserna med ytterligare metoder för att karakterisera proteinerna. Exempelvis hade SDS-PAGE kunnat användas för att separera proteinerna efter storlek, som ett komplement till DSC-analyserna.

Vid majonnäsförsöket användes ett förenklat recept bestående av kikärtsproteinisolat och rapsolja. I framtida studier hade det varit lärorikt att använda ingredienser som normalt förekommer i majonnäs så som senap och vinäger. Dessa ingredienser skulle kunna påverka emulsionens stabilitet och ge en mer realistisk bild av kikärtsproteinets funktionalitet i en livsmedelsteknisk tillämpning.

7. Referenser

AACC International, 1999. *Method 56-30.01: Water Hydration Capacity of Protein Materials*, St. Paul, Minnesota: AACC International.

AOAC International, 2019. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Gaithersburg, MD: AOAC International.

Aslan, Ö. & Kibar, E. A., 2024. Ultrasound-Assisted Extraction of Chickpea Proteins and Their Functional and Technological Properties. *Food technology and biotechnonology*, Volym 4, pp. 488-500.

Boye, J., Zare, F. & Pletch, A., 2010. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2).

Buffé, 2004. *Majonnäs*. [Online]
Tillgänglig på: <https://www.ica.se/recept/majonnas-380188/>
[Använd 17 05 2026].

Furugren, B., 2018. *Vegetabilier. 2:a red.* Lund: KFS AB.

Helstad, A. o.a., 2021. Protein extraction from cold-pressed hempseed press cake: From laboratory to pilot scale. *Journal of Food Science*, 87(1), pp. 312-325.

Johansson, D., 2020. *Fettanalys enligt Soxtec*. Lund: u.n.

Karaca, A. C., Low, N. & Nickerson, M., 2011. Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Food Research International*, 44(9).

Kronägg, u.d. *Omvandlings- och näringsdata*. [Online]
Tillgänglig på: <https://www.kronagg.se/media/zkvbet4j/4-omvandlings-och-n%C3%A4ringsdata.pdf>
[Använd 17 05 2026].

Ramani, A. o.a., 2021. Molecular, functional and nutritional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein isolates prepared by modified solubilization methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 02.

Richard Losano, P. o.a., 2026. Physico-chemical and hydration quality parameters of desi and kabuli chickpea genotypes. *Journal of Food Science and Technology*.

Rosén, C., 2024. *Ägget - En multifunktionell ingrediens*. Lund: u.n.

TA Instruments, 2019. *Discovery-DSC-Brochure*. [Online]
Tillgänglig på: <https://www.tainstruments.com/pdf/brochure/Discovery-DSC-Brochure.pdf>
[Använd 17 05 2026].

Thermo Scientific, u.d. *FLASH EA 1112 N/Protein Analyzer*, u.o.: Thermo Fisher Scientific Inc.