



**Miljø- og
Fødevareministeriet**
Miljøstyrelsen

Teknologiafklaring ved oprensning af højværdiingredienser fra sidestrøm

Miljøprojekt nr. 2063

Januar 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Marianne Hjøllund Madsen, TripleA

ISBN: 978-87-7038-029-4

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Sammendrag	5
Summary	6
1. Baggrund	7
2. Procesoptimering	8
2.1 Optimering af procestrin 15 i TripleA processen	8
2.2 Optimering i industriskala	10
2.3 Konklusion	10
3. Proteinudvinding	11
3.1 Membranteknologi til yderligere proteinudbytte (ny protein produkttype)	11
3.2 Ionbytningskromatografi	12
3.3 Konklusion	13
4. Højværdiprotein	14
4.1 Farve	15
4.2 Genopløselighed	17
4.3 Emulgeringsevne og stabilitet	18
4.4 Konklusion	19
5. Højværdifibre	20
5.1 Oligosakkarider	21
5.2 Kostfibre	21
5.3 Konklusion	21
6. Mineraler	22
6.1 Mineralkomposition i sidestrøm	22
6.2 Konklusion	23
7. Konklusion	24
8. Referencer	25
Bilag 1. Artikel fra Plus Proces	26

Forord

Projektet 'Teknologifklaring ved oprensning af højværdi ingredienser fra sidestrøm' er bevilliget af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøstyrelsens Program for Grøn Teknologi 2013.

Projektet er blevet gennemført i perioden fra 01.04.2014 til 28.02.2017 i tæt samarbejde mellem TripleA, Institut for Fødevidenskab ved Københavns Universitet og Center for Fødevareteknologi ved Teknologisk Institut. Projektleder er Marianne Hjøllund Madsen.

Sammendrag

Stor vand- og energibesparelse ved udnyttelse af sidestrøm

Med innovative løsninger, hvor kendte teknologier kombineres til en mere miljø- og ressource-effektiv løsning, kan der opnås både energi- og vandbesparelse i produktionen af sojaprotein-koncentrat. Produktionen af planteproteiner har ofte et højt vandforbrug og resulterer i forøget udledning af næringsstoffer som kvælstof fra produktionen. TripleA producerer sojaproteinkoncentrat med en patenteret vandbaseret metode, IGM BioProcessing, udviklet af forskere ved Københavns Universitet. Trods mange optimeringer medfører produktionen en udvaskning af mere end 35 % af råvarens tørstof. Projektet 'Teknologifklaring ved oprensning af højværdi ingredienser fra sidestrøm' har afklaret muligheden for at procesoptimere de enkelte enhedsoperationer, hvorved udbyttet forbedres, og der samtidig skabes mulighed for en øget genanvendelse af vand.

Øget effektivitet - nye muligheder

Projektet har eftervist en skånsom og miljøbevidst tilretning af proces flowet, der fremadrettet gør det muligt at oprense flere fraktioner fra sidestrømmen med en god kvalitet. I pilotskalafor-søg har forskerne fra Københavns Universitet oprenset vandbindende stoffer som fibre og vandopløselige proteiner fra sidestrømmen, og der er derved opnået en betydelig højere effektivitet på inddampningstrinnet (vandgenindvinding). Separationen af de forskellige indholds-stoffer er ligeledes finjusteret og giver samlet set et større udbytte. De isolerede fraktioner er blevet karakteriseret ved Teknologisk Institut og viser stort potentiale til drikbare fødevarer. De meget interessante resultater vil indgå i TripleA's fremadrettede investeringsplan, således at alle højværdiprodukter på sigt vil blive sat i produktion og markedsført.

Den anviste effektiviseringsmulighed har gjort det muligt at oprense en større del af det anvendte procesvand, der derved kan indgå i processen igen. Projektet har på fabriksniveau resulteret i en forøget effektivitet på 10 % samt et reduceret vandforbrug på 25 %. Den højere effektivitet til genanvendelse af vandet har desuden givet en anden sammensætning af den tilbageværende sidestrøm. Restproduktet er således koncentreret og volumenet reduceret med 35 %, hvilket giver en væsentligt CO₂-besparelse i forhold til miljøtung fragt. Resultatet er værdioptimering med en øget bæredygtig råvareudnyttelse.

Summary

Large water and energy savings when using sidestream

With innovative solutions combining known technologies with a more environmentally and resource-efficient solution, both energy and water savings can be achieved in the production of soy protein concentrate. Production of plant proteins often has high water consumption and results in increased nutrient release as nitrogen from production. TripleA produces soy protein concentrate with a patented water-based method, IGM Bio-Processing, developed by researchers at the University of Copenhagen. Despite many optimizations, production results in a loss of more than 35% of the raw material's dry matter. The project 'Technology clarification for the purification of high-value sidestream ingredients' has illustrated the possibility of process optimizing individual unit operations, thereby improving yields, while also allowing for increased recycling of water.

Increased efficiency - new opportunities

The project has demonstrated a gentle and environmentally conscious editing process flow going forward makes it possible to purify more fractions from the sidestream with a good quality. In pilot scale experiments, researchers from the University of Copenhagen have purified water-binding substances such as fibers and water-soluble proteins from the side stream, thereby achieving significantly higher efficiency on the evaporation step (water extraction). Separation of the various ingredients are also fine-tuned and gives an overall higher yield. The isolated fractions have been characterized by the Danish Technological Institute and show great potential for drinkable foods. The very interesting results will be included in TripleA's future investment plan so that all high value products will eventually be put into production and marketed.

The proposed efficiency option has made it possible to purify a larger part of the process water used, which can thus be part of the process again. The project has at the factory level resulted in increased efficiency of 10% and a reduced water consumption of 25%. The higher efficiency of recycling of the water have also provided a different composition of the remaining side stream. The residual product, molasses, is thus concentrated and the volume is reduced by 35%, which gives a significant CO₂ saving at the environmental goods freight. The result is value optimization with increased sustainable raw material utilization.

1. Baggrund

Verden står overfor en række massive udfordringer i form af voksende befolkningstal, hastig udtømming af ressourcer, stigende pres på miljøet og klimaforandringer. Som følge af befolkningens globale tilvækst forventes efterspørgslen på foder og fødevarer at stige med 70 % frem mod 2050 (FAO). Der er derfor et stort og stadig stigende behov for at udnytte naturressourcerne optimalt med en bæredygtig strategi, hvilket kræver forskning og innovation.

I dag er den primære kilde til proteinkoncentrater til foder udvundet af soja. Sojabaserede proteinprodukter benyttes ydermere til fødevarer og farmaceutiske produkter. Sojabønnen stammer fra Sydøstasien, hvor den oprindeligt blev udnyttet til medicinsk brug. I dag er USA og Sydamerika de lande, der primært avler soja til olie- og proteinproduktion. Omkring 85 % af sojabønnerne forarbejdes til sojaskrå og -olie. 98 % af sojaskråen forarbejdes yderligere til foder. Oliefraktionen går primært til human konsum og i mindre grad til industrielle produkter som frie fedtsyrer, sæber og biodiesel.

For at imødekomme en stigende efterspørgsel er det vigtigt at kunne udnytte råvarerne optimalt med miljørigtige ekstraktions- og separationsteknologier. Derfor har forskere på Københavns Universitet, Institut for Fødevarevidenskab udviklet og patenteret en miljørigtig metode, IGM BioProcessing, til bioprocessing af soja og andre bælgplanter. Den vandbaserede metode er implementeret ved TripleA, der producerer sojaproteinkoncentrater. I produktionen af sojaproteinkoncentrat bliver ca. 35 % af sojaråvaren ikke udnyttet optimalt, da denne del, sidestrømmen, i dag sendes til biogas. Sidestrømmen indeholder potentielle højværdiprodukter bl.a. opløselige proteiner og -fibre samt forskellige mineraler. Dette projekt har fokuseret på isoleringen af komponenter fra sidestrøm med en konkurrencedygtig miljøteknologi ved implementeringen af den resterende del af IGM BioProcessing patentet. Det har ydermere været vigtigt at fokusere på kvaliteten af de isolerede komponenter.

Projektets formål har således været at bidrage til generering af viden omkring produktionsmuligheder og forsøge at afklare teknologiske udfordringer for fuld udnyttelse af sidestrømmen. En bedre udnyttelse vil give et betydeligt værdiløft gennem ressourceeffektivisering af råvaren med fokus på en energi- og vandbesparende produktionsmulighed.

2. Procesoptimering

Den største udfordring ved proteinproduktionen i industriel skala ved TripleA er det tab af protein, der foregår med den nuværende procesopsætning, og som medfører relativt højt indhold af protein i sidestrømmen, der går til inddampning og dermed ender som melassen. En manglende optimering af processen, der medfører, at komponenter, der burde ende som produkt, i stedet for ender i sidestrømmen, har en række negative konsekvenser for produktionsøkonomien såvel som for miljøet.

For det første resulterer den manglende optimering i et direkte produkttab samt et øget volumen af sidestrømmen. Proteinets vandbinding udgør ydermere et tab af vand, som ender i sidestrømmen i stedet for at blive genanvendt i produktionen. Herved bidrager denne vandmængde til øgede transportudgifter, når melassen skal videredistribueres. Ydermere nedsætter proteinet inddamperens kapacitet og bidrager derved til øget energiforbrug i forbindelse med inddampning og genanvendelse af vand. Proteinets og det proteinbundne vand i sidestrømmen vil derudover virke som en fortynding af de øvrige komponenter i sidestrømmen, hvorved både mineraler og kulhydrater opnår en lavere koncentration.

Ved gennemgang af den eksisterende industrielle proces er det blevet vurderet, at den simpleste og lettest implementerbare måde til forbedring af den eksisterende proces vil være at optimere de procestrin, der omhandler centrifugering. Det procestrin, hvor der i produktionen observeres det største tab af tørstof, er ved procestrin 15, der benyttes til at fange det udfældede Protein 2, der findes i afgang fra procestrin 14, og som i processen er placeret umiddelbart før inddamperen. Efter optimering af centrifugeringsoperationerne vil højmolekylære protein- og fiberkomponenter i centrifugatet kunne yderligere oprenses ved anvendelse af blandt andet membranfiltrering, kolonnekromatografi eller kombination af disse.

2.1 Optimering af procestrin 15 i TripleA processen

Udgangsmaterialet for denne optimering var en repræsentativ prøve af væskeafgangen fra procestrin14 i TripleA's produktion. Karakterisering af udgangsmaterialet ses i Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisering af afgangsvæske fra procestrin 14 anvendt som udgangsmateriale for optimering af indgangsvæsken til inddamperen, hvor sidestrømmen opkoncentreres.

Udgangsmateriale: (Afgangsvæske fra procestrin 14)		
Masse	100 %	
Tørstof	8,5 %	CF 1
Vandindhold	915 kg/ton	Udgangsmateriale
Protein konc.	4,0 %	100 % genfinding
Sulfat konc.	0,5 %	100 % genfinding

For at vurdere en optimering af dette procestrin foretages en laboratorieundersøgelse af effekten af forbedret centrifugering. Til sammenligning blev der foretaget en kontrolproduktion af den eksisterende sidestrøm i laboratorieskala. Imitation af den eksisterende sidestrøm i laboratorieskala gav følgende resultat:

Tabel 2. Karakterisering af nuværende sidestrøm produceret i laboratorieskala.

Nuværende sidestrøm (lab. produktion)		
Masse	52 %	af udgangsmateriale
Tørstof	16 %	
Vandindhold	440 kg/ton	udgangsmateriale
Genanvendt vand	476 kg/ton	udgangsmateriale
Koncentreringsfaktor	1,9	
Protein konc.	7,6 %	100 % genfinding
Sulfat konc.	1,0 %	100 % genfinding

Tabel 3. Karakterisering af optimeret sidestrøm.

Bundfald efter centrifugering		
Masse	32 %	af udgangsmateriale
Tørstof	16,8 %	
Vandindhold	265 kg/ton	udgangsmateriale
Protein konc.	11,3 %	90 % genfinding
Sulfat konc.	1,1 %	
Protein 1 type produkt		
Masse	58 kg/ton	Udgangsmateriale
Tørstof	92 %	
Protein konc.	62 %	
Sulfate konc.	6,1 %	
Supernatant efter centrifugering		
Masse	68 %	af udgangsmateriale
Tørstof	4,8 %	
Vandindhold	648 kg/ton	Udgangsmateriale
Protein	0,5 %	
Sulfat konc.	0,3 %	
Ny sidestrøm		
Masse	5 %	af udgangsmateriale
	9,6 %	af nuværende proces
DM	65 %	
Vandindhold	18 kg/ton	Udgangsmateriale
Genanvendt vand	630 kg/ton	Udgangsmateriale
Koncentreringsfaktor (KF)	13,5	
Protein konc.	6,7 %	8 % genfinding
Sulfat konc.	3,4 %	KF 3,35; 47 % genfinding

Processen resulterer i en mulig produktionskapacitetsforøgelse på baggrund af en reduktion af inddamperens inlet-flow på 32 %. Det forudsætter, at alle de øvrige procestrin samt tørrings-trinnet også kan forøges tilsvarende. Derudover observeres en forøget kondensatproduktion på 154 L vand pr. ton udgangsmateriale stigende fra 476 L/ton til 630 L/ton, hvilket svarer til en stigning på 32,4 %. Sidestrømsmængden reduceres med godt 90 % fra 524 kg/ton udgangsmateriale til 51 kg/ton. Da sidestrømmen/melassen transporteres med lastbil, vil denne

type optimering betyde, at kørselsbelastningen (udgift for TripleA) reduceres til ca. 1/10 del af den nuværende transport.

Den proteinfraktion, der kan fjernes ved centrifugeringen i laboratorieskala, svarende til optimeret procestrin 15 i industriel skala, resulterer i 58 kg produkt pr. ton udgangsmateriale svarende til en reduktion i den nuværende sidestrøms kvælstofindhold på 11,0 kg N/ton.

2.2 Optimering i industriskala

TripleA har som følge af resultaterne fra Københavns Universitet ændret fokus i produktionen fra øget kapacitet til øget effektivitet. Der er således blevet gennemført ombygninger og ændret på procesparametre, så udnyttelsen af råvaren er forbedret fra 0,57 til 0,63 altså en effektivisering på 10 %. Den bedre oprensning af produkt har betydet, at sidestrømmen kan inddampes bedre, og dermed er mængden af melasse blevet reduceret med 35 %. Den nedsatte vandmængde i melassen betyder ligeledes, at koncentrationen af mineraler, kulhydrater og protein i melassen er øget. Det er dermed et bedre produkt til biogas og gødning.

2.3 Konklusion

Laboratorie- og pilotforsøg har vist, at der på fabriksskala er optimeringsgevinster at hente ved at fokusere på centrifugeringstrin i produktionsprocessen. Effektiviseringsforbedringerne var så lovende, at der blev gennemført opbygning og proces tilretning på TripleA fabrikken. Dette medførte en forbedret udnyttelse af råvaren med 10 % og en reduceret melassevolumen på 35 % og dermed en bedre vandrecirkulering (25 % mere recycling).

3. Proteinudvinding

I sidestrømmen fra sojaproteinkoncentrat-fremstilling med IGM BioProcessing vil der være en proteinfraktion (Protein 3), der er fuldt vandopløseligt. Opgaven i dette projekt har været at undersøge egne metoder til at isolere dette protein i en ren udgave.

3.1 Membranteknologi til yderligere proteinudbytte (ny protein produkttype)

Fra den nye sidestrøm (supernatant efter centrifugering) kan yderligere protein isoleres og oprensnes. Ved anvendelse af membranteknologi (ultrafiltrering) blev følgende fundet:

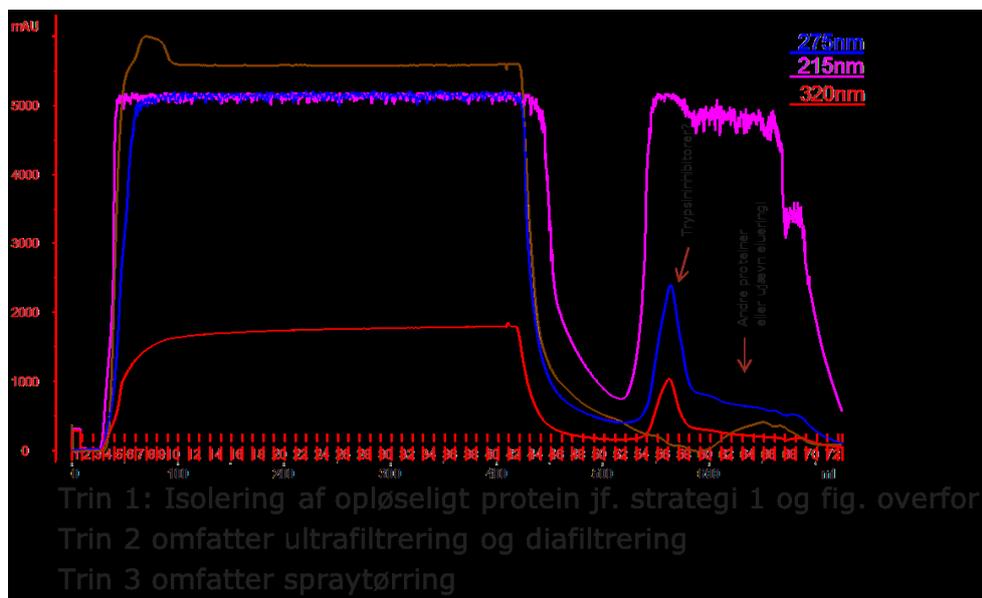
Tabel 4. Membranteknologi til oprensning af protein

Fraktionering efter separator (forbedret afgang)			
Start	4,35 %	DM	
30 kD Ultrafiltrering			
Rettentat	4,90 %	DM	Protein + fibre
	3,82 %	N	i tørstof
Permeat	Til 10 kD ultrafiltrering		
10 kD Ultrafiltrering			
Rettentat	2,40 %	DM	KSTI + fibre
	1,51 %	N	i DM
Permeat	1,85 %	DM	BBI + AA + Oligosaccharider
	0,75 %	N	i DM
Produktion/m3 separatorafgang			
DM	43,5	kg	Tørstof
30 kD Ultrafiltrering			
Rettentat	0,26	m3	
	4,90 %		DM
	23,9 %		Proteinindhold I DM
	3,0	kg	Protein
	9,7	kg	Andet tørstof
	31,4 %		Proteinrenhed
Permeat	0,74	m3	
	30,76	kg	tørstof

10 kD Ultrafiltrering		
Retentat	0,29 m3	
	2,40 %	DM
	9,4 %	Proteinindhold I DM
	0,7 kg	Protein
	6,3 kg	Andet tørstof
	10,4 %	Proteinrenhed
Permeat	0,45 m3	afgang fra 30 kD UF
	0,95 m3	diavand
	1,4 m3	totalvolumen
	1,85 %	tørstof
	4,7 %	proteinindhold I DM
	1,2 kg	protein
	24,7 kg	andet tørstof
	4,9 %	Proteinrenhed

Ved anvendelse af ultrafiltreringsteknologi blev der opnået produktion af et proteinholdigt fiberprodukt svarende til 12,4 kg tørstof pr. m³ separatorafgang bestående af højmolekylære fibre med et proteinindhold på 31,4 %. Derudover kunne fremstilles et produkt med molekylestørrelse fra 10-30 kDa svarende til 7,0 kg tørstof med et proteinindhold på 10,4 %. Det resulterende permeat vil ende som melasse og have et indhold svarende til 25,9 kg tørstof og et proteinindhold på 4,9 %. Dette giver samlet produktion af fiberprodukter på 19,4 kg tørstof pr. ton afgang fra procestrin 14 og en reduktion af melassens proteinindhold på 3,7 kg ud af i alt 4,9 kg protein svarende til 75 %.

3.2 Ionbytningskromatografi



Figur 1. Ionbytningskromatografi anvendt til isolering af protein (efterfulgt af ultrafiltrering og spraytørring for at opnå tørt produkt).

Ved anvendelse af ionbytningschromatografi (figur 1) er det muligt at oprense det protein, der findes i sidestrømmen. Det oprensede protein havde en renhed på 87 %. Proteinerne, der findes i denne fraktion, omfatter blandt andet trypsininhibitorer, og her blev niveauet fundet til at være 2,9 TIU/g (trypsininhibitor units/g) i Protein 3. Tilsvarende blev indholdet af trypsininhibitorer i ny sidestrøm og forbedret sidestrøm (før oprensning af proteinet) målt til at udgøre henholdsvis 0,8 TIU/g og 1,5 TIU/g. Dette protein er blevet karakteriseret for funktionelle egenskaber ved Teknologisk Institut.

3.3 Konklusion

Det er herved illustreret, at der er to gode tilgange til at øge den totale udnyttelse af protein ved anvendelse af henholdsvis membranfiltrering og ionbytningschromatografi.

4. Højværdiprotein

Siden 1950'erne er fremstillingen af sojaproteinprodukter til konsum steget. Der produceres primært i tre forskellige koncentrationsniveauer: isolater med ca. 90 % protein; sojaproteinkoncentrater med ca. 70 % protein; og sojamel med op til 50 % protein.

Sojaprotein har en ernæringsmæssig god aminosyresammensætning, men kan også være rig på fibre, calcium, jern, kalium, flerumættede fedtstoffer og lecithin, magnesium og vitamin B. Sojaprotein har således mange ernæringsmæssige fordel og funktionelle egenskaber.

De foretrukne funktionelle egenskaber vil dog variere alt efter hvilken proteinrig fødevarer, der er tale om (tabel 5). F.eks. er høje vand- og oliebindingsegenskaber at foretrække i kødretter, pølser, brød og kager, hvorimod høje emulgerings- og skumegenskaber er foretrukne i salatdressinger, supper, konfekture og frosne desserter (Ahmedna et al., 1999).

Tabel 5. Krav til protein i forskellige fødevarer applikationer (frit efter bla. Jideani, 2011, Kinsella, 1979)

Fødevarer	Foretrukne funktionelle egenskaber	Funktionelle egenskaber i special-applikationer
Drikbare produkter	Opløselighed, opløsningsstabilitet	Vandbinding, emulgering, syre stabilitet
Bageri- og pastaprodukter	Opløselighed, gelering, emulgering, farve	Vandbinding, skumdannelse, skumstabilitet, glutenmodifikation
Konfekture	Skumdannelse og opløselighed	Gelering og emulgering
Frosne desserter	Dispersion, skumdannelse og emulgering.	Opløselighed, fedtefterligning, vandbinding
Imiterede mejeriprodukter	Emulgering og opløsningsstabilitet	Skumdannelse, skumstabilitet og opløselighed
Imiteret kød	Vandbinding og emulgering	Saltopløselighed, lav viskositet i opløsning, gelering og imitere fedt
Mayonnaise og salatdressinger	Smag, "Mouthfeel", emulgering, opløsnings varmemestabilitet og tekstur	Viskositet, vandbinding
Moderermælksstatning	Ernæringsmæssig kvalitet, opløselighed, emulgering og opløsnings varmemestabilitet og smag	Imitere human mælkekvalitet

Den global planteproteinproduktion består hovedsageligt af sojaprotein og hvedegluten, der tilsammen står for 99 % af produktionen fordelt med henholdsvis 77 % og 22 % (Eustat, 2013). Markedsfordelingen mellem isolater, koncentrater og teksturerede sojaproteiner er henholdsvis 27 %, 32 % og 19 %. Foder er langt den største anvendelse af sojaskrå, da kun 2 % anvendes som råmateriale i fødevarer (Soyatech). Sojaprotein finder anvendelse som ingrediens i mange forskellige fødevarerapplikationer bl.a. bageri og konfekture, forarbejdede kødprodukter, funktionelle fødevarer, mejeriprodukterstatninger og baby mad.

Blandt alle disse segmenter forventes funktionelle fødevarer, som kødalternativer, at blive den største bidragsyder til vækst for sojaproteiningrediensmarkedet. Gode funktionelle egenskaber

og stigende sundhedsbevidsthed blandt forbrugerne øger efterspørgslen efter sojaproteiner. Desuden er det et omkostningseffektivt og mere bæredygtigt protein end animalsk protein ved samme proteinindhold. Kødalternativer og erstatning for mælkeprotein i mejerisegmentet forventes således at vokse med en CAGR (Compound Annual Growth Rate) på henholdsvis 7,6 % og 7,8 % for perioden 2015-2020 (MarketsandMarkets).

For at imødekomme en stigende efterspørgsel er det vigtigt at kunne udnytte råvarerne optimalt med miljørigtige ekstraktions- og separationsteknologier. Imidlertid er de anti-nærings- og allergifremkaldende stoffer i sojabønner en udfordring i valg af oprensningstype. Forskellige isoleringsteknikker har som regel indflydelse på de funktionelle egenskaber, ligesom egenskaberne efterfølgende kan modificeres med mange parameter som f.eks. pH, temperatur, solvent, salt, ionstyrke etc. Proteinernes indhold af andre komponenter som f.eks. fibre og kulhydrater vil ydermere bidrage til ingrediensens fysiske egenskaber. Disse forhold er som regel komplekse og svære at forudsige og er derfor bestemt eksperimentelt både i laboratorie- og pilotskala forsøg i dette projekt.

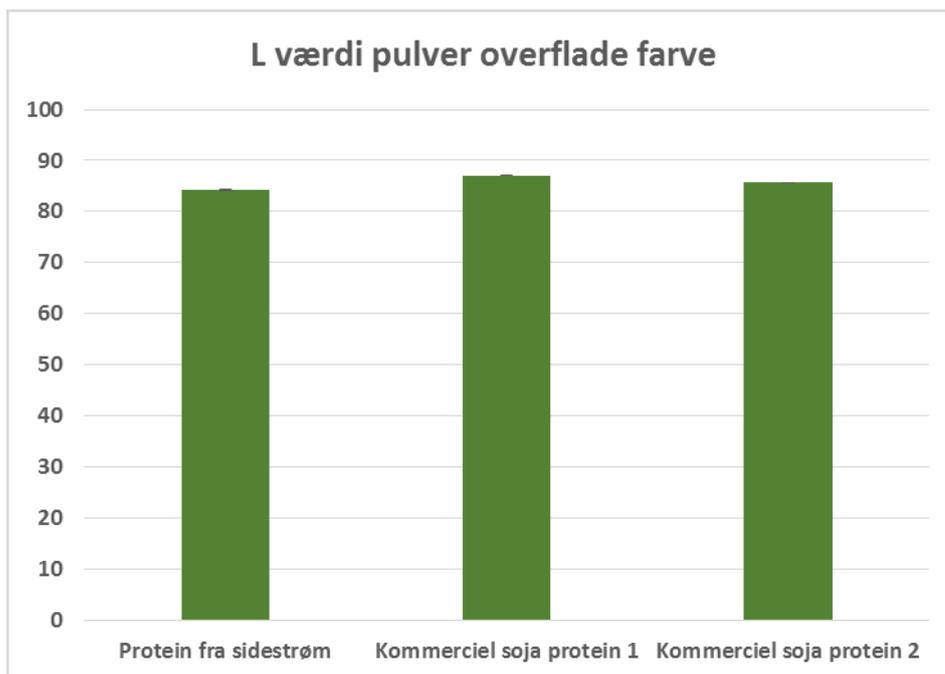
Opløselighedsevne er en vigtig parameter i mange applikationer, men specielt inden for drikbare produkter er det afgørende for anvendelsespotentialer. Nye opløselige proteinprodukter med specielle funktionelle egenskaber kan i bedste fald mangedoble prisen. De funktionelle og kvalitetsmæssige egenskaber af proteinerne fra sidestrømmen er derfor afgørende for kvaliteten og anvendelsespotentialer. Nogle af kravene til fødevarerproteiner, eksempelvis pulverets udseende, smag (gerne neutral) samt genopløselighed er derfor blevet testet.

4.1 Farve

Kvalitetskravene for at kunne indgå i mange fødevarerapplikationer er ofte, at pulveret skal være så lyst som muligt. Pulverfarverne kan variere en del alt efter proteintype og -fraktion, samt hvilke planteråvare proteinerne er isoleret fra. Der er mange naturlige farvestoffer i planter, og det kan være en teknisk udfordring at isolere proteiner uden at få disse farvestoffer med.

Pulverfarvens lyshed måles vha. Lab systemet, hvor L-værdien er den mørke-lyse skala fra 0-100.

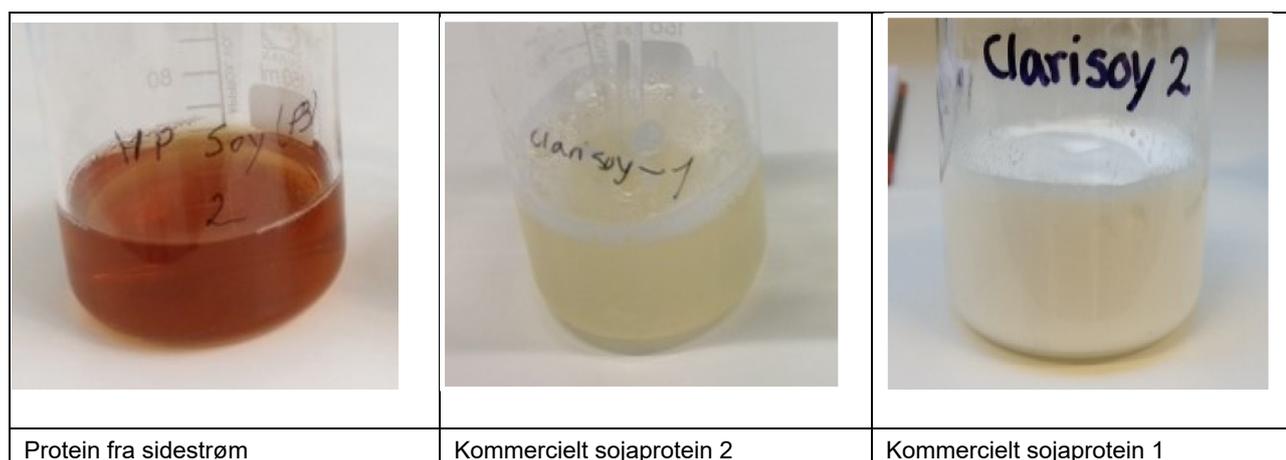
Resultaterne i projektet viser, at der kan oprenses proteiner fra sidestrømmen med en lys pulverfarve (figur 2), der er sammenlignelige med de to testede kommercielle sojaproteiner. Pulveroverfladefarverne blev målt til L-værdi på 84 for protein fra sidestrømmen sammenholdt med 86 og 87 på de to kommercielle proteiner.



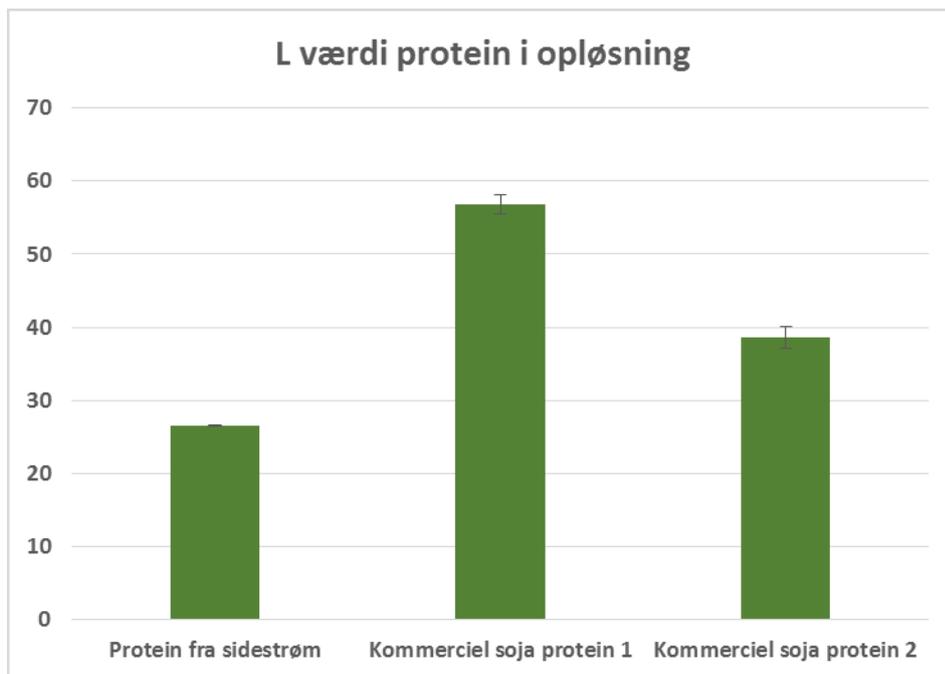
Figur 2. Test af overfladefarve L*-værdi af protein fra sidestrøm og 2 kommercielle sojaproteiner. Skalaen for L*-værdien er 100 for hvid farve og værdien 0 for sort farve.

I visse fødevareapplikationer kan kvalitetsparameteren for opløselige proteiner være en transparent eller meget lys farve for proteinopløsningen.

Opløses de testede proteiner i vand, ændrer farven sig tydeligt. L- værdierne falder, og en rødlig farve udvikles (figur 3). Proteinet isoleret fra sidestrømmen var mørkere i opløsningen end øvrige proteiner testet.



Figur 3. Billeder af test proteiner i 1,5 % protein i vandigopløsninger.

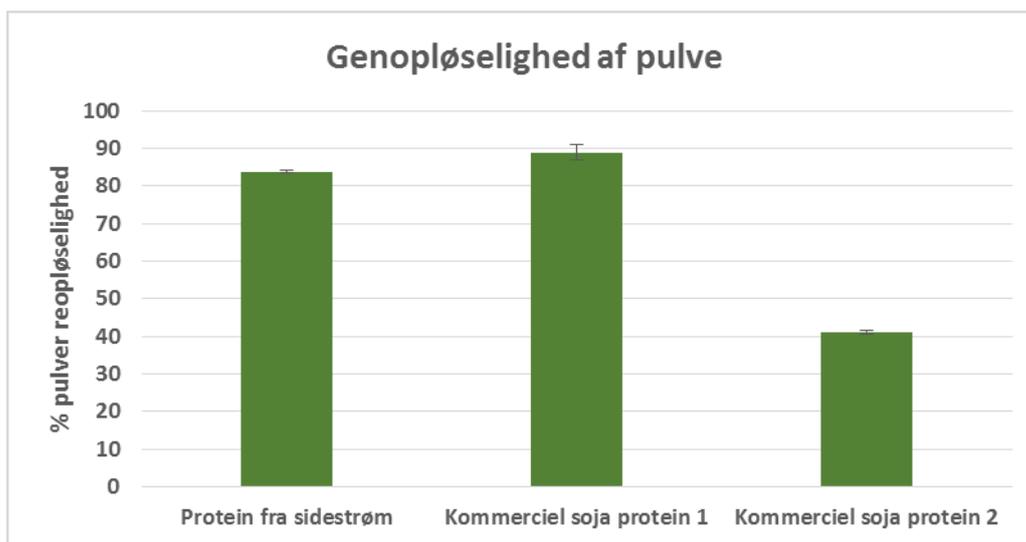


Figur 4. Resultater af test for L -værdierne på 7,5 % pulveropløsninger (gennemsnit ± standardafvigelse) af proteinpulver fra sidestrøm og to kommercielle sojaproteiner.

4.2 Genopløselighed

Proteiners makromolekylestruktur kan grupperes i to egenskaber, der giver nogle vigtige fysiske karakteristika i fødevarer: opløselighed og hydrodynamiske egenskaber. De overfladeaktive egenskaber på proteinet afgør skum-, emulgerings- og fedtegenskaber samt evnen til at binde forskellige smagsstoffer. Aminosyre-sammensætningen, distributionen, molekylets fleksibilitet samt formen og størrelsen, om end i mindre grad, har ligeledes indflydelse. Den relative fordeling af hydrofile og hydrofobe grupper på molekylets overflade er af afgørende betydning for disse egenskaber. Proteinerne fra sidestrømmen er som udgangspunkt opløselige, men under fremstilling og tørringen kan denne egenskab modificeres.

Genopløseligheden i vand blev således testet i projektet. Resultaterne viste, at proteinet fra sidestrømmen havde en god genopløselighed efter at have været tørret i oprensningsprocessen (figur 5). Protein fra sidestrømmen blev sammenlignet med to kommercielle sojaproteiner anbefalet til drikbare produkter. Disse to kommercielle proteiner viste sig at have ret forskellige evner til genopløselighed. Det ene protein var sammenlignelig med proteinet fra sidestrømmen med genopløselighed på 83-88 %, hvorimod det sidste produkt kun kunne genopløses med 45 %.



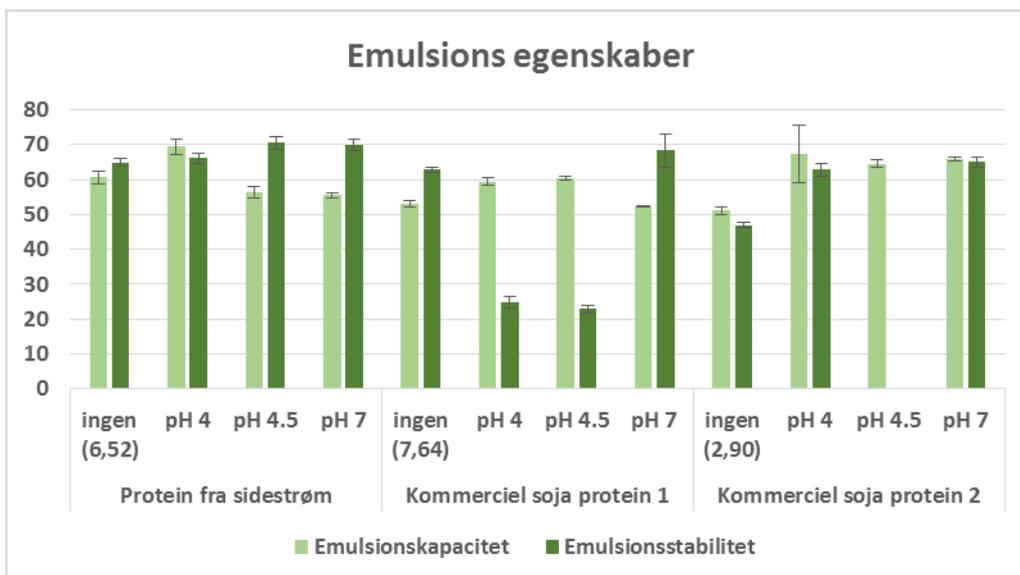
Figur 5. Procent genopløselighed af proteinpulver fra sidestrøm og to kommercielle sojaproteiner testet i vand ved stuetemperatur.

Opløselighed er en vigtig fysisk og funktionel egenskab. Høj opløselighed er normalt en ønsket egenskab i en del fødevarerapplikationer. Proteinerne fra sidestrømmen er hovedsageligt opløselige, og tabet af opløseligheden kan indikere denaturering af proteinet under koncentrationen og tørringen.

4.3 Emulgeringsevne og stabilitet

Anvendelse af emulsioner er meget udbredt inden for farmaceutisk industri, kosmetik og fødevarer. Emulgeringsevne er blandt andet vigtig for at få lipofile, bioaktive stoffer indkapslet i oliedråber, forbedre opløseligheden eller stabilisere en vandfase. Emulsionsstabiliteten afhænger af faktorer som emulgatørens overfladedækning og overfladens ladningsdensitet. Proteinernes aminosyrer med deres sidegrupper af ioniserbare, hydrofile og hydrofobe grupper påvirker proteinernes funktion som emulgatorer. Den fysiske størrelse af proteinet og hvordan proteinet er foldet har også betydning for, om de aktive sidegrupperne er på overfladen. Protein-stabiliserede emulsioner er meget følsomme overfor pH, ionstyrke og temperatur. Når pH nærmer sig det isoelektriske punkt for proteinet og / eller saltkoncentrationen er højere i emulsion, vil de elektrostatiske frastødninger af proteinadsorptionslagene blive mindre og flyde sammen (flokkuler). Hvis emulsionen varmebehandles, til pasteuriserings- eller steriliseringsformål, vil denne flokkulering ske som følge af denaturering af det protein, der holder olie-vanddråberne sammen. Opløseligheden er også en afgørende faktor for proteinets emulsionskapacitet. Uopløselige proteiner er som regel ikke gode emulgatorer.

I projektet blev proteinernes emulsionsevne målt i et simpelt system med olie og forskelligt bufrede pH-niveauer. Emulsionskapacitetsmålingen ved stuetemperatur, forskellige pH-niveauer og efter brug af mekanisk højhastighedsmikser, Ultra Turrax, viste en generel god emulgeringsevne og stabilitet af emulgeringen af de testede sojaproteiner.



Figur 6. Resultat af test for emulgeringskapacitet og -stabilitet ved forskellig pH (gennemsnit \pm standardafvigelse) af proteinpulver fra sidestrøm og to kommercielle sojaproteiner. Der er anvendt 50 mM citronsyre/ natriumcitrat buffer ved pH 4,0, pH 4,5, pH 7,0 samt demineraliseret vand (ingen pH indstilling).

Proteinet isoleret fra sidestrømmen dannede ret hårde emulsioner i det testede pH område (4-7). De to kommercielle sojaproteiner var meget forskellige. Kommercielt sojaprotein 1 viste bløde emulgeringer med lavere stabilitet ved pH 4 og pH 4,5 til sammenligning viste kommercielt sojaprotein 2 god emulsionskapacitet og stabilitet ved lave pH op til pH 4 (figur 6). Emulsionen dannet ved pH 4,5 var ikke stabil, men ved pH 7,0 var der både god kapacitet og stabilitet. Det iso-elektriske punkt for de fleste proteiner i soja er omkring pH 4,8, hvor proteinet har en nettoladning på nul. Når nettoladningen er neutraliseret, vil det også som forventet være omkring den pH-værdi, hvor sojaproteinernes emulsioner er ustabile.

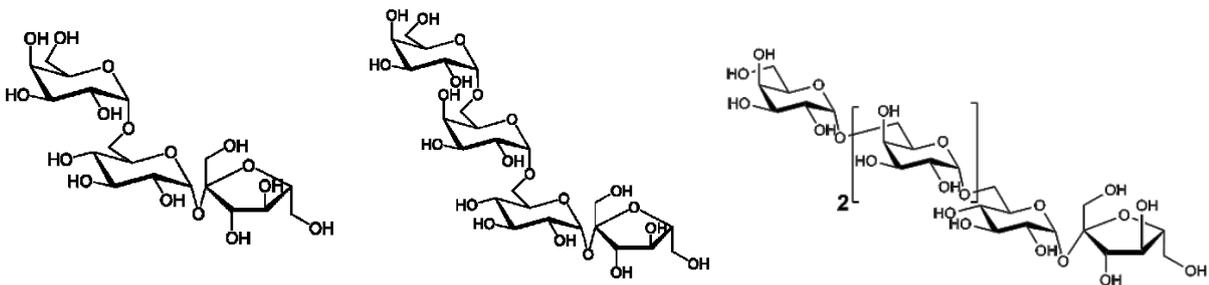
4.4 Konklusion

Det opløselige proteinprodukt oprenset fra sidestrømmen har vist sig at have en høj renhedsprocent og god fødevarer kvalitet, der på flere parametre er sammenlignelige med kommercielle, opløselige sojaproteiner til fødevarer.

5. Højværdifibre

Sojabønner indeholder forskellige typer af kulhydrater. Generelt indeholder sojabønner mellem 30-35 % kulhydrater med omkring 20 % kostfibre. Kulhydraterne er primært lavmolekylære sukre som raffinose, stachyose og verbaskose.

Raffinose består af 3 sukre sat sammen. Det er enheder af galaktose, glukose og fruktose. I oprenset form bruges raffinose bl.a. til at organtransportvæske. Prisen for ren raffinose er derfor høj og alt efter kvaliteten op til 200 EUR/kg.



Figur 7. Raffinose, stachyose, verbaskose

Stachyose og verbaskose har kemiske ligheder med raffinose, da disse er forlænget med 1 og 2 galaktose enheder. Alle tre kulhydrater tilhører klassen af oligosakkarider, der er kendetegnet ved at bestå af mellem 2 og 10 sukkerenheder sat sammen. Stachyose består af 4 sukkerenheder: to galaktoser-, én glukose- og én fruktoseenheder sat sammen. Verbaskose er 5 sukkerenheder med tre galaktoser, én glukose og én fruktose.

Den kemiske binding mellem galactosenhederne til glucose og fruktose enheden i disse tre oligosakkarider har betydning for menneskers manglende evne til at nedbryde disse sukre i fordøjelsen. Mennesker producerer ikke nedbrydningsenzymet α -galactosidase, så oligosakkariderne passerer fordøjelseskanaalen og ender i tarmen, hvor sukrene fermenteres af forskellige mikroorganismer. Indtag i større mængder kan forårsage en større fermentering med dannelse af luft i tarmen (flatulens). Sojabønner har i flere studier vist sig at give næring til tyktarmens gavnlige bakterier, så de kan udkonkurrere de mindre gode (prebiotisk effekter) (Hayakawa et al, 1990).

Kostfibre består typisk af mere end ti sukkerenheder sat sammen. Kostfibre er flere grupper af forskellige langkædede sukre, af hvilke de vigtigste grupper er cellulose, hemicellulose og pektin. Kostfibre kan ikke nedbrydes af enzymer i tyndtarmen hos mennesker og er dermed resistent overfor fordøjelse. De bliver ligesom oligosakkariderne fermenteret i tyktarmen. Kostfibrener ernæringsmæssige effekter er derfor tæt knyttet til fordøjelsesprocesserne i tarmkanalen. Indtagelse af kostfibre fremmer mange gavnlige fysiologiske virkninger, herunder stimulering af den mikrobielle vækst i tarmen, kolesterol- og blodsukker sænkende virkninger. Kostfibrene i sojabønner består dels af en uopløselig fraktion og en vandopløselig del. Opløselige og uopløselige samt blandinger af kostfibre fra soja findes kommercielt på marked fra mange forskellige producenter. De finder anvendelse indenfor forskellige fødevarer applikationer bl.a. klinisk ernæring,

lankemidler, bageri og ekstruderet snacks. De opløselige fibre er specielt interessante, da de kan danne geler med vand og vil være stærkt vandbindende.

5.1 Oligosakkarider

Indholdet af oligosachharider (samlet indhold af stacchyoese, raffinose, sucrose) i ny sidestrøm og forbedret sidestrøm blev målt til henholdsvis at være 110 µmol/g og 150 µmol/g.

5.2 Kostfibre

Kostfibrene fundet i melassen fra sidestrømmen er overvejende opløselige fibre og indeholder ikke uopløselige komponenter som cellulose. Der var ca. 6-7 % kostfibre i melassen, og den består overvejende af polysakkaridet arabinogalaktan i forholdet 1:2. Undervejs i projektet, hvor protein trækkes ud af melassen ændres melassens indhold af kostfibre i mindre grad. Indholdet af kostfibre falder fra 6,71 til 6,05 % af tørstof, efter protein er trukket ud.

Tabel 6. Kostfiberindhold i melassen. Indhold opgivet som % af tørstof.

	% rha	% fuc	% ara	% xyl	% man	% gal	% glu	Total
Melasse	ID	0,30±0,03	1,92±0,11	0,67±0,06	ID	3,82±0,11	ID	6,71±0,28
Melasse efter protein	0,57±0,05	0,21±0,02	1,50±0,05	0,52±0,02	ID	2,96±0,14	0,30±0,06	6,05±0,26

Rha: rhamnose, Fuc: fukose, Ara: arabinose, Xyl: xylose, Man: mannose, Gal: galaktose, Glu: glukose.

Total: sum af neutrale sukre. ID, ikke detekteret

5.3 Konklusion

Sidestrømmen fra IGM BioProcessing indeholder nogen meget interessante opløselige fibre, der kan oprenses selvstændigt eller sammen med en proteinfraktion (se 3.1). Oligosakkarid indholdet er lavt, men kan være interessant som prebiotika.

6. Mineraler

Sidestrømmen i IGM BioProcessing indeholder en del mineraler, da proteinkoncentratet fra processen har et lavere askeindhold end andre kommercielle sojaproteinkoncentrater. Mineraller bruges som kosttilskudsprodukter både for mennesker og dyr eller til f.eks. jordforbedring på dyrkningsarealer. For at kunne isolere mineralerne fra sidestrømmen ønskes det derfor at få afklaret, hvordan sammensætningen, kvaliteten etc. ser ud. Med den nuværende produktion vil der kunne fremstilles 10.000 tons tør mineralblanding årligt.

6.1 Mineralkomposition i sidestrøm

Der er målt på relevante mineraler såsom natrium, kalium, magnesium, jern, mangan, zink, calcium, kobber, svovl, fosfor og arsen i råvaren (sojaskrå) og i de fremkomne sidestrømmen. En analyse af disse stoffer kan bidrage til at give et overblik over, hvilke komponenter der primært følger proteinfraktionerne.

Tabel 7. Mineraller med øget indhold baseret på tørstof fra råvare til sidestrøm

	% indhold på tørstofbasis			
	Råvare	Sidestrøm	Ny Sidestrøm	Forbedret sidestrøm
Kalium	2,6	5,5	5,3	4,5
Magnesium	0,36	0,62	0,72	0,61
Zink	0,0057	0,0087	0,010	0,0082
Mangan	0,0059	0,0087	0,010	0,0077

Den største stigning i indhold af mineraler, der findes i sidestrømmen i forhold til indholdet i råvaren, stammer fra natrium, der tilsættes som proceshjælpemiddel i produktionen af proteinprodukterne. Indholdet i soja råvaren er 0,01 %, og det stiger til ca. 7 % i de analyserede sidestrømsprodukter. Kaliumindholdet baseret på tørstofvægt stiger markant i sidestrømmen i forhold til, hvad det udgør i sojaråvaren. Det samme gælder for magnesium, således at de procentvis næsten fordobles i sidestrømmen i forhold til råvaren. Zink og mangan øges også procentvis i sidestrømmen i forhold til deres indhold i sojaråvaren.

Tabel 8. Mineraller der primært stammer fra tilsætning som proceshjælpemidler

Derimod er calciumniveauet kun let forhøjet i sidestrømmen i forhold til sojaråvaren.

	% indhold på tørstofbasis			
	Råvare	Sidestrøm	Ny Sidestrøm	Forbedret sidestrøm
Natrium	0,011	7,4	6,7	6,9
Svovl	-	5,4	5,0	4,7

Fosfor- og jernindholdet er imidlertid reduceret i sidestrømmen i forhold til procentindholdet i sojaråvaren.

Det er forventeligt, at der vil være en stigning i det generelle askeindhold i restfraktionen efter separation af proteinfraktionen, der udgør hovedproduktet. I en (urealistisk) tænkt

situation, hvor mineralerne ikke har nogen interaktion eller præferens for de enkelte komponenter i sojaråvaren, ville effekten af fjernelse af protein således afstedkomme en stigning i mineralindholdet for hver komponent med en faktor 1,6. Effekten på kalium og magnesium er større, hvilket kan forklares ved, at tilsætningen af natriumsalte i processen kan tænkes at bewirke en større grad af udvaskning fra proteinfraktionen af netop disse mineraler. Fosfor ser udbyttmæssigt ud til at fordeles næsten ligeligt mellem proteinfraktionen og sidestrømfractionen. Det er muligt at reducere fosforindholdet yderligere i sidestrømmen, hvilket er vist med den forbedrede sidestrøm, hvor yderligere protein er fjernet fra sidestrømmen. Dette giver omtrent 20 % lavere indhold af fosfor i den forbedrede sidestrøm i forhold til den originale sidestrøm, og niveauet af fosfor udgør 0,32 % af sidestrømmens tørstof. Jern og calcium følger også delvist proteinfraktionerne, hvorfor der ses en nedgang i det procentvise indhold af disse i den forbedrede sidestrømsfraktion i forhold til den originale sidestrømsfraktion.

6.2 Konklusion

Samlet set er effekten af procesbehandlingen af askeindholdet ca. 4 x forøget i sidestrømmen i forhold til sojaråvaren. Halvdelen af denne forøgelse kommer fra proceshjælpemidler.

Et regulært mineralprodukt er ikke fremstillet i projektet, men det stærkt forøgede mineral/askeindhold, der er opnået i sidestrømmen, indikerer, at det er muligt at fremstille et mineralprodukt egnet til gødning. På markedet findes der gødningstyper, der indeholder P:K:S i forholdet 2:9:7, hvor forholdet i den forbedrede sidestrøm er 0,32:4,5:4,7.

7. Konklusion

Det var projektets mål at undersøge muligheden for at udnytte sidestrømmen fra soja-proteinkoncentratfremstillingen ved TripleA. Projektet har anvist oprensningmuligheder og karakteriseret de fremkomne produkter. Det er således muligt at fremstille opløselige proteiner og fibre, der har stort potentiale i nye sundhedsfremmende drikbare produkter. Den tilbageblivende sidestrøm har en mineralsammensætning, der gør den egnet til jordforbedringsmiddel. Mulighederne vil indgå i TripleAs fremtidige investeringsplan.

En stor sidegevinst ved projektet er de umiddelbare effektiviseringsmuligheder pilotforsøgene har anvist. Der er således allerede implementeret forbedringer i den nuværende produktion, der har øget effektiviteten i udnyttelse af råvaren med 10 % samt øget vandgenindvindingen med 25 %.

8. Referencer

- Hayakawa et al, 1990: Effects of Soybean Oligosaccharides on Human Faecal Flora.
- K. Hayakawa, j. Mizutanit, k. Wada, t. Masai, i. Yoshiharat and t. Mitsuoka, microbial ecology in health and disease vol. 3: 293-303 (1990)
- Soyatech: <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/soy-protein-ingredients.asp>
- Marketsandmarkets: <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/soy-protein-ingredients.asp>
- Jideani, V.A., (2011). Functional properties of Soyabean food ingredients in food systems, InTechOpen, Published on: 2011-04-26
- Ahmedna et al. (1999). Solubilized wheat protein isolate: functional properties and potential food applications. J Agric Food Chem. 1999 Apr;47(4):1340-5.
- Kinsella, J. E. (1984). Milk proteins: Physicochemical and functional properties. CRC Critical Review on Food and Science Nutrition, 21, 197–262.
- Perkins EG (1995) Composition of soybeans and soybean products. In: Erickson DR (ed)
- Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization. AOCS press, Champaign, IL. pp 9-29

Bilag 1. Artikel fra Plus Proces

■ Vand og energibesparelser

Store vand- og energibesparelser ved udnyttelse af sidestrøm

Teknologisk nytænkning giver en grøn og bæredygtig udnyttelse af råvaren - hertil kommer store energi- og vandbesparelser. Ny metode giver også mulighed for oprensning af flere højværdiingredienser fra protein sidestrøm.

Af Karin Loft Eybye, Teknologisk Institut, lektor Keld Ejdrup Markedal, lektor Jens Christian Sørensen, Institut for Fødevarer-videnskab, Københavns Universitet og Marianne Madsen, TripleA

Med udgangspunkt i ny miljøvenlig, ressourceeffektiv og bæredygtig oprensningsteknik har projektet "Teknologifklaring ved oprensning af højværdi ingredienser fra sidestrøm" under Miljøstyrelsen afklaret de teknologiske udfordringer ved at udnytte sidestrømmen fra eksisterende proteinproduktion hos virksomheden TripleA i Hornslyd. TripleA producerer protein koncentrat fra bl.a. soja.

I dag er den primære kilde til protein koncentrat til foder udvundet af soja. For at imødekomme en stigende efterspørgsel uden yderligere import er det vigtigt at kunne udnytte råvarerne optimalt. En del af sidestrømmen fra proteinproduktionen hos TripleA blev tidligere ikke udnyttet men sendt til biogas. Sidestrømmen indeholder potentielle højværdiprodukter, som bl.a. opløselige proteiner og fibre samt forskellige mineraler.

På den baggrund har forskere og specialister fra Institut for Fødevarer-videnskab, Københavns Universitet, Teknologisk Institut samt TripleA de sidste par år arbejdet sammen i et forskningsprojekt om de faglige og teknologiske udfordringer for oprensningen af de forskellige værdifulde komponenter fra sidestrømmen uden at påvirke de eksisterende produkters kvalitet.

Innovative løsninger

Med innovative løsninger, hvor kendte teknologier kombineres til en mere miljø- og ressourceeffektiv løsning, kan

der opnås både energi- og vandbesparelse i produktionen. Vandig ekstraktion af planteproteiner kan give et højt vandforbrug og resultere i foreget udledning af næringsstoffer som kvælstof fra produktionen. Den procesopsætning TripleA benytter til produktion af sojaprotein medfører en udvaskning af ca. 30% af råvarens tørstof. Projektet har afklaret muligheden for at procesoptimere de enkelte enhedsoperationer, hvorved udbyttet forbedres og der samtidig skabes mulighed for en øget genanvendelse af vand.

” Projektet har resulteret i en foreget effektivitet på 10% samt et reduceret vandforbrug på 25% “

Øget effektivitet - og nye muligheder

Projektet har eftervist en skånsom og miljøbevidst tilretning af procesflowet, der fremadrettet gør det muligt at oprense flere fraktioner fra sidestrømmen med en god kvalitet. I pilotskala forsøg på KU-FOOD er vandbindende stoffer som fibre og vandopløselige proteiner blevet oprenset fra sidestrømmen og der er derved opnået en betydelig højere effektivitet på inddampningstrinnet. Separationen af de forskellige indholdsstoffer er ligeledes finjusteret og giver samlet set et større udbytte. Dette har yderligere gjort det muligt at oprense en større del af det anvendte procesvand, der derved kan indgå i processen igen. Projektet har resulteret i

en foreget effektivitet på 10% samt et reduceret vandforbrug på 25%. Den højere effektivitet til genanvendelse af vandet har desuden givet en anden sammensætning af den tilbageværende sidestrøm. Restproduktet er således koncentreret og volumenet reduceret med 35%, hvilket giver en væsentlig CO₂-besparelse i forhold til miljøtung fragt. Resultatet er værdioptimering med en øget bæredygtig råvareudnyttelse.

Projektet - FAKTA

Projektet "Teknologifklaring ved oprensning af højværdiingredienser fra sidestrøm" er bevilliget af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDF) under Miljøstyrelsen. Projektperiode: 01/04/2014 til 28/02/2017. Partner: TripleA, Ingredients and Dairy Technology - Institut for Fødevarer-videnskab - KU og Center for Fødevarer- og Miljøteknologisk Institut.

Høj kvalitet - stort potentiale

Nye opløselige proteinprodukter med specielle funktionelle egenskaber kan i bedste fald mangedoble prisen. Kvalitetskravene til fødevaringredienser varierer og afhænger af den endelige anvendelse. Nogle af kravene til fødevarerproteiner er eksempelvis pulverets udseende, neutral smag samt god genopløselighed. De funktionelle og kvalitetsmæssige egenskaber af proteinerne fra sidestrømmen er derfor afgørende for kvaliteten og anvendelsespotentialet. De opløselige proteiner oprenset fra sidestrømmen har vist sig at have en god fødevarer kvalitet og er på flere parametre sammenlignelige med andre kommercielle opløselige sojaproteiner til fødevarer. Resultaterne af projektet viste, at der kan oprenses proteiner fra sidestrømmen med en lys pulverfarve og med gode genopløseligheder.

Flere oplysninger kan fås ved henvendelse til Marianne Madsen, mhm@triple-a.dk, tlf. 60 11 13 61.

Teknologi afklaring ved oprensning af højværdi ingredienser fra sidestrømme

Stor vand- og energibesparelse ved udnyttelse af sidestrøm

Med innovative løsninger, hvor kendte teknologier kombineres til en mere miljø- og ressourceeffektiv løsning, kan der opnås både energi- og vandbesparelse i produktionen af sojaproteinkoncentrat. Produktionen af plante proteiner har ofte et højt vandforbrug og resulterer i forøget udledning af næringsstoffer som kvælstof fra produktionen. TripleA producerer sojaproteinkoncentrat med en patenteret vandbaseret metode, IGM BioProcessing, udviklet af forskere ved Københavns Universitet. Trods mange optimeringer medfører produktionen en udvaskning af mere end 35 % af råvarens tørstof. Projektet 'Teknologi afklaring ved oprensning af højværdi ingredienser fra sidestrøm' har afklaret muligheden for at procesoptimere de enkelte enhedsoperationer, hvorved udbyttet forbedres, og der samtidig skabes mulighed for en øget genanvendelse af vand.

Øget effektivitet - nye muligheder

Projektet har eftervist en skånsom og miljøbevidst tilretning af proces flowet, der fremadrettet gør det muligt at oprense flere fraktioner fra sidestrømmen med en god kvalitet. I pilotskalaforsøg har forskerne fra Københavns Universitet oprenset vandbindende stoffer som fibre og vandopløselige proteiner fra sidestrømmen, og der er derved opnået en betydelig højere effektivitet på inddampningstrinnet (vandgenindvinding). Separationen af de forskellige indholdsstoffer er ligeledes finjusteret og giver samlet set et større udbytte. De isolerede fraktioner er blevet karakteriseret ved Teknologisk Institut og viser stort potentiale til drikbare fødevarer. De meget interessante resultater vil indgå i TripleA's fremadrettede investeringsplan, således at alle højværdiprodukter på sigt vil blive sat i produktion og markedsført.

Den anviste effektiviseringsmulighed har gjort det muligt at oprense en større del af det anvendte procesvand, der derved kan indgå i processen igen. Projektet har på fabriksniveau resulteret i en forøget effektivitet på 10 % samt et reduceret vandforbrug på 25 %. Den højere effektivitet til genanvendelse af vandet har desuden givet en anden sammensætning af den tilbageværende sidestrøm. Restproduktet er således koncentreret og volumenet reduceret med 35 %, hvilket giver en væsentligt CO₂-besparelse i forhold til miljøtung fragt. Resultatet er værdioptimering med en øget bæredygtig råvareudnyttelse.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk