



KLID

Test af potentialerne for bioraffinering af restfraktionen klid fra mølning af alm. hvede, ølandshvede og spelt hos Samsø Mel



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Minor
Change Group

SAMSO MEL

KLID

Test af potentialerne for bioraffinering af restfraktionen klid fra mølning af alm. hvede, ølandshvede og spelt hos Samsø Mel



midt
regionmidtjylland

Udarbejdet som del af Region Midtjyllands
Udviklingsprogram for Bioøkonomi

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 3
2630 Taastrup
Træ og Biomaterialer
www.teknologisk.dk

I samarbejde med:

Minor Change Group og Samsø Mel

29. marts 2019

Forfattere: Nikolaj From (TI) og Niels Mikkelsen (MCG)



Indholdsfortegnelse

Resumé	1
Baggrund for projektet.....	1
Karakteristik af klid – interessante stoffer	2
Fase 1 – strategi for nyttiggørelse af restfraktioner fra Samsø Mel.....	3
Fase 2 – Resultater	4
Fase 3 – Marked og forretningspotentialer	9

- Referencer

- Bilag 1 – Næringsdeklaration for de tre typer klid

- Bilag 2 – Vådfraktionering laboratorieproces

- Bilag 3 – Pilotforsøg

- Bilag 4 – Aminosyresammensætning PAX

- Bilag 5 – Næringsdeklaration PAX

- Bilag 6 – Estimering af forretningspotentiale ved raffinering af klid



Nærværende rapport er en sammenfatning af resultater fra projektet KLID – et forprojekt til kortlægning af nye biobaserede værdikæder i regi af Region Midtjyllands Udviklingsprogram for Bioøkonomi. I projektet har Teknologisk Institut stået for analyser og procesudvikling, Minor Change Group for undersøgelse af markeder og forretningsmodeller, og Samsø Mel for levering af data og råmaterialer.

Resumé

Omtrent 15% af det brødkorn, der males, bliver aldrig til mel nemlig de indre skaldele, der sigtes fra som klid. I Danmark alene udgør det ca. 40.000 tons om året. Hvedeklid anvendes som et lavværdi-produkt primært som tilsætning til foder samt i mindre udstrækning i fødevarer. Kliddet er imidlertid rigt på bl.a. protein og kostfibre. Som klid, der forefindes i form af et groft fiber-restprodukt, udgør det dog ikke et interessant produkt til brug i fødevarer, og det opnår derfor kun en beskeden værdi. Værdien kan øges ved at bioraffinere kliddet - altså skille materialet ad i dets bestanddele, så der skabes forskellige fraktioner med øget indhold af bestemte komponenter fra kliddet. Indledende analyser af forskellige typer hvedeklid fra Samsø Mel bekræftede både relativt høje koncentrationer af protein, og bl.a. også forekomst af kostfiberen arabinoxylan (AX), som har interessante sundhedsfremmende egenskaber. En proces til bioraffinering af alm. hvedeklid blev designet. Gennem bl.a. enzymatisk hydrolyse, centrifugering og ultrafiltrering var målet at skabe et produkt med et højt indhold af både protein og AX, som vi vælger at kalde "PAX". PAX vil være kommercielt interessant på markedet for proteinkoncentrater i kraft af den sundhedsfremmende effekt. Udover PAX, som er hovedproduktet, skabes et uopløseligt fiberprodukt samt en sukkerholdig restvæske, der kan inddampes til en sirup. Processen blev testet på pilotskala (92 kg klid til 608 L vand) og viste sig som udgangspunkt funktionel dog med forholdsvist lave udbytter af protein og AX. Værdifulde erfaringer fra processeringen gav anledning til videreudvikling af processen med henblik på at optimere sammensætning og udbytte af PAX. Med afsæt i sammensætning samt funktionelle egenskaber af PAX blev en foreløbig beregning af forretningspotentialet udarbejdet. Denne indikerer, at der med PAX produktet kan etableres en ganske fornuftig forretning. Kan AX isoleres yderligere, kan der desuden produceres et højværdi kosttilskudsprodukt, som kan anvendes terapeutisk i forbindelse med sygdomsbehandling. Det kræver imidlertid yderligere forskning og udvikling at dokumentere dennes effekt og dermed realisere det enorme forretningsmæssige potentiale, der ligger i et sådant produkt.

Det blev desuden testet om den nuværende sigteproces hos Samsø Mel kunne optimeres for at øge udbyttet af mel. Det viste sig muligt ved simple tiltag at optimere sigtningen, således at 23% af klidmassen bliver til mel, hvormed den årlige melproduktion kan øges med omkring 3 tons. Denne optimering er efterfølgende blevet implementeret hos Samsø Mel.

Baggrund for projektet

I regi af Samsø Kommunes projekt, Biosamfund Samsø (støttet af Velux fonden), har Samsø Mel arbejdet mod at tage skridtet videre fra økologisk drift til cirkulær drift. Udover at dyrke kornet efter principper om regenerering af de ressourcer, som anvendes ved produktionen af kornet, har de fokus på at få optimal værdi ud af det dyrkede korn. Herunder også at udnytte reststrømmene. Det vil især sige klid, som sigtes fra i større eller mindre grad efter maling af kornet afhængig af, hvor fint eller groft melet skal være. En betydelig del af kliddet bliver i dag anvendt i dyrefoder og en mindre del i fødevarer og diverse kosttilskudsprodukter. Men en stor del bliver imidlertid blot behandlet som bioaffald og ført tilbage til marken som gødning eller brændt af i biomassefy. Det er tilfældet for Samsø Mel. Det



er en meget ringe udnyttelse af en potentiel værdifuld ressource. Der blev udført en foranalyse af to typer hvedeklid fra Samsø Med med fokus på hhv. protein og kulhydrater (syrehydrolyseret). Resultaterne fremgår af Tabel 1. De to typer klid minder har begge et relativt højt indhold af protein, som stammer fra frøets perikarp/testa og aleuron. Det kan forventes, at en stor del af proteinet i denne fraktion består af essentielle aminosyrer. Herudover afspejler det høje indhold af glucose, xylose og arabinose at indholdet af kostfibre er højt. Xylose og arabinose indgår i fiberen arabinoxylan, mens glucose må forventes at stamme hovedsageligt fra cellulose samt en mindre del fra β -glukaner og stivelse. Udover de analyserede stoffer kan det være interessant at kigge på lipider samt mindre bestanddele som phenoler (fx ferulinsyre), steroler mv., som kan opnå høj værdi selv i meget små mængder.

Tabel 1. Resultat af foranalyse

Prøve	Protein (% af TS)	Kulhydrater (% af TS)				
		Glucose	Xylose	Galactose	Fructose	Arabinose+Mannose
Spelt klid	12.0	29.7	21.7	2.1	0.7	7.1
Øland klid	14.7	47.8	14.7	1.0	0.9	8.8

Hvis der kan findes en rentabel metode til udvinding af værdifulde stoffer i kliddet, vil der være basis for en interessant forretning. Opgaven i KLID-projektet var således at få dette forretningspotentiale belyst og foldet ud. Det skete gennem en proces i tre faser:

- 1) Udpegning af interessante indholdsstoffer + kortlægning af kvantitet og kvalitet
- 2) Testraffinerings af klid fra Samsø Mel i pilot skala mht. udvinding af kommercielt interessante stoffer
- 3) Markedsundersøgelse og beregning af forretningspotentiale

Karakteristik af klid – interessante stoffer

Kliddets indhold af protein stammer fra frøets perikarp/testa og aleuron, da størstedelen af frøets kim ender i melet i en traditionel stenmølle. Det kan forventes, at en stor del af proteinet i denne fraktion består af essentielle aminosyrer. Herudover afspejler det høje indhold af glucose, xylose og arabinose, at indholdet af kostfibre er højt. Xylose og arabinose indgår i fiberen arabinoxylan, mens glucose må forventes at stamme hovedsageligt fra cellulose samt en mindre del fra β -glukaner, stivelse og monosakkarider.

På denne baggrund vurderes det relevant at undersøge, hvor effektivt proteinerne kan ekstraheres. Dette bør ske så skånsomt som muligt evt. ved brug af enzymer, så proteinernes funktionalitet bevares. Dette kan forventes at munde ud i et eller flere værdifulde proteinprodukter til fødevarer anvendelse. Derudover er det høje indhold af kostfiberen arabinoxylan værd at fokusere på, da denne kostfiber anses som særdeles sundhedsfremmende. Afhængig af størrelsen af disse fibre, og strukturen de er bundet i, vil en del kunne ekstraheres som opløselige kostfibre, mens den resterende del vil findes som uopløselige kostfibre. Begge produkter har en værdi inden for fødevarer anvendelse.

Det kan yderligere være interessant at kigge på lipider samt mindre bestanddele som phenoler (fx ferulinsyre), steroler mv., som kan opnå høj værdi selv i meget små mængder.



Fase 1 – strategi for nyttiggørelse af restfraktioner fra Samsø Mel

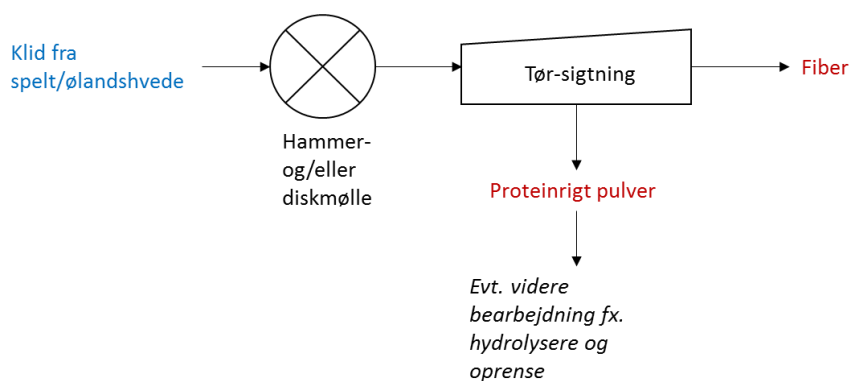
Foranalyser af klidfraktioner fra Samsø Mel viste, at indholdet af protein og arabinoxylan var højt i klidfraktionerne fra spelt og ølandshvede. Protein udgjorde således 12-15% af kliddets tørstof, mens arabinoxylan viste sig at udgøre op mod 30%.

På baggrund af det høje indhold af protein og arabinoxylan blev fokus rettet mod at skabe produkter med højt indhold af disse stoffer. Der blev opstillet tre strategier for at øge nyttiggørelsen af kliddet:

- 1) Direkte anvendelse
- 2) Tørfractionering
- 3) Vådfraktionering

Først og fremmest var det mest oplagte at undersøge potentialet for at skabe en forretning baseret på kliddet uden yderligere raffinering.

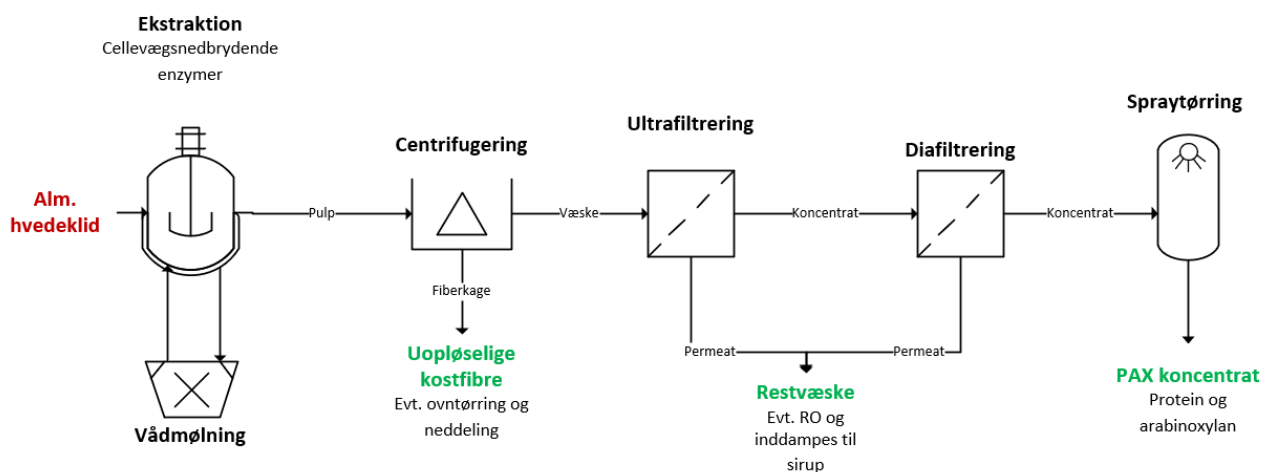
Der blev derfor testet en simpel tørfractioneringsproces, der vil være mulig at implementere on-site hos Samsø Mel og andre mindre melproducenter, se proces i Figur 1. Processen bestod af mekanisk neddeling af klid efterfulgt af tør ryste-sigtning. I denne forbindelse viste det sig yderligere relevant at klarlægge et evt. optimeringspotentiale af den anvendte sigteproces hos Samsø Mel, hvor klid sigtes fra mel.



Figur 1. Proces flowdiagram for simpel tørfractionering

Den simple tørfractionering forventedes at resultere i to produkter til fødevarer-anvendelse – et fiberprodukt samt et proteinrigt pulver til evt. videre forarbejdning.

Dernæst blev der på basis af laboratorieskala-forsøg designet en vådfractioneringsstrategi til test i pilotskala, se proces i Figur 2. Processen bestod af vådfornaling og enzymatisk hydrolysning af kliddet efterfulgt af centrifugering, ultra- og diafiltrering og spraytørring.



Figur 2. Proces flow iagram for avanceret vådfractionering

Det blev besluttet at anvende alm. hvedeklid, da denne fraktion udgør størstedelen af kliddet hos Samsø Mel samt nationalt. Da vådfractioneringsprocessen er mere avanceret og bekostelig anses den ikke for direkte implementerbar hos Samsø Mel og andre små melproducenter. Derimod er perspektivet at undersøge, om der er potentiale for et større centralt anlæg, som kan modtage klid fra adskillige bedrifter.

Ved den avancerede vådfractionering blev det efterstræbt at skabe tre produkter til anvendelse inden for fødevarer med hovedfokus på et Protein- og Arabinoxylanrigt koncentrat, som vi i dette projekt har valgt at benævne PAX. Herudover en fraktion af uopløselige fibre og en restvæske, som kan inddampes til en sirup.

Fase 2 – Resultater

2.1 Direkte anvendelse

Sammensætningen af de tre typer klid fra Samsø Mel blev analyseret med henblik på at vurdere potentialet som fødevarer og sammenligne, se næringsdeklarationer i Bilag 1. Som det fremgår er kliddet i sig selv en fødevarer med et højt indhold af kostfibre på 33-45 g/100 g samt et proteinindhold på 12-13 g/100 g. Spelt viser et betragteligt højere kostfiberindhold sammenlignet med de to andre klidtyper, hvilket sandsynligvis skyldes, at sigteprocessen hos Samsø Mel har varieret. På baggrund af den kemiske sammensætning sælges klid i nogen grad i dagligvarebutikker som tilsætning til bagværk for at øge fiberindhold.

2.2 Optimeret sigtning

Indledende forsøg antydede, at der var en betragtelig mængde mel tilbage i kliddet, efter at kornet var blevet møllet og sigtet hos Samsø Mel. På baggrund af denne observation blev det indledningsvist testet, hvorvidt yderligere sigtning af alm. hvedeklid kunne give et højere meludbytte.

Samsø Mel sigter kliddet fra med en soldstørrelse på 250 µm. Ved optimeringsforsøget på Teknologisk Institut blev benyttet en rystesigte med soldstørrelse på 200 µm. Ved grundig sigtning viste det sig mulig at frasigte 22.65% af klidmassen som mel. Ved den nuværende produktion af klid hos Samsø



mel på 10-15 tons kan der derfor forventes en produktion på 3 tons mel mere ved en optimeret sigteproces. Det bør som udgangspunkt tilstræbes at maksimere produktionen af mel, da dette er den lavest hængende frugt ift. at øge nyttiggørelse og indtjening. Samsø Mel vil på denne baggrund vurdere, om det er praktisk muligt, og om kvaliteten af melet er tilfredsstillende.

2.3 Simpel tørfraktionering

Den mest simple tilgang til at fraktionere en biomasse bør som udgangspunkt altid testes, inden der udvikles mere avancerede strategier. Således blev en simpel tørraffineringsstrategi designet for at undersøge muligheden for at skabe et beriget proteinprodukt gennem simpel mekanisk behandling og sigtning.

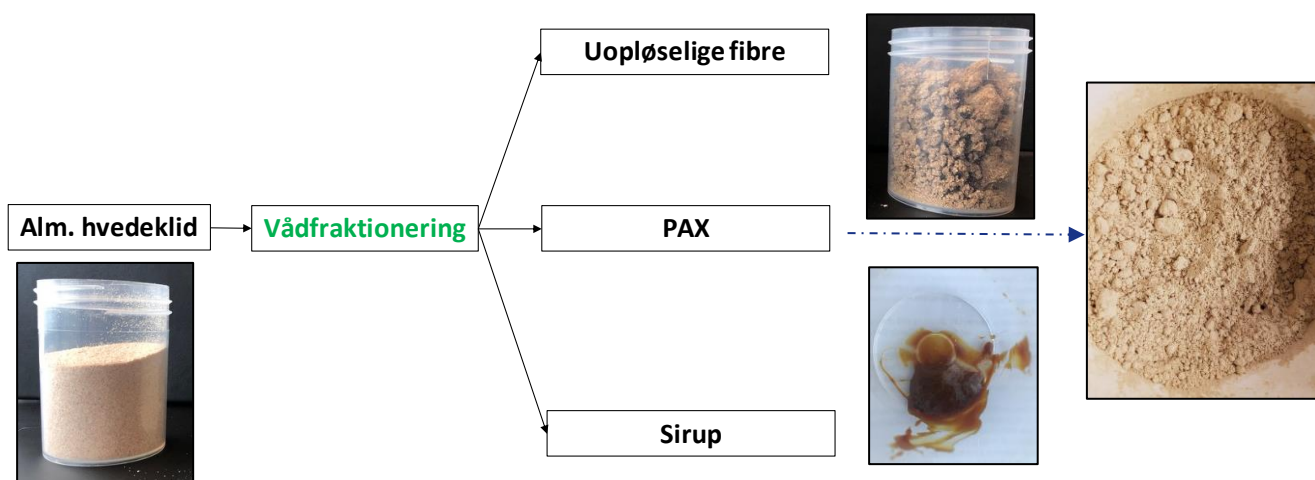
Under dette forsøg blev der benyttet alm. Hvedekliid, som havde været gennem den optimerede sigtning (afsnit 2.2), som derfor er fattigere på mel/stivelse end udgangsmaterialet. Kliddet blev mekanisk neddelt i en laboratoriecentrifugemølle (kan sammenlignes med en hammermølle) med et sold på 500 µm og efterfølgende sigtet ved 200 µm, se Bilag 3. Det viste sig, at 30% af kliddet passerede gennem sigten som et fint "klid pulver", og 70% blev holdt tilbage som "grov klid". Mens udgangsmaterialet havde en proteinkoncentration på 11.7% havde 'klidpulver' en lidt øget koncentration på 13.3%, mens proteinindholdet i 'grov klid' var reduceret til 9.8 %. Dette resulterede i, at 34% af det oprindelige protein endte i klidpulveret. Sammenholdt med den forholdsvist lave proteinkoncentration vurderes det ikke relevant at arbejde videre med denne proces. Mere avancerede tørfraktioneringsanlæg kan testes, men det tyder dog på, at proteinet er tæt associeret med fiberstrukturen og derfor ikke kan frasepareres mekanisk under tørre forhold.

2.4 Avanceret vådfractionering

2.4.1 Processer og massebalance

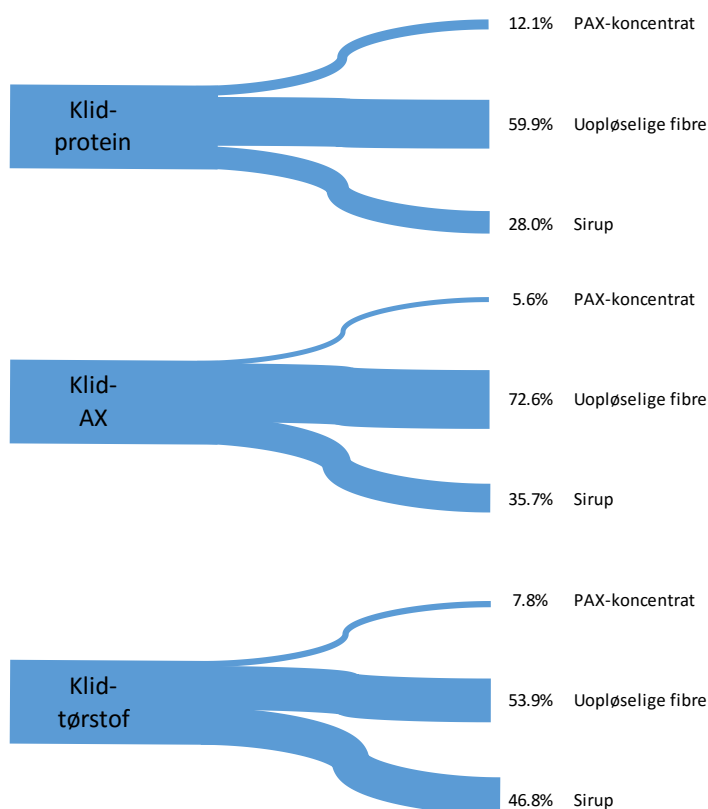
Indledende laboratorieforsøg indikerede, at det var muligt at opløse omtrent halvdelen af kliddets protein i vand ved tilsætning af cellevægsnedbrydende enzymer og justering af pH. Det viste sig muligt at oprense ca. 10% af det oprindelige protein ved isoelektrisk udfældning og centrifugering, se proces i Bilag 2. Under efterfølgende opskalering blev det derfor besluttet at filtrere proteinet fra i opløst og nativ form, for således at oprense en større andel af det oprindelige protein.

Analyse af proteinsammensætningen i væsken viste at fordele sig i størrelsesspektret 5-200 kDa. På baggrund af disse resultater blev det besluttet at benytte ultrafiltrering (UF) ved opskalering til pilot-skala med en spiralmembran med porestørrelsen 5 kDa. Pilotforsøget blev udført med 92 kg alm. hvedekliid til 608 L vand jf. processen i Figur 2, se billeder i Bilag 3. I Figur 3 ses et overblik over de fraktioner der blev produceret.



Figur 3. Overblik over produkter produceret ved pilot skala vådfraktionering

Som det fremgår af massebalance for hhv. AX, protein og det totale tørstof (Figur 4), blev 8% af det totale tørstof opsamlet som PAX, mens godt halvdelen forblev uopløselige fibre og den resterende del opløst i sirupfraktionen. Samtidig blev 12% af protein og 6% AX opsamlet i PAX. Da PAX er hovedproduktet var det tilsigtet at producere den størst mulige mængde af dette og opkoncentrerede protein og arabinoxylan i denne fraktion. At en så forholdsvis beskedne del af protein, AX samt det totale tørstof i kliddet ender som PAX indikerer, at processen ikke er særligt effektiv og kræver optimering, se afsnit 2.4.4.



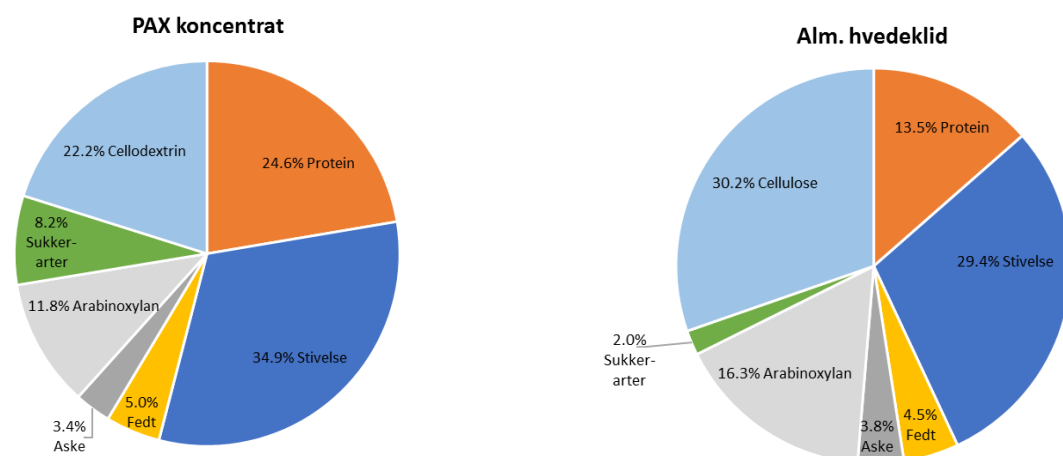
Figur 4. Massebalance for hhv. protein, AX og total tørstof ved pilot skala vådfraktionering af alm. hvedeklid.



2.4.2 Kemisk sammensætning af PAX

Sammensætning af PAX fremgår af Figur 5, hvor også den kemiske sammensætning af det ubehandlede hvedeklid kan ses til sammenligning. I Bilag 4 findes desuden aminosyresammensætningen af PAX. Der er yderligere lavet en næringsdeklaration for PAX produktet med henblik på at vurdere produktets potentiale i markedet, se Bilag 5.

Den første observation er, at kliddet består af hele 29.4% stivelse, som er hovedbestanddelen af mel, og vidner om at en betragtelig del af melet ikke er sigtet fra kliddet, som det også fremgik af sigteforsøgene (afsnit 2.2). Stivelsen er opkoncentreret i PAX til at udgøre 35%, mens cellodextrin (opløselige og delvist nedbrudte cellulosefibre) udgør 22% og sukkerarter 8%. Mens cellodextrin kan anses som en opløselig kostfiber, er stivelse og sukkerarter som udgangspunkt uønskede i PAX. Proteinkoncentrationen er 25%, mens AX udgør 12% af PAX. Samlet set indikerer sammensætningen, at processen bør forsøges optimeret yderligere, se afsnit 2.4.4.



Figur 5. Kemisk sammensætning af PAX og alm. hvedeklid. Tørstofbaseret.

2.4.3 Funktionelle egenskaber af PAX

På trods af at PAX ikke opnåede den sammensætning, der var tilsigtet (højt indhold af protein og AX), er der blevet foretaget de vigtigste analyser, som belyser dets fysiske egenskaber som tilsætning til fødevarer, se Tabel 2. Analyserne er udført af Fødevareteknologi, Teknologisk Institut. Resultaterne vil blive brugt til at vurdere markedspotentialet for PAX.

Produktet har en forholdsvis høj reopløselighed og proteinopløselighed samt en middelhøj evne til at binde vand og olie. Emulgeringsegenskaberne er ligeledes fornuftige og forholdsvist varrestabile. Disse egenskaber gør produktet anvendeligt som tilsætning i bageri- og kødprodukter. Herudover vil sensoriske egenskaber som smag, tekstur og lugt samt pulverfarve også være afgørende for applikationsanvendeligheden.



Tabel 2. Funktionelle egenskaber af PAX produktet

Funktionel egenskab	Værdi
Reopløselighed	71.0%
Proteinopløselighed (PDI)	71.0%
Kold vandbinding	1.88 g/g
Varm vandbinding	2.43 g/g
Oliebinding	0.46 g/g
Emulgeringskapacitet	208 ml/g
Emulgeringsaktivitet	60%
Emulgeringsstabilitet	53%

2.4.4 Optimering og videre arbejde

Det er ønskeligt at øge udbyttet af protein og AX i PAX (hhv. 12% og 6%) samt at øge koncentrationen af disse komponenter (hhv. 25% og 12%). Udbytteerne vil sandsynligvis kunne øges gennem optimerede enzym- og filtreringsprocesser. Det har dog vist sig vanskeligt at opløse og oprense især AX. Koncentrationen af protein og AX i PAX vil kunne øges forholdsvist simpelt gennem justering af enzymsammensætningen samt filtreringsprocessen. Ved at eliminere det høje stivelses- og sukkerindhold i PAX kan forventes en øget koncentration af protein og AX på hhv. 43% og 21%. Samlet set viser resultaterne, at processen formår at oprense en del af de ønskede komponenter, og dette grundarbejde har bidraget med værdifulde erfaringer. Det vurderes således relevant at arbejde videre med optimering af processerne for at indfri det fulde potentiale.

Den kemiske sammensætning af råmaterialet (kliddet) har selvsagt en effekt på processens effektivitet og produkternes sammensætning. Der blev foretaget analyser af alm. hvedeklid malet på Samsø Mels stenmølle efter implementering af den optimerede sigteproces (afsnit 2.2.) samt af alm. hvedeklid (økologisk) fra en valsemølle til sammenligning med det oprindelige klid som blev fraktioneret i dette projekt. Melproduktion i en industriel valsemølle er den mest udbredte metode til maling af korn og derfor væsentlig at sammenligne med.

Tabel 3. Sammenligning af indholdet af protein, stivelse og arabinoxylan i tre typer økologisk alm. hvedeklid. *Af hensyn til sammenligning er AX værdier normaliseret ift. oprindelig værdi pga. varieret analysemetode undervejs. Tørstofbaseret.

	Samsø Mel Oprindelig	Samsø Mel Optimeret sigtning	Industriel valsemølle
Protein	14.2%	15.5%	17.8%
Stivelse	27.9%	23.6%	20.8%
Arabinoxylan*	16.3%	16.9%	15.5%

Som det fremgår af resultaterne i Tabel 3, falder indholdet af stivelse i kliddet ved den optimerede sigteproces fra 27.9% til 23.6%, mens indholdet er nede på 20.8% i klid fra valsemøllen. Det viser, at bedre separering af mel og klid medfører et højere proteinindhold i kliddet på hhv. 14.2%, 15.5% og 17.8%. AX indholdet varierer ikke betydeligt. Disse observationer er interessante i sig selv, men vil sandsynligvis ikke ændre processens udbytte betydeligt.



Fase 3 – Marked og forretningspotentialer

For at få et billede af om klidraffinering vil være en interessant forretning, er der foretaget en markedsundersøgelse for hhv. nuværende produkter baseret på klid og de protein- og AX-fraktioner, der kan ekstraheres fra kliddet gennem bioraffinering. Det er blevet gennemført som en kombination af desktop research og interviews med virksomheder, der potentielt kan anvende PAX konzentratet som erstatning for nuværende proteinkoncentrater. Desuden er det blevet lavet søgninger i Danmarks Statistik på salg af hhv. klid og proteinkoncentrater og af den samlede produktion af mel for at estimere potentialet for raffinering klid.

3.1. Det nuværende marked for klid – og klidprodukter

Ifølge Danmarks Statistik blev der i 2017 solgt i alt 41.000 tons klid til en værdi af godt 53 mio. kr., dvs. 1,29 kr./kg. Tallet svarer til den mængde, der kunne forventes at være på markedet, hvis man tog udgangspunkt i, hvor meget korn der i 2017 blev formalet til mel i Danmark - 229.000 tons, hvor i gennemsnit 15% sigtes fra som klid, svarende til ca. 41.000 tons. Så mængden af klid på markedet må formodes at være realistisk. De to store industrimøller Valsemøllen i Esbjerg og Lantmännen/Havnemøllen i Vejle står for hovedparten af dette med ca. 20.000 tons hver, som de presser til piller og afsætter til foderfabrikker for ca. 1.25 kr./kg. Ifølge Valsemøllen importeres der imidlertid også en del klid til Danmark til dette formål.

3.2. Anvendelse til dyrefoder

Langt størstedelen af kliddet bliver således anvendt til foderproduktion. En stor del som stabiliserende fibrelement i foderblandinger til husdyr og en mindre del i specialfoder til heste og kæledyr. Det sidste formodentlig med en ganske god fortjeneste, da prisen på dette foder ligger på ml. 5 og 10 kr./kg i butikkerne. Salgsprisen for rent klid solgt som foder til kæledyr og heste er endda helt oppe på 40 kr./kg. Men det er et mindre nichemarked, hvor kun en lille del af den enorme mængde klid kan afsættes.

3.3. Anvendelse til fødevarer

En mindre del af kliddet på markedet bliver anvendt til fødevarer. Enten som ingrediens i forarbejdede fødevarer som f.eks. Bran morgenmadsprodukter og diverse brødprodukter – eller solgt som rent klid til brødbagning mm. og som tilsætning til mel, som i grahamsmel. Her svinger salgsprisen mellem 12 kr./kg for et standardprodukt i supermarkedet til 40 kr. for et specialprodukt i Helseforretninger. Der ligger dog en naturlig begrænsning på markedet for klid til fødevarer ved, at det er vanskeligt for mennesker at fordøje det, og at bageevnen bliver dårligere ved et højt indhold af klid i brøddejen. Derfor er der ikke mulighed for afsætning af store mængder rent klid til konsum. Pointen med at raffinere kliddet er bl.a. at gøre protein, som er bundet i kliddet, tilgængelige for det menneskelige fordøjelsessystem samt opløseliggøre de sundhedsfremmende kostfibre.

3.4. Potentiale for raffinering af klid

Selv hvis der fortsat kan afsættes en vis mængde klid til både fødevarer og foder, er der så store mængder klid tilgængelig, som pt. sælges meget billigt (0,8 – 1,25 kr./kg), at det er interessant at forædle en del af det gennem en raffineringsproces. Desuden vil restfraktionerne fra raffineringen, de uopløselige fibre og sukkerstofferne evt. efterfølgende kunne anvendes i foder- og



fødevarerproduktion. Ud fra nærværende undersøgelse udgør disse fraktioner 93% af den oprindelige klidmasse, efter at PAX koncentratet er blevet udvundet. En højere andel forventes dog at ende i PAX efter yderligere optimering.

3.5. Markedet for proteinkoncentrater

En søgning i Danmarks statistik i salg af proteinkoncentrater til konsum over de seneste 10 år viste meget store udsving i salg. Noget kunne tyde på, at alt salg ikke er opfanget af Danmarks Statistik, hvorfor tallene kan være misvisende. Men i gennemsnit ligger det på ca. 600 tons om året til en salgsværdi af ca. 36 mio. kr. svarende til 60 kr./kg. Proteinkoncentrater har normalt et proteinindhold på 50-60%. Som præsenteret ovenfor, vil det PAX produktet der vil kunne udvindes til sammenligning have ca. 45% indhold af protein + 20% AX. Størstedelen af det proteinkoncentrat, der sælges til disse formål er baseret på valle. Markedet for vegetabiliske proteiner kan forventes at stige den kommende år pga. en kombinations øget klimabevidsthed og sundhed, som bl.a. kommer til udtryk i den aktuelle veganerbølge.

I markedsundersøgelsen er der fokuseret på tre anvendelsesområder for proteinkoncentrater:

- Sport og fitness – som proteinpulvere, - barer mm.
- Ældrepleje – functional foods, til proteinberigelse af måltider.
- Superfood/ helsekost som sundhedsfremmende/sygdomshæmmende tilskud

Der er blevet lavet interviews med hhv. : Rasmus Freivald Bentzon som er CEO hos LinusPro Nutrition ApS, Helle Thyge som er driftchef hos Mad til Hverdag (Centralkøkken i Gribskov kommune) og Josephine Gade Bang-Petersen, som er Ph.D. studerende ved Herlev Hospital og undersøger effekten af proteinberiget kost. I det følgende er hovedpointerne fra interviewene opsummeret.

Hos LinusPro, som producerer proteinkosttilskud til fitness og sport, er størstedelen af deres produkter baseret på valleprotein. Dog har de valgt at have et lille sortiment af økologisk og veganske proteinpulvere, da Rasmus Freivald Bentzon er af den overbevisning, at dette hjørne af markedet vil vokse sig større i fremtiden. Deres nuværende produktlinje af veganske og økologiske proteinpulvere består af ærter, ris og soyaprotein plus et økologisk valleproteinprodukt. Protein udvundet af klid kunne derfor være yderst interessant for LinusPro og særligt, hvis det er økologisk, dog forudsat at det har den rigtige aminosyresammensætning ift. muskelopbygning. Det kunne også være interessant, hvis det proteinpulver, der kan udvindes af klid, indeholder en sundhedsfremmende komponent som AX. Proteinmarkedet svinger utroligt meget, oplyste Rasmus, idet valleprotein svinger med mælkeprisen og kan koste lige fra 35 til 120 kr./kg ren protein, men ligger iflg. Rasmus i gns. på 50-60 kr./kg. Når det kommer til de økologiske proteiner, hvad enten det er fra valle eller planter, stiger prisen til det ca. det dobbelte.

I centralkøkkener, hvor der tilberedes mad til ældre, tilsættes der konsekvent en hel del proteinpulver til maden, ligesom der tilføjes ekstra fedtstoffer for at gøre maden ekstra næringsrig for småt spisende ældre. Også her er stort set alt det proteintilskud, som anvendes baseret på valle. Et vegetabilsk alternativ udvundet fra klid kunne bestemt være interessant. Men det er dog ikke så vigtigt, hvor proteinet kommer fra. Det vigtigste er, at det er smags neutralt og dermed ikke forstyrrer smagsoplevelsen for de ældre. For hvis ikke de kan lide maden, spiser de ikke nok af den eller slet ikke, og så er det lige meget, om den er nok så beriget. Det er i forvejen vanskeligt at bevise effekten af at berige maden,



viser Ph.D.-studiet på Herlev Hospital. Der er dog ingen tvivl om, at det har en effekt, men det er svært at sige, om det er proteinet, fedtet eller andet i kombination, der gør det. Både Helle Thyge og Josephine Gade Bang-Pedersen mente, at et produkt, som også har en sygdomshæmmende effekt, vil være yderst relevant ift. denne målgruppe.

3.6 Markedet for kosttilskud med arabinoxylan

Vi er kun stødt på ét produkt på markedet, som indeholder arabinoxylan ekstrakt - BioBran MGN-3 – og som bliver markedsført på arabinoxylanens sundhedsfremmende egenskaber. BioBran er udviklet og produceres af det japanske medicinalfirma Daiwa Pharmaceutical CO, Ltd. Arabinoxylanet i BioBran er ekstraheret fra risskaller ved hjælp af enzymer fra Shitake svampen – en metode, som de har patenteret. Det bliver branded som et kosttilskud uden skadelige stoffer, der kan styrke immunforsvaret hos personer, hvor sygdom og/eller behandling er skyld i nedsat immunforsvar. Det gælder f.eks. i forbindelse med kræftbehandling, hvor BioBran MGN-3 især i Japan anvendes som supplement til kemoterapi til at styrke kroppens egne raske 'killer cells' til at tage livet af kræftceller, som er blevet svækket af kemobehandlingen, samt til at modvirke den negative effekt kemoterapien generelt har på immunforsvaret. Denne effekt er blevet påvist i en række forsøg, som i 2017 er blevet samlet i et komparativt studie af 32 forskningsartikler. Her er konklusionen:

There is sufficient evidence suggesting MGN-3 to be an effective immunomodulator that can complement conventional cancer treatment. However, more well-designed RCTs on MGN-3 are needed to strengthen the evidence base (se referencer).



Produktet bliver primært solgt i Japan, men også andre steder i verden som dette terapeutiske kosttilskud. I USA er der imidlertid nedlagt forbud mod at markedsføre BioBran MGN-3 som et medicinsk produkt pga. de utilstrækkelige beviser for dets virkning og mulige bivirkninger. Daiwa Pharmaceutical tager op til 4.000 kroner for 100 tabletter BioBran, og 1000 kr. for 30 breve med 1 gr. BioBran i opløseligt pulver. Den daglige anbefalede dosis er 1 tablet/brev. Det må siges at være en ekstremt høj pris, som de formodentlig kan tage i kraft af deres patentbeskyttelse, og da de er de eneste, der har et decideret arabinoxylanprodukt på markedet, samtidig med at de primære kunder er kræftpatienter, som er villige til at betale en høj pris for et produkt, der kan afhjælpe bivirkningerne ved kræftbehandling. Det har trods adskillige forsøg ikke været muligt at komme i kontakt med Daiwa Pharmaceuticals og spørge ind til deres produkt og deres markeds- og prissætningsstrategi for det. Den høje pris indikerer imidlertid, at der vil være plads til en konkurrent, og det vil være en indgang til markedet med en væsentligt lavere prissætning, hvis man kan producere et lignende produkt på basis af hvedeklid i stedet for risskaller og derved omgå deres patentbeskyttelse og/eller lancere et kopiprodukt på markedet, når den udløber.

3.7 Konklusion på markedsresearch

Der er et betydeligt og voksende marked for proteinprodukter og også en stigende efterspørgsel på vegetabilsk baserede og økologiske produkter. Valleproteinet er klart dominerende på markedet, og vil formodentlig være det i lang tid fremover, da der er store mængder valle tilgængelig til produktion, og da valleprotein både har en optimal aminosyresammensætning ift. ernæring og muskelopbygning og gode funktionelle egenskaber i madvarer. Den vil med andre ord være vanskelig at konkurrere med



som et bulk proteinprodukt, selv som økologisk. Det sammen med den meget fluktuerende prissætning gør, at det nok ikke er så interessant at foretage en kompliceret og forholdsvis bekostelig raffinering af klid for blot at producere et bulk proteinprodukt.

Til gengæld er arabinoxylan med den prissætning, der er på den komponent, langt mere interessant. Enten isoleret og anvendt i et terapeutisk kosttilskudsprodukt i stil med BioBran eller i kombination med proteinet - dvs. det PAX produkt, som det er redegjort for i afsnit 2, er realistisk at kunne producere i en forholdsvis høj koncentration gennem en optimering af raffineringprocessen. De opløselige kostfibre – ikke blot AX, men også Celledextrin - har tilsyneladende også den egenskab, at de kan fremme bageevnen i mel. Således vil et PAX produkt evt. kunne tilføres melet igen og give det en højere kvalitet, både mht. bageevne og ernæringsværdi. Opsummerende er det altså AX komponenten og ikke proteinet, der skal fokuseres på, og som kan gøre det til en god forretning af raffinere klid.

3.8 Forretningsstrategi for PAX

Strategien for udvikling af klidraffinering til en attraktiv forretning bør derfor være følgende:

I takt med, at raffineringprocessen optimeres, og der opnås højere udbytter og koncentrationer af protein og AX i PAX, arbejdes der på at udvide paletten af PAX produkter med gradvist højere og højere værdi. Det kunne f.eks. tænkes i følgende tre trin:

1. En simpel og økonomisk raffinering, hvor en del af stivelsen og de øvrige opløselige fibre er bibeholdt i PAX, som kan iblandes melet, det kom fra for at producere et PAX beriget melprodukt.
2. En optimeret – og dyrere raffinering, hvor en stor del af stivelsen og andre komponenter er fjernet, for at opnå en høj koncentration protein og AX – hvilket vil gøre det til et værdifuldt proteinkosttilskudsprodukt med ekstra sundhedsfremmende egenskaber ift. at styrke immunforsvar og modvirke inflammationstilstande i muskler mm. f.eks. hos idrætsudøvere og ældre. Et produkt som i kraft af dette har en konkurrencefordel ift. eksisterende proteinkoncentrater.
3. En avanceret raffinering – som selvsagt er dyrere, men som skal bæres økonomisk af, at hhv. protein og arabinoxylan er isoleret yderligere og dermed kan danne basis for produktion af et specialkosttilskudsprodukt med terapeutisk funktion. Hvis der samtidig igangsættes forskningsprojekter, der sigter mod at dokumentere arabinoxylanens sundhedsfremmende effekter mhp. at få det godkendt til medicinsk brug bl.a. i forbindelse med kræftbehandling, kan der evt. på sigt produceres et farmaceutisk produkt med en ekstremt høj prissætning på et marked med foreløbig kun én konkurrent.

3.9 Forretningspotentiale

Da arabinoxylanen er yderst vanskelig at prissætte, er det tilsvarende vanskeligt at opstille en sandsynlig forretningsmodel for produktion og salg af PAX. Ved at tage udgangspunkt i prissætningen for ren protein og skønne prisen på AX til det dobbelte, har vi i Bilag 6 estimeret forretningspotentialet ved raffinering af klid til et proteinprodukt, som er sammenligneligt med eksisterende produkter på markedet, men altså med den ekstra sundhedsfremmende egenskab. Der er samtidig lavet et konservativt prisestimat på de tilbageværende fraktioner, sirup og uopløselige fibre, hvor der er taget udgangspunkt i prisen på melasse til foder og prisen på rå klid. Det er sammenholdt med hhv. den totale mængde af klid på markedet i Danmark, den økologiske fraktion af dette, Samsø Mels mængde af klid og nogle skønnede mængder for, hvad det er vurderet realistisk at raffinere, hhv. 1.000 ton økologisk



og 10.000 tons konventionelt klid. Når det holdes op mod skønnede kapital- og driftsomkostninger ved raffineringen, ser det ud til at være en ganske fornuftig forretning hhv.:

Raffinering af 1.000 tons økoklid: Overskud 5.4 mio. kr. / overskudsgrad 55

Raffinering af 10.000 tons konventionelt klid: Overskud på ca. 21 mio. kr./ overskudsgrad 42

Disse økonomiske skøn indikerer potentialet for en fornuftig forretning både for konventionelt og økologisk klid. Da det under alle omstændigheder kun vil være realistisk at opbygge raffineringsskapacitet til en mindre del af den totale mængde klid, vil det være mest fornuftigt at satse på den økologiske, hvor der kan forventes en betydeligt højere prissætning på både PAX produktet og restfraktionerne. For beregningerne viser også, at den gode forretning afhænger af, at både siruppen og fraktionen med de uopløselige fibre kan afsættes. Ved indtjeningen på kun PAX falder overskudsgraden til hhv. 31 for økologisk og 16 for konventionel, hvilket må siges at være en sårbar forretning.



Referencer

- Mejborn, H., Biloft-Jensen, A., Trolle, E., & Tetens, I. F. (2008). Definition og vidensgrundlag for anbefaling af fuldkornsindtag i Danmark. *København, Danmark: Fødevareinstituttet, DTU.*
- Danmarks Statistik
 - Klid 2017: <https://www.statistikbanken.dk/10210>
 - Korn til formaling 2017: <https://www.statistikbanken.dk/KORN>
 - Økomel 2017: <https://www.statistikbanken.dk/OEKO3>
 - Proteinkoncentrat: <https://www.statistikbanken.dk/10210>
- Daiwa Pharmaceuticals. Produkthjemmeside for BioBran: www.biobran.org
- Mendis, M., & Simsek, S. (2014). Arabinoxylans and human health. *Food Hydrocolloids, 42*, 239-243.
- Ooi, S. L., McMullen, D., Golombick, T., Nut, D., & Pak, S. C. (2018). Evidence-based review of BioBran/MGN-3 arabinoxylan compound as a complementary therapy for conventional cancer treatment. *Integrative cancer therapies, 17*(2), 165-178.

Billeder

- Forside. Foto af et rugaks hos Samsø Mel. Niels Mikkelsen, Minor Change Group.
- Side 11. Foto af BioBran. Fra deres webshop: www.shopatpennybrohn.com



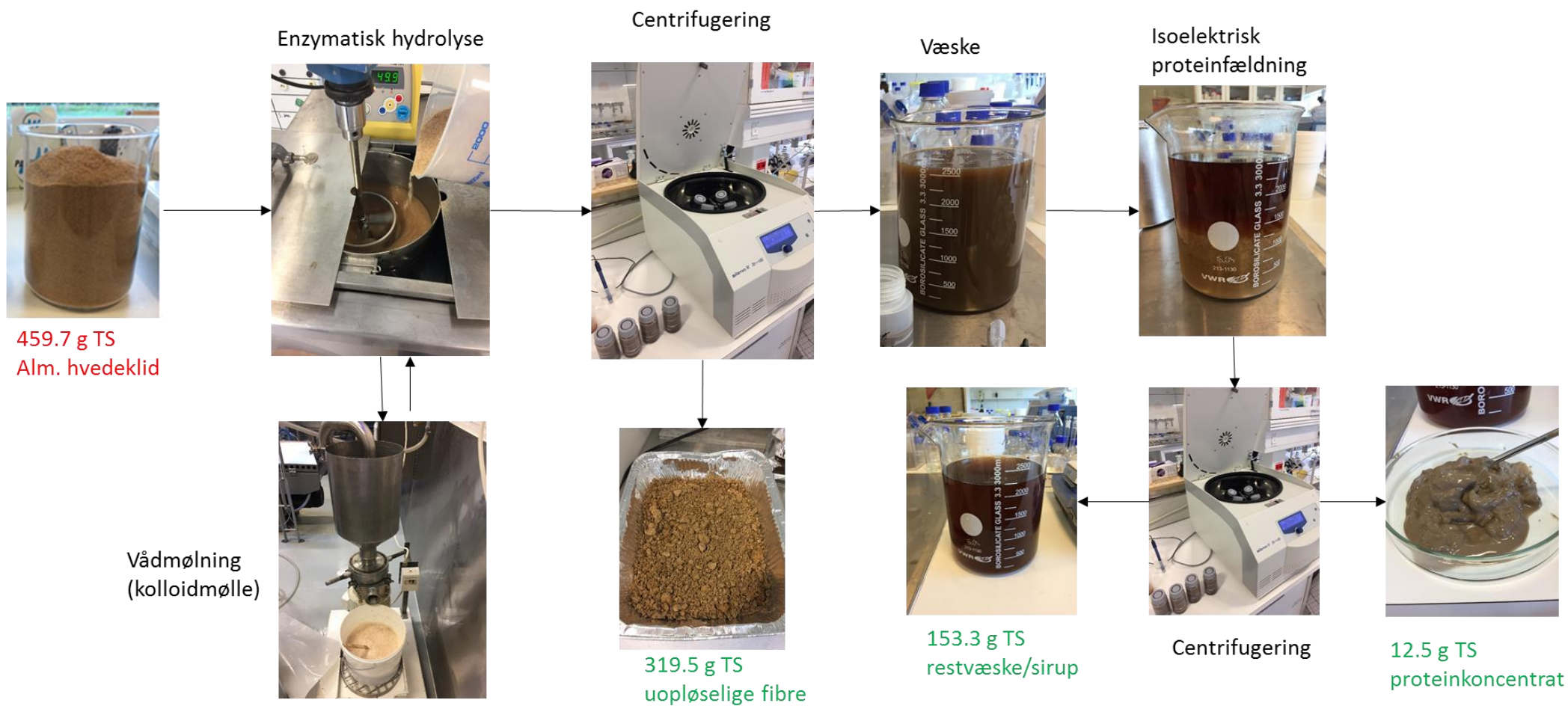
BILAG 1 – Næringsdeklaration for de tre typer klid

Nedenfor ses næringsdeklarationer for de tre typer økologisk hvedeklid. Analyse foretaget af Eurofins Steins Laboratorium A/S.

Næringsindhold pr. 100 g	Klid		
	Alm. hvede	Ølandshvede	Spelt
Energi	1236 (296) kJ (kcal)	1232 (295) kJ (kcal)	1136 (274) kJ (kcal)
Fedt	4.0 g	4.1 g	5.8 g
- mættede fedtsyrer	0.7 g	0.7 g	1.0 g
- monoumættede fedtsyrer	0.7 g	0.7 g	1.3 g
- polyumættede fedtsyre	2.4 g	2.4 g	3.2 g
- fedtsyrefaktor	0.956	0.956	0.956
Kulhydrater	35.8 g	34.7 g	20.6 g
- sukkerarter, total	1.81 g	2.24 g	2.66 g
- fruktose	0 g	0 g	0 g
- galactose	0 g	0 g	0 g
- glucose	0.04 g	0 g	0 g
- lactose	0 g	0 g	0 g
- maltose	0.57 g	0.34 g	0.89 g
- sucrose	1.20 g	1.90 g	1.77 g
Kostfibre	34.0 g	32.9 g	44.9 g
Protein	11.7 g	12.9 g	11.6 g
Salt	0.03 g	0.03 g	Afv. g
- natrium	0.01 g	0.01 g	0.01 g
Vand	11.09 g	11.17 g	10.80 g
Aske	3.34 g	4.23 g	6.29 g



BILAG 2 – Vådfraktionering laboratorieproces



BILAG 3 – Pilotforsøg



TEKNOLOGISK
INSTITUT

83.1 kg TS
alm. hvedeklid



Enzymatisk
hydrolyse



Vådmølning

Centrifugering



43.8 kg TS
uopløselige fibre

Ultra-/diafiltrering



38 kg TS
Restvæske/sirup



Koncentrat

6.3 kg TS
PAX koncentrat

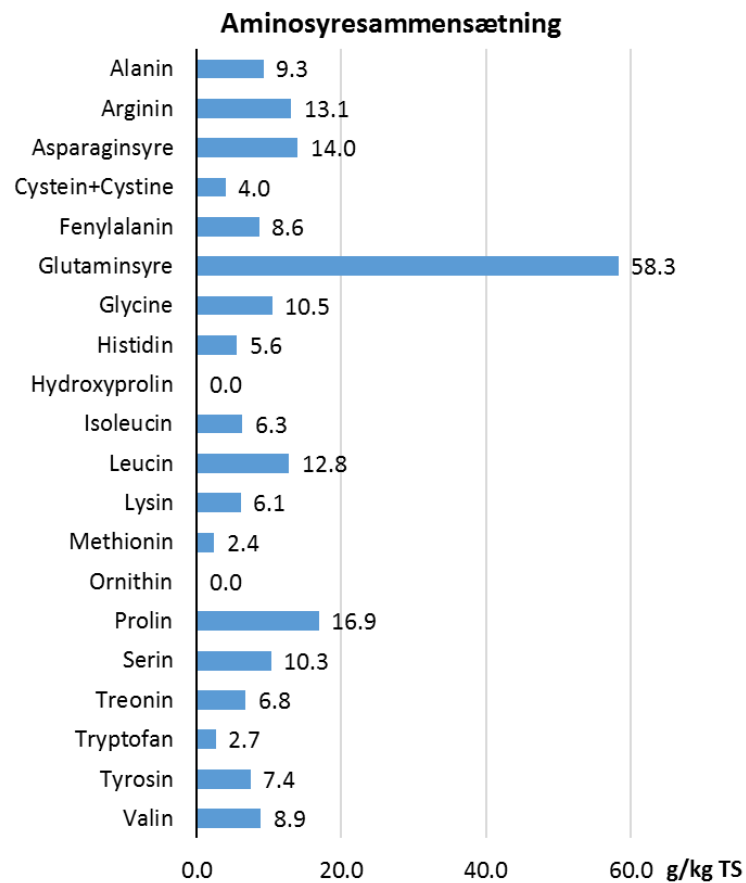


Spraytørring



BILAG 4 – Aminosyresammensætning PAX

Nedenfor fremgår aminosyresammensætningen af PAX koncentratet. Analyse foretaget af Eurofins Steins Laboratorium A/S.





BILAG 5 – Næringsdeklaration PAX

Nedenfor fremgår næringsdeklaration for PAX. Analyse foretaget af Eurofins Steins Laboratorium A/S.

Næringsindhold pr. 100 g	
	PAX
Energi	1631 (386) kJ (kcal)
Fedt	4.9 g
- mættede fedtsyrer	1.0 g
- monoumættede fedtsyrer	0.9 g
- polyumættede fedtsyre	2.6 g
- fedtsyrefaktor	0.956
Kulhydrater	58.3 g
- sukkerarter, total	8.0 g
- fruktose	0.98 g
- galactose	0.04 g
- glucose	1.69 g
- lactose	0.08 g
- maltose	5.06 g
- sucrose	0.14 g
Kostfibre	6.9 g
Protein	23.9 g
Salt	1.1 g
- natrium	0.45 g
Vand	2.78 g
Aske	3.26 g

Den klassiske analyse af kostfibre (AOAC 985.29), som er benyttet her, inkluderer ikke de lav-molekylære kostfibre, som der forventeligt er til stede pga. den enzymatiske nedbrydning. Resultatet for kostfibre er derfor behæftet med usikkerhed og sandsynligvis underestimeret for PAX.

Minor Change Group

BILAG 6 - Estimering af forretningspotentiale ved raffinering af klid

Mængder i tons	Tons mel	Klid (18%)**	PAX (7%)	Pris. kr/ kg.	F Potentiale kr.	Sirup (43%)	Pris. kr/ kg.	F Potentiale kr	Fibre (50%)	Pris. kr/ kg.	F Potentiale kr.	Total F potentiale kr.
Alle meltyper *	229,000	41,220	2,597	60	155,811,600	15,952	2	31,904,280	18,549	1.25	23,186,250	210,902,130
Hvedemel*	123,000	22,140	1,395	60	83,689,200	8,568	2	17,136,360	9,963	1.25	12,453,750	113,279,310
Klidraffinaderi	55,555	10,000	630	60	37,799,622	3,870	2	7,739,923	4,500	1.25	5,624,944	51,164,488
Økologisk mel*	10,881	1,959	123	100	12,339,054	758	3	2,273,911	881	2	1,762,722	16,375,687
Samsø Mel	100	18	1	100	113,400	7	3	20,898	8	2	16,200	150,498
Øko Klidraffinaderi	5,555	1,000	63	100	6,299,370	387	3	1,160,884	450	2	899,910	8,360,164

* Kilde: Danmarks statistik, Dansk produceret mel 2017

Estimeret pris på baggrund af markedsresearch af proteinkoncentrater

** Udgangspunkt i 90% tørstofindhold.

Business case v. 1000 tons økoklid

Raffineringsomk.	pr. tons	mængde	beløb kr.
Køb af råvarer	2,000	1,000	2,000,000
Transport	500	1,000	500,000
Energi	420	1,000	420,000
Løn	350	1,000	350,000
Husleje	50	1,000	50,000
Øvrige omk.	15	1,000	15,000
Kapitalomk, v. 10 år.	400	1,000	400,000
samlede omk.	3,735		3,735,000
Indtægt fra ovenfor	8,360		8,360,164
Overskud pr år	4,625		4,625,164
Overskudsgrad			55
Overskud v. 5 år	4,225		4,225,164
Overskud kun PAX	2,564		2,564,370
Overskudsgrad PAX			31

Business case v. 10.000 tons konventionel klid

Raffineringsomk.	pr. tons	mængde	beløb kr.
Køb af råvarer	1,250	10,000	12,500,000
Transport	500	10,000	5,000,000
Energi	420	10,000	4,200,000
Løn	350	10,000	3,500,000
Husleje	50	10,000	500,000
Øvrige omk.	15	10,000	150,000
Kapitalomk, v. 10 år.	400	10,000	4,000,000
samlede omk.	2,985		29,850,000
Indtægt fra ovenfor	5,116		51,164,488
Overskud pr år	2,131		21,314,488
Overskudsgrad			42
Overskud v. 5 år	1,731		17,314,488
Overskud kun PAX	795		7,949,622
Overskudsgrad PAX			16



TEKNOLOGISK
INSTITUT