



# Slutrapport

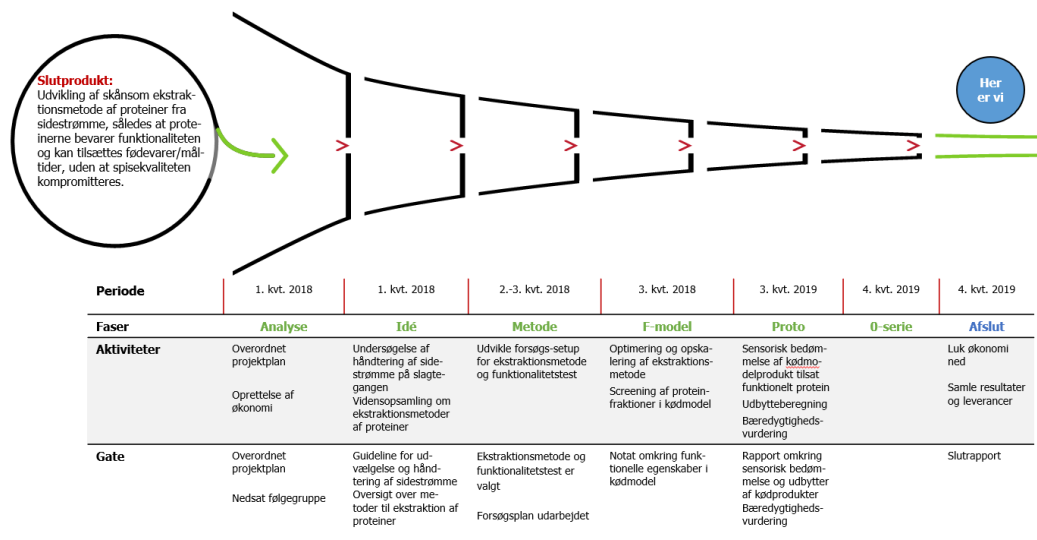
## Sidestrømme med høj funktionalitet

31. marts 2020  
Projekt nr. 2007098  
Version 1  
MATN/MT/KJLA

### Om projektet

Projektet "Sidestrømme med høj funktionalitet" er gået i afslutningsfasen ved porteføljestyregruppemødet den 18. december 2019. Projektet er afviklet i perioden 1. januar 2018 til 31. december 2019 i overensstemmelse med DMRI's innovationsmodel som vist i figur 1.

### Sidestrømme med høj funktionalitet



Figur 1. Projektet "Sidestrømme med høj funktionalitet" afbildet ved DMRI's innovationsmodel.

#### Formål

At udvikle en skånsom metode til ekstraktion af proteiner fra lavfedtholdige sidestrømme, således at proteinerne kunne bevare funktionaliteten og tilsættes fødevarer/måltider, uden at spisekvaliteten af de proteinberigede fødevarer blev kompromitteret.

#### Mål

Målet var at få et overblik over, hvilke sidestrømme der specifikt egner sig til ekstraktion af proteiner. Det var endvidere målet at identificere, hvilke teknologier der kan anvendes til at forædle sidestrømme, så proteinerne bevare en høj funktionalitet (vandbinding, geldannelse). Teknologierne skulle desuden være simple og let håndterbare i den nuværende produktion.

#### Indhold

I projektet er der redegjort for, hvilke sidestrømme der egner sig til ekstraktion af funktionelle proteiner, samt hvordan sidestrømmene skal håndteres på slagtedagen for at sikre en optimal kvalitet af proteinerne. Endvidere er der identificeret og testet teknologier til skånsom udvinding og opkoncentrering af protein fra griselunger, med henblik på at bevare en høj funktionalitet.

Efterfølgende er der vist eksempler på, hvordan forskellige proteinfraktioner fra griselunger kan anvendes som funktionel ingrediens i et kødprodukt, og produkters kvalitet (udbytte og sensorik) er bedømt. Der er desuden udført en generisk bæredygtighedsvurdering, hvor der er redegjort for forskellige sidestrømmes klimaaftryk, hvis proteinet oparbejdes til funktionelt protein.

*Leverancer* Fra projektets start er beskrevet følgende leverancer for 2018 og 2019:

#### Leverancer 2018

1. Guideline for udvælgelse og håndtering af sidestrømme til proteinudvinding på slagteriet foreligger
2. Oversigt over metoder til ekstraktion af proteiner fra sidestrømme er udarbejdet
3. Metode til ekstraktion af funktionelle proteiner fra sidestrømme er udvalgt
4. Laboratorietest for analyse af screening af funktionalitet er udvalgt

#### Leverancer 2019

5. Optimeret ekstraktionsmetode for højt proteinudbytte og funktionalitet er beskrevet
6. Screening af proteinfraktioner for funktionelle egenskaber i kødmodel er gennemført
7. Proteinberigede kødmodelprodukter er karakteriseret (sensorisk, udbytte og sli-  
ceudbytte)
8. Bæredygtighedsvurdering af udvalgte scenarier er gennemført

*Organisation* Projektet indgik under porteføljestyregruppen for Sikkerhed og Kvalitet, der ved projektets afslutning bestod af følgende personer: Søren Tinggaard, Danish Crown; Michael Larsen, Tulip Food Company og Gitte Pedersen, Tican Fresh Meat. Ved møderne deltog desuden repræsentanter fra DMRI's ledelse: Lars Hinrichsen, Susanne Støier og Lene Meinert.

Projektet har været ledet af Louise Hofer i perioden 1. januar 2018 til 31. maj 2019 og er afsluttet af Mari Ann Tørngren i perioden 1. juni 2019 til 31. december 2019. Projektgruppen har primært bestået af Kjartan Kaas-Larsen, Birgitte Winther Lund, Troels Hansen, Lizzie Larsen, Pia Faurshou, Ursula Kehlet, Claus Mosby Jespersen og Tomas Jacobsen.

Virksomhedsfølgegruppen bestod ved projektets afslutning af Lene Høgh Aaquist (Danish Crown), Bent Dahlgaard (Danish Crown Foods), Henrik Aggerholm (Tican), Erik T. Hansen (DAT-Schaub) og Annelie Lundell (HKScan).

*Finansiering* Projektets aktiviteter har været finansieret af Svineafgiftsfonden (SAF) og HKScan. Derudover har der i 2019 været gennemført sideløbende aktiviteter i Resultatkontrakten F3 Klimasmarte kødprodukter med høj dyrevelfærd (2019-2020). Aktiviteterne i Resultatkontrakten har suppleret projektet med viden om opkoncentrering af filtreringsretentat, funktionalitetstest afhængig af proteinkoncentration, optimering af analysemetoder til funktionalitetstest samt screening af funktionalitet af sidestrømmene milt og nyre relativt til Na-kaseinat og lungeprotein.

En forudsætning for gennemførelse af aktiviteterne har været anskaffelse af nyt pilot-skalaudstyr, dels en kontinuert centrifuge til separation af flydende og fast stof (Alfa Laval, Clara 20 LF centrifuge) samt et membranfiltreringsanlæg med mulighed for test af forskellige membrantyper (omvendt osmose (RO), nanofiltrering, ultrafiltrering og mikrofiltrering) (Alfa Laval TestUnit M20, code 531010). Indkøb af begge udstyr er støttet af Norma og Frode Jacobsens Fond.

**Tabel 1.** Projektets finansiering.

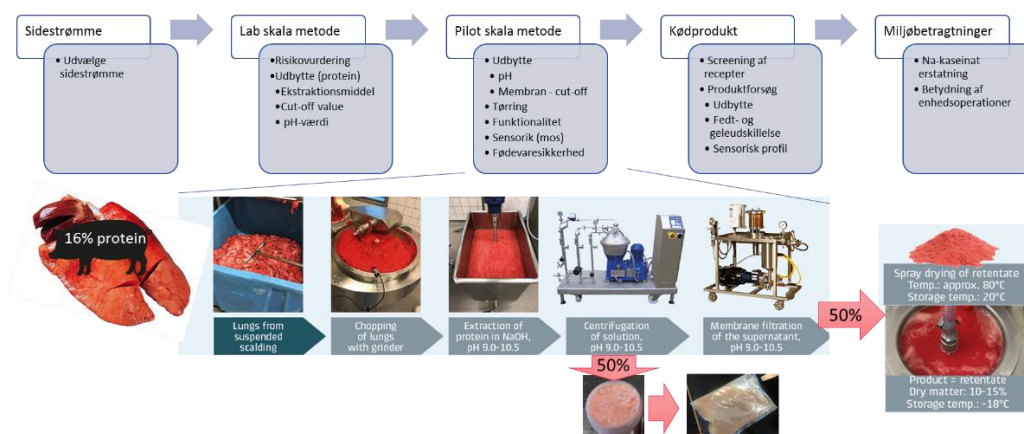
	2018	2019	I alt
SAF	1.281	2.020	3.301
HK Scan	142	224	366
<b>Totalt budget</b>	<b>1.423</b>	<b>2.244</b>	<b>3.667</b>

## Aktiviteter

Projektet har været opdelt i følgende 5 aktivitetspakker, der repræsenterer de udviklingstrin, der er gennemført for at nå fra idé til produkttest.

1. Udvælgelse af sidestrømme (2018)
2. Udvikling af ekstraktionsmetode i laboratorieskala (2018)
3. Opskalering og optimering til pilotskalaudstyr (2019)
4. Test af funktionelt protein i et kødprodukt (2019)
5. Miljøbetragtninger (2019)

Projektets aktiviteter har hovedsageligt beskæftiget sig med udvinding af protein fra griselunger, og af figur 2 ses udviklingsforløbet, en afbildning af pilotskalaudstyret samt de fire fraktioner, der er testet til kaseinat-erstatning i et kødprodukt. Resultaterne fra aktiviteterne beskrives mere uddybende i de efterfølgende afsnit.



**Figur 2.** Projektaktiviteter i perioden 2018-2019.

## Resultater

I de følgende afsnit redegøres for de gennemførte aktiviteter formål samt de vigtigste resultater. For mere information henvises til Teknologisk Instituts hjemmeside ([www.teknologisk.dk](http://www.teknologisk.dk)).

## 1. Udvælgelse af sidestrømme til proteinekstraktion

### Baggrund

Der er mindre efterspørgsel på spiselige sidestrømme fra kødindustrien end tidligere, da færre forbrugere finder sidestrømmene appetitlige. Men sidestrømme er en god kilde til protein (15-20%), og det er derfor vigtigt, af både økonomiske og miljømæssige årsager, at udnytte proteinet mest muligt. I den danske kødindustri har proteinudvinding hovedsageligt været udført ved at hydrolysere proteinerne. Denne proces har den ulempe, at proteinerne mister funktionalitet og bliver delvist nedbrudt til mindre peptider, som kan bidrage med en bitter smag. Skal proteinerne bevare deres funktionalitet og sensoriske kvalitet, er det derfor nødvendigt at udvikle en ny og mere skånsom ekstraktionsproces uden brug af varme og enzymer, altså kold ekstraktion.

### Formål

At opsamle viden til udarbejdelse af guidelines for udvælgelse og håndtering af relevante sidestrømme på slagteriet.

### Valg af sidestrømme

Ved anvendelse af kold ekstraktion er det en forudsætning, at fedtindholdet i råvaren er lavt, hvis processen skal være enkel og udbyttet så høj som muligt. Desuden er det vigtigt, at sidestrømmene behandles optimalt på slagteriet, så maksimal råvarekvalitet opnås. Med udgangspunkt i resultaterne fra et tidligere projekt "Upcycling af sidestrømme" og i samarbejde med projektets følgegruppe er der udvalgt fem relevante sidestrømme med lavt fedtindhold. Derudover er håndteringen af sidestrømmene på slagtegangen gennemgået og vurderet i forhold til at opnå den bedst mulige kvalitet.

I tabel 2 ses ernærings sammensætningen af de fem mest relevante sidestrømme fra gris: lunger, milt, nyre, hjerte og lever. Fælles for disse sidestrømme er, at de har mindre end 5% fedt.

Tabel 2. Ernærings sammensætning [%] af udvalgte sidestrømme.

Sidestrøm	Fedt	Protein	Kulhydrat
Lunger	2,7	14,1	0
Milt	2,6	17,9	0
Nyre	3,3	16,5	0
Hjerte	4,4	17,3	1,3
Lever	3,7	21,4	2,5

Kilde: Pearson, A. M. and Dutson, T. R. (1988).

For alle sidestrømme er det afgørende, at de er egnede til humankonsum. For lungerne betyder det, at det alene er lunger fra slagterier, der anvender hængende skoldning, der er relevant for dette projekt. Anvendes skoldekar på slagteriet, kan lungerne ikke anvendes, da der er risiko for, at skoldevandet kan kontaminere lungerne og dermed øge den mikrobielle risiko.

### Ernæringsværdi

Ud fra råvarernes aminosyreprofil er der udarbejdet en vurdering af proteinerne ernæringsmæssige kvalitet. Det kan konkluderes, at proteiner fra sidestrømmene: hjerte, lever, lunger, milt og nyre kan betragtes som komplette proteiner, eftersom de er i stand til at tilføre tilstrækkeligt med essentielle aminosyrer (AAS >1). Desuden tyder beregninger på, at proteinerne er af høj kvalitet med DIAAS-værdier >1. Da

aminosyresammensætningen for de ekstraherede fraktioner er ukendt, vides det ikke, om dette er gældende for alle fraktioner.

De nuværende funktionelle proteiner anvendt i dansk kødindustri varierer i protein-kvalitet. Sojaproteinisolater og Na-kaseinat er også komplette proteiner af høj kvalitet med DIAAS-værdier > 1. Derimod har sværprotein ringe kvalitet grundet lavt indhold og fordøjelighed af essentielle aminosyrer, særligt cysteine og tryptophan.

#### *Konklusion*

I dag anvendes lunger og milt sædvanligvis til dyrefoder, mens hjerte, nyre og lever også anvendes til humankonsum. Milt, hjerte, nyre, lever og lunger er vurderet egnet til proteinekstraktion pga. lavt fedtindhold og høj proteinkvalitet, under forudsætning af at lungerne er fra en slagteproces, der anvender hængende skoldning. Af hensyn til fødevarer sikkerhed og holdbarhed af ekstraktet bør ekstraktionsprocessen designes, således at man undgår mikrobiel vækst under oparbejdning. Anvendelse af enhedsoperationer, der medfører inaktivering, vil være en fordel, særligt ved ekstraktion af protein fra milten.

## **2. Udvikling af ekstraktionsmetode laboratorieskala**

#### *Baggrund*

Nogle sidestrømme fra kødindustrien er ikke direkte anvendelige som fødevarer, hvorfor ekstraktion af proteinerne er en vej til en mere optimal udnyttelse. Når protein skal ekstraheres fra sidestrømme, er første trin at opløse intracellulære komponenter, hvilket kan gøres kemisk, fysisk eller biologisk (Gong et al., 2016). Ekstraktionsmetoden skal udvikles med henblik på, at funktionelle og sensoriske egenskaber ikke kompromitteres.

#### *Litteraturreview*

Der er udarbejdet et litteraturstudie over metoder til kold proteinekstraktion (maks. temperatur 30-40°C). Formålet var at finde frem til en simpel og skånsom metode, hvorved der ikke dannes bitre peptider, som der oftest gør ved hydrolyse.

Sidestrømme er rige på proteiner, der indeholder alle essentielle aminosyrer og er gode kilder til mineraler og vitaminer. Ved at bruge disse som råmateriale opstår muligheden for at fremstille biomolekyler med interessante næringsstofprofiler, bioaktivitet eller enzymer og ekstrakter med funktionelle egenskaber.

Proteiner har mange funktionelle egenskaber – som fx fedtbinding, vandbinding og geleringssevne – og fungerer som skumdannere og emulgatorer. De funktionelle egenskaber kan i vid udstrækning påvirkes af intrinsiske og ekstrinsiske faktorer. Proteiner kan udvindes på mange forskellige måder, bl.a. ved sur/basisk ekstraktion, ekstraktion med organisk solvent og udsaltning.

Ofte vil der være behov for yderligere oprensning for at udvinde det ønskede proteindukt. Mange oprensningsprocesser er tilgængelige, lige fra meget simple processer som syrefældning til mere avancerede kolonne-/membranoprensninger. Når proteinet er oprenset, og hvis det stadig er i opløsning, kan der være behov for en opkoncentrering eller tørring. Igen vil det være muligt at anvende membranteknologi som ultrafiltrering eller omvendt osmose. Der findes dog også andre opkoncentreringsteknikker, fx size exclusion og ionbytning.

Protein i form af et dehydreret pulver har kommercielt flere fordele end et flydende koncentrat. Det koncentrerede proteinprodukt kan tørres vha. enten inddampning eller sublimering. Disse processer er bedst kendt som fx spraytørring og frysetørring. Frysetørring er en energiforbrugende proces og derfor meget omkostningstung. Derfor anvendes den billigere spraytørring ofte som tørreproces. For begge teknikker gælder, at der er risiko for, at proteinet denaturerer under processen, og at der sker en øgning af saltkoncentrationen.

*Test af ekstraktionsmetoder* Der er gennemført en række forsøg i laboratorieskala for at identificere den bedste ekstraktionsmetode til at opnå højt udbytte og høj funktionalitet.

Forskellige metoder til ekstraktion af protein fra griselunger er undersøgt ved at homogenisere lungevæv i en blender, hvorefter protein- og kollagenindholdet er bestemt. I projektet er indledningsvis testet: vand (pH 7), saltvand (NaCl og KCl), alkalisk ekstraktion (pH 7,5-10,8) samt isopropanol. Efterfølgende er proteinet blevet adskilt fra uopløseligt væv ved hjælp af centrifugering. Efter bestemmelse af mængden af ekstraheret protein er proteinet blevet udfældet ved pH 5,03, og mængden af udfældet protein er ligeledes bestemt.

*Resultater* Proteinindholdet i de ubehandlede lunger blev bestemt til 16,4-17,1% og kollagenindholdet til 2,7%. Ved at anvende vand (pH 7) som ekstraktionsmedie, blev 53% af proteinerne i prøven ekstraheret. Anvendelse af KCl resulterede i, at 49% af proteinet blev ekstraheret, men efter udfældning ved pH 5,03 var det totale proteinudbytte blot 7%. En mættet saltvandsopløsning viste sig uegnet, da under 4% proteinudvinning blev opnået (tabel 3). Tilsvarende viste isopropanol sig at være uegnet både grundet lavt udbytte og de håndteringsmæssige udfordringer, der vil være ved evt. opskalering.

Ved at ekstrahere protein ved pH 10,8 i et 1:5-forhold mellem homogeniseret svine-lunge og ekstraktionsmedie, blev 67% af proteinerne udvundet. Dette steg til 72% ved at anvende et 1:13-forhold. Ekstraktionsudbyttet ved pH 9 lå i intervallet 52-55% og varierede dermed ikke synderligt ved ændring i temperatur (5°C til rumtemperatur) eller ekstraktionstid (1 til 24 timer).

Udfældningseffektiviteten ved pH 5,03 lå mellem 46% og 64%, hvilket reducerede den endelige ekstraktionseffektivitet betydeligt imellem 24% og 43%.

**Table 3.** Ekstraktionsudbytte fra lungevæv afhængig af solvent. Ekstraktionseffektivitet (= ekstraheret protein/totalt protein), fældningsudbytte (= udfældet protein/ekstraheret protein) og totalt proteinudbytte (= udfældet protein/totalt protein).

Ekstraktionsmiddel	Ekstraktionseffektivitet	Ekstraheret kol-lagen	Fældningsudbytte	Totalt udbytte
Vand	53%	n.m.*	n.m.*	n.m.*
Saltvand, mættet	<LOQ**	n.m.*	n.m.*	n.m.*
NaCl, 1,5 M	n.m.*	n.m.*	n.m.*	24%
Base, pH 10,8 Forhold 1:13	72%	<LOQ**	64%	42%
Base, pH 10,8 Forhold 1:5	67%	0,3	57%	43%
Base, pH 9 Tid: 1 time ved 5°C	52%	0,5	56%	29%
Base, pH 9 Tid: 1 time ved 23°C	55%	<LOQ**	56%	31%
Basisk pH 9 Tid: 24 timer ved 5°C	52%	<LOQ**	46%	24%
Isopropanol	n.m.*	n.m.*	n.m.*	7%
KCl, 0,1 M og 5 mM EDTA	49%	<LOQ**	14%	7%

\*n.m.: not measured (ikke målt), \*\*LOQ: Level of quantification, LOQ for the method is 0.04.

**Konklusion** Den højeste ekstraktionseffektivitet blev opnået ved alkalisk ekstraktion pH $\geq$ 9 med stigende ekstraktionsudbytte for stigende pH. Tilsvarende blev alkalisk ekstraktion fundet egnet til opskalering, idet processen består af simple procestrin. Det blev vist, at solvent-til-lungeforholdet påvirker ekstraktionsudbyttet, og at der ved et større solventvolumen opnås et bedre ekstraktionsudbytte. Dog vil et meget højt solvent-til-lungeforhold være uinteressant i industriel skala, da det vil resultere i mere væske, som skal fjernes ved den efterfølgende opkoncentrering samt medføre større behov for pumpekraft.

Det blev desuden vist, at 46-64% produkt tabes ved udfældning af det ekstraherede protein. Da dette trin samtidig kræver koncentreret saltsyre, blev det konkluderet, at man bør undersøge andre metoder til separation/opkoncentrering af proteinet i industriel skala, fx ved hjælp af membranfiltrering eller frysekoncentrering.

### Valg af funktionalitetstest

**Formål** At udvælge og teste en eller flere laboratoriemetoder, som egner sig til screening af proteinernes funktionalitet (geldannelse, vandbinding).

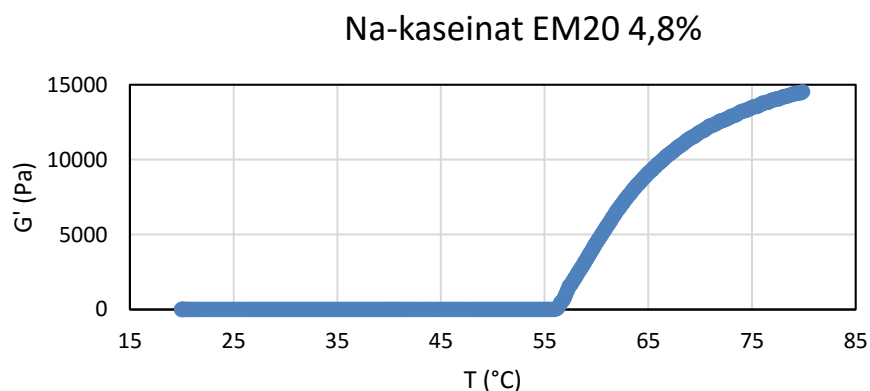
**Vandbinding** Vandbindingsevne blev analyseret ved "water binding index" efter basisk ekstraktion ved pH 10,8 og 9, med isopropanol og NaCl (1,5 M). Resultatet er vist i tabel 4, hvoraf det fremgår, at ekstraktion ved pH 10,8 and 9 medførte en lidt bedre vandbinding end ved ekstraktion med isopropanol og NaCl 1,5 M. Desuden var water binding index sammenligneligt med det, der tidligere er rapporteret for sojaprotein og kaseinat (Koch et al., 2014).

**Table 4.** Vandbindingsevne (water binding index)

Metode	Water binding index
pH 10,8	4
pH 9	4
Isopropanol	3
NaCl, 1,5 M	3
Sojaprotein	5 (Koch et al., 2014)
Kaseinat	4 (Koch et al., 2014)

### Geleringsevne

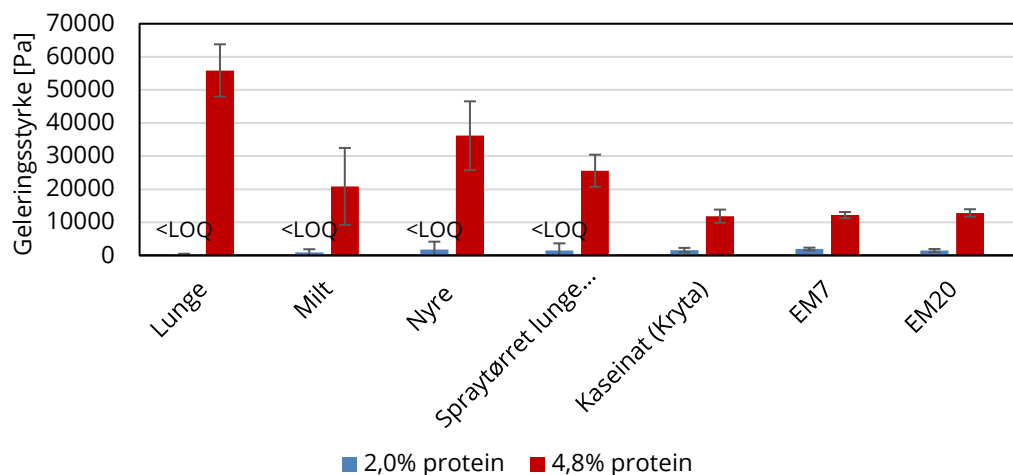
Geleringsevnen er et udtryk for, hvor fast eller viskøs en væske der kan dannes. Geleringsevnen kan bestemmes rheometrisk ved at måle det viskoelastiske respons (viskositeten/gelingsstyrken), mens temperaturen langsomt hæves. Nedenfor er vist et eksempel på en rheometrisk måling af en Na-kaseinat-opløsning på 4,8%. Geleringstemperaturen er den temperatur, hvor det første viskoelastiske respons observeres, mens gelingsstyrken er den højest målte viskositet. Eksemplet nedenfor illustrerer, at geleringstemperaturen er 56°C og gelingsstyrken 14500 Pa.



Ved et forforsøg blev der vurderet rheologi på 2% (w/v) proteinopløsninger i intervallet 20-80°C. Ud over de ekstraherede proteiner blev der også vurderet på Na-kaseinat, sojaprotein og æggehvide ved hjælp af et rheometer forsynet med et Peltier cirkulationsmodul til at styre temperaturen. Opløsningen med æggehvide var den eneste, som gav et viskoelastisk respons og dermed viste geleringsevne. Dette forventes at skyldes de lave koncentrationer af protein.

Efterfølgende blev forsøget gentaget med protein ekstraheret fra griselunge, -milt, -nyre, spraytørret protein ekstraheret fra griselunge samt 3 forskellige typer af Na-kaseinat. Forsøget blev lavet på opløsninger med hhv. 2% og 4,8% protein med 5 gentag. Som det fremgår af grafen nedenfor, var gelingsstyrken mindre end den kvantificerbare grænse for de ekstraherede proteiner ved 2% protein, mens den var kvantificerbar for de 3 typer Na-kaseinat. Ved 4,8% protein kunne der opnås gode resultater for alle 7 prøver.





Dermed blev det bekræftet, at det manglende viskoelastiske respons skyldes lav proteinkoncentration, og observeret, at gode resultater kan opnås ved at vurdere højere proteinkoncentration.

#### Skumdannelse

Analyseresultater for skumdannelse (FA) og skumstabilitet (FS) af ekstraheret lungeprotein er vist i tabel 5. Skumdannelse og skumstabilitet blev analyseret som angivet i Armstrong et al. 1979 og udviste tilsvarende værdier som vist for sojaprotein og kasein (Selmane, 2008).

**Tabel 5.** Skumdannelse (foaming ability, FA) og skumstabilitet (foaming stability, FS) for ekstraheret lungeprotein, sojaprotein og kasein.

Ekstrakt	FA (%)	FS (min)
Lungeekstrakt pH 9	65	51
Lungeekstrakt pH 10,8	80	70
Lungeekstrakt NaCl, 1,5 M	50	45
Lungeekstrakt KCl, 0,1 M	30	65
Soya protein (Selmane, 2008)	18	60
Kasein (Selmane, 2008)	45	19

Ved sammenligning af de forskellige ekstraktionsmetoder medførte basisk ekstraktion og salteksaktion kraftigere skumdannelse end både soja og kasein. Skumstabiliteten for det ekstraherede protein var 2-3 gange højere end skumstabiliteten for kasein, mens den var sammenlignelig med skumstabiliteten for sojaprotein. Det var dog svært at opnå ensartede resultater ved gentag.

#### Konklusion

Proteinekstrakternes funktionalitet blev indledningsvist screenet ved hjælp af vandbindings-index, geleringsevne, skumdannelse og skumstabilitet. Geleringsevne kunne kun påvises i enkelte prøver ved 2% protein. Ved test af prøver med 4,8% protein blev geleringsevne påvist i alle prøver med varierende geleringsstyrke. På baggrund af dette anbefales, at geleringsevne vurderes ved koncentrationer, der er høje nok, til at der observeres et viskoelastisk respons. Dog bør koncentrationen ikke være højere, end hvad der kan forventes af protein:vand-forhold i en recept. Da det var svært at opnå ensartede resultater ved gentag af skumdannelses- og skumstabilitetsanaly-

serne, samt at dette ikke vurderes som en relevant funktionalitet i de matricer, der testes i dette projekt, anbefales det fremadrettet at vurdere funktionalitet på baggrund af vandbindings-index og geleringsvnen.

### 3. Opskalering og optimering til pilotskala (2019)

Opskalering og optimering af ekstraktionsmetoden er sket i 3 trin. Først blev metoden opskaleret fra 100 gram til 10 kg råvare og efterfølgende optimeret i forhold til valg af porestørrelse ved membranfiltrering samt justering af pH under den indledende ekstraktionsproces.

#### Trin 1. Opskalering af laboratorieekstraktionsmetoden til pilotskala

Proces

Ekstraktionsmetoden er udviklet på griselunger, hvor der kun kan anvendes lunger fra hængende skoldning. Råvarerne transporteres ved 2°C fra slagteriet, hvorefter de hakkes fint og vakuumpakkes i 10 kg poser. Lungerne opbevares på frost ved -40°C indtil ekstraktion.

Pilotanlægget består af 3-4 trin: (1) ekstraktion under omrøring, (2) centrifugering, (3) membranfiltrering og evt. (4) spraytørring. Pilotprocesudstyr for trin 2 og 3 er vist i foto 1 og 2 nedenfor. Udstyret blev indkøbt hos Alfa Laval med støtte fra Norma og Frode Jakobsens Fond.

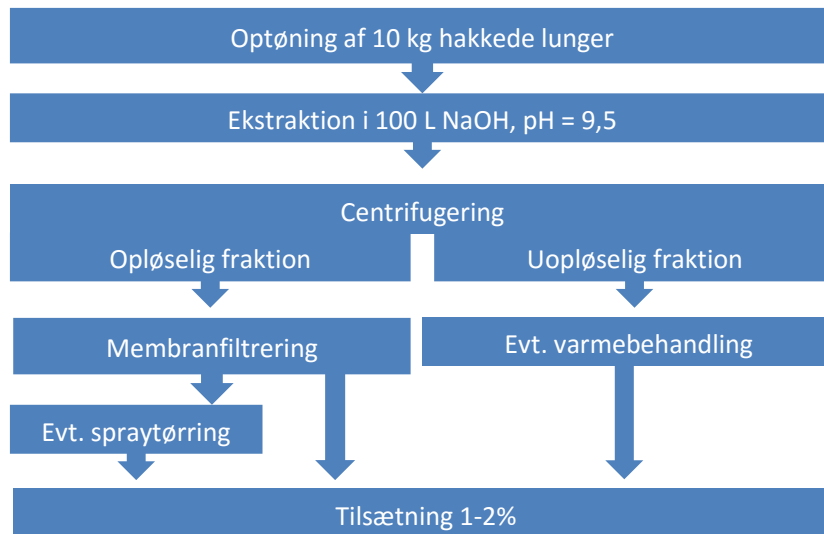
Hele processen tager 1-2 dage og gennemføres ved at tilføje 10 kg optøede svinelunger til et omrørerkar med 97,2 L vand og 2,8 L 1% NaOH for at opnå pH 9,5 under ekstraktionen. Efter omrøring i 1 time, ved høj hastighed, forbindes omrørerkarret til en Alfa Laval Clara 20 centrifuge og centrifugeres med en hastighed på 9000 rpm svarende til 11 g. Lungeopløsningen tilføres centrifugen med en hastighed på cirka 0,4 m<sup>3</sup>/t, og hver 3 minut 'skydes' den uopløselige lungefraktion ud, mens centrifugatet med de letopløselige proteiner opsamles i en beholder. Centrifugatet opkoncentreres efterfølgende vha. membranfiltrering med en Alfa Laval TestUnit M20. Retentat skal anvendes enten inden for 5 dage på køl eller opbevares på frost ved -18°C.



Centrifugering af lungeekstrakt med en Alfa Laval Clara 20 centrifuge



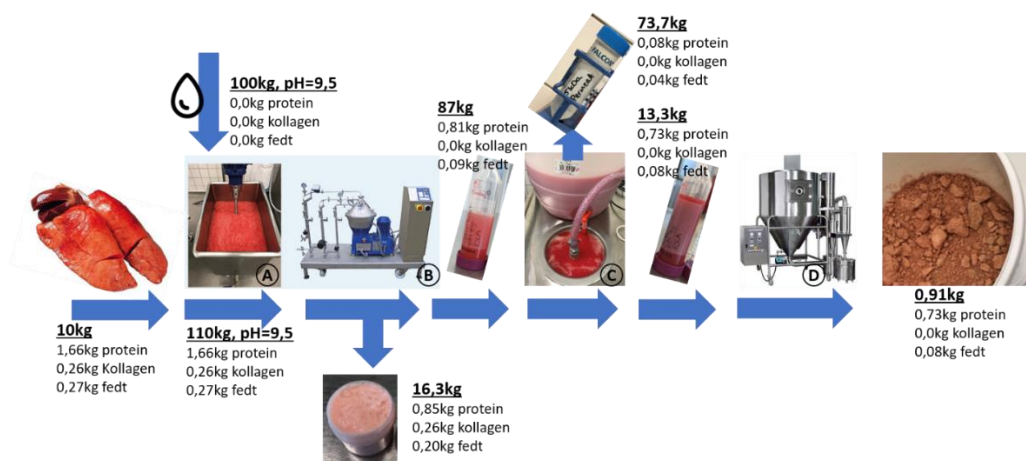
Membranfiltrering af supernatant (opløselig fraktion) med en Alfa Laval TestUnit M20.



*Konklusion*

Pilotskalaprocessen er dimensioneret til 10 kg råvare, og ved anvendelse af griselunger er det vist, at ca. 50% af proteinet opløses i supernatanten, mens ca. 50% af proteinet 'skydes' ud i den uopløselige fraktion. I den uopløselige fraktion findes alt kollagen fra lungerne, samt cirka 2/3 af lungernes fedtindhold. Ved yderligere optimering af den indledende ekstraktion kan udbyttet sandsynligvis forbedres, og optimeres den efterfølgende separation, vil mængden af fedt i supernatanten sandsynligvis kunne reduceres.

Retentatet betragtes som den funktionelle fraktion og kan anvendes direkte efter membranfiltrering (5-6% protein) eller opkoncentreres/tørres yderligere. I nedenstående flowdiagram er vist en massebalance for opkoncentrering af retentatet ved hjælp af spraytørring, hvorved der kan opnås et pulver indeholdende ca. 80% protein.



**Figur 3.** Flowdiagram over ekstraktionsprocessen af protein fra griselunger samt massebalance af protein til vurdering af udbytte. A: ekstraktion under omrøring, B: centrifugering, C: membranfiltrering 25 kDa, D: spraytørring.

## Trin 2. Optimering af cut-off-value under membranfiltrering (forsøg 1)

Det er uvist, om/eller i hvilket omfang der dannes bitterstoffer under basisk ekstraktion, men ved at membranfiltrere den opløselige proteinfraktion, forventes det, at risikoen for tilstedeværelse af bitre peptider kan minimeres, da mindre proteiner filtreres fra, samtidig med at proteinindholdet opkoncentreres. Membranens porestørrelse forventes derfor at have betydning for den sensoriske kvalitet, og at en høj cut-off-value vil tilbageholde de største proteiner, mens en mindre porestørrelse kan øge sandsynligheden for bitter smag.

I forsøget blev betydningen af membranernes porestørrelse undersøgt i forhold til funktionalitet og sensorisk kvalitet i en smagsneutral fødevarer. Der blev anvendt basisk ekstraheret lungeprotein (pH 9,5), og fire forskellige typer membraner med cut-off-værdier på hhv. 5, 10, 25 og 50 kDa blev sammenlignet.

### Resultater

#### Funktionelle egenskaber

Funktionalitet af ekstraheret lungeprotein blev analyseret ved måling af gelingstemperatur, geleringsstyrke og vandbindingsevne. Resultatet er vist i tabel 6. Sammenlignes funktionaliteten med 5,5% Na-kaseinat-opløsning, viser resultatet, at lungeproteinet kan danne en kraftigere gel end Na-kaseinat, mens vandbindingsevnen er lidt lavere.

**Tabel 6.** Funktionelle egenskaber af det oprensede protein ekstraheret ved pH 9,5 afhængig af cut-off-værdien under membranfiltrering.

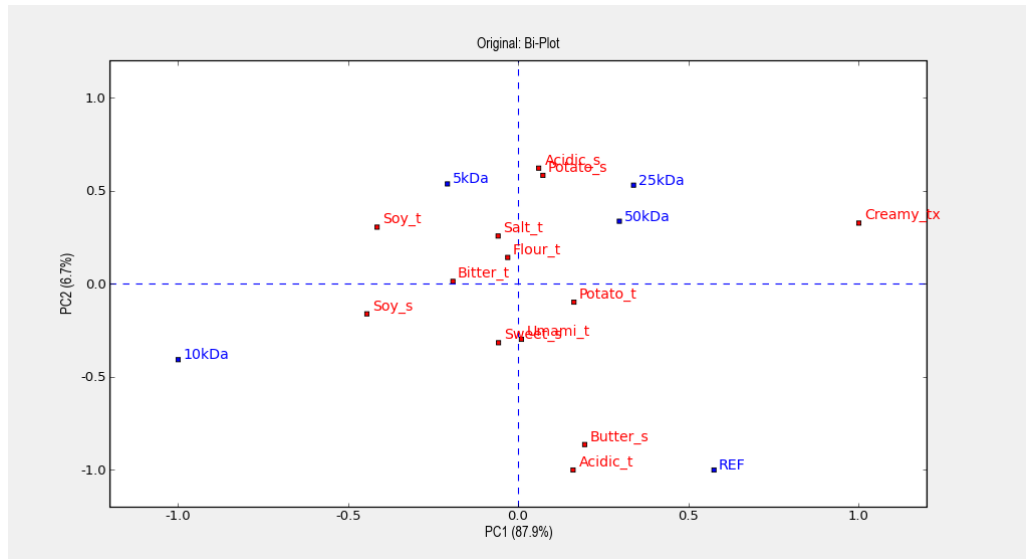
	5 kDa (6,0%)	10 kDa (4,5%)	25 kDa (5,0%)	50 kDa (6,5%)	Na-kaseinat (5,5%)
Gelingstemperatur [°C]	41,3 ± 1,2	47,1 ± 2,9	43,8 ± 3,3	40,0 ± 1,2	57,1 ± 2,6
Gelstyrke [Pa]	55597 ± 7685	48803 ± 14684	71313 ± 13135	62233 ± 7297	11504 ± 1846
Vandbindingsevne	9,5 ± 0,7	12,5 ± 0,0	10,8 ± 0,3	13,3 ± 0,1	21,0 ± 0,4

#### Sensorisk bedømmelse

Den sensoriske bedømmelse blev gennemført ved at tilsætte spraytørret lungeprotein til kartoffelmos. Der blev tilsat 1% protein fra hver af de fire fraktioner, og et sensorisk panel, bestående af 7 trænedede dommere, bedømte 13 sensoriske egenskaber relateret til både lugt (s), smag (t) og tekstur (tx).

I figur 4 ses et bi-plot over resultaterne, der viser, at størstedelen af variationen mellem prøverne kan forklares af PC1 (87,9%), mens PC2 blot forklarer 6,7% af variationen. Egenskaber og prøver placeret tæt ved nulpunktet bidrager ikke til variationen, og analysen viste, at det er kun smag af 'smør' og 'soja' samt cremet tekstur, der er signifikante.

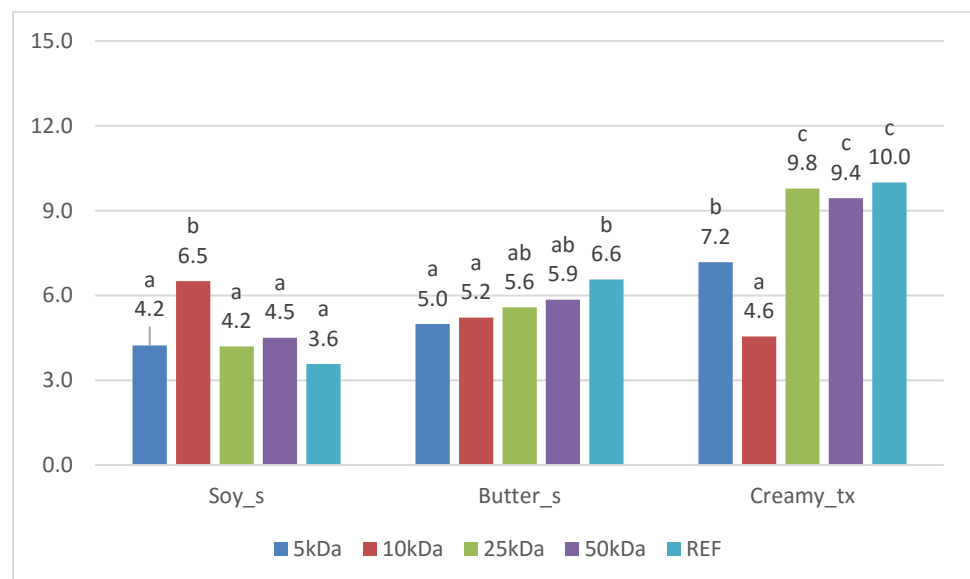
Referencen samt prøverne med protein større end 25 kDa og 50 kDa er placeret længst til højre og er mest associeret til cremet tekstur, mens prøver tilsat protein større end 10 kDa ligger modsat referenceprøven til venstre i diagrammet og er tættere associeret med egenskaben sojasmag og -lugt.



**Figur 4.** Bi-plot over sensorisk bedømmelse af kartoffelmos med og uden (REF) tilsat lungeprotein. Prøverne er tilsat 1% protein og membranfiltreret med cut-off-værdier på 5, 10, 25 og 50 kDa.

Den egenskab, der er mest påvirket af proteinet, er konsistens, og især anvendelse af 5 kDa og 10 kDa adskiller sig fra referencen ved at have en signifikant mindre cremet konsistens (figur 5). Men smagen påvirkes også i nogen grad, hvor protein med mindre end 10 kDa medfører mere intens sojasmag end referencen, og 5-10 kDa medfører mindre smørsmag.

Trods afstanden mellem prøverne i bi-plottet kunne der kun påvises få signifikante forskelle mellem prøverne. Det kan derfor konkluderes, at smagspåvirkningen ved at anvende 1% lungeprotein ikke er væsentlig stor, især ikke hvis der anvendes membraner med en cut-off-værdi på 25-50 kDa.



**Figur 5.** Signifikante egenskaber ved tilsætning af 1% protein, membranfiltreret med cut-off-værdier på 5, 10, 25 og 50 kDa.

## Konklusion

Funktionaliteten af det ekstraherede protein er ikke umiddelbart påvirket af porestørrelsen under membranfiltrering, da der ikke blev fundet signifikant forskel på hverken geleringsstemperatur, geleringsstyrke eller vandbindingsevne. Visuelt kunne dog ses, at tilsætning til kartoffelmos medførte en tykkere konsistens.

Ved sensorisk bedømmelse af kartoffelmos tilsat 1% lungeprotein blev der kun påvist få sensoriske forskelle, hvor enkelte egenskaber varierede i mindre grad fra referencen. Derfor konkluderes, at smagen ikke forringes væsentligt ved anvendelse af 1% protein i en smagsneutral fødevarer.

### Trin 3. Optimering af pH under basisk ekstraktion (forsøg 2)

Forsøgene i laboratorieskala viste, at jo højere pH-værdien er under ekstraktion, jo højere bliver ekstraktionsudbyttet. Dette mønster forventes gentaget ved opskalering til pilotskala.

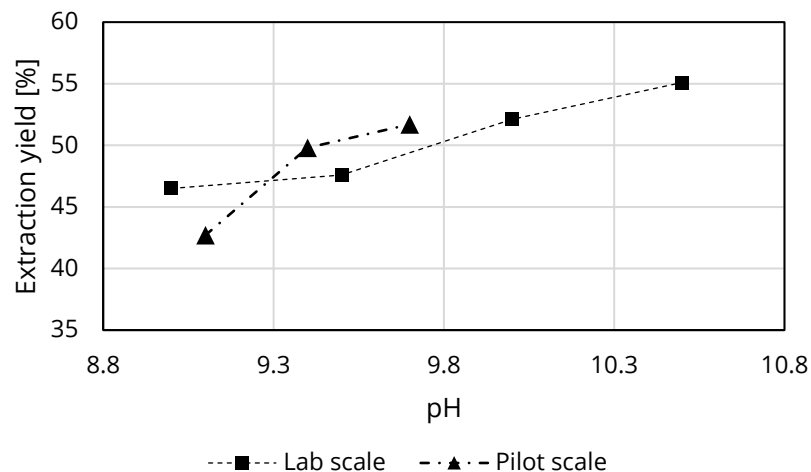
For at belyse pH-værdiens betydning for ekstraktionsudbyttet, funktionalitet og den sensoriske kvalitet af lungeprotein, skulle lungeprotein ekstraheres ved hhv. pH 9,0, 9,5, 10,0 samt 10,5.

## Resultater

For at sikre ens behandling af alle prøver blev det ekstraherede protein membranfiltreret med en porestørrelse på 25 kDa. I løbet af forsøget viste det sig, at bufferkapaciteten af griselunger gjorde det vanskeligt at ramme de ønskede pH-værdier, og derfor kunne der kun redegøres for datapunkterne pH 9,1, 9,4 og 9,7.

### Ekstraktionsudbytte

Ekstraktionsudbyttet er vist i figur 6, der viser, at jo højere pH, der anvendes, jo højere ekstraktionsudbytte kan der forventes. Resultatet er i overensstemmelse med resultater fra ekstraktionsforsøg i laboratorieskala, der viste samme tendens.



**Figur 6.** Ekstraktionsudbytte afhængig af pH i laboratorieskala samt i pilot plant. Ekstraktionen er gennemført med 1 times omrøring.

### Funktionelle egenskaber

I tabel 7 ses resultaterne fra funktionalitetsanalyserne. Der er ingen tvivl om, at proteinet besidder funktionelle egenskaber, men der kunne ikke påvises en forskel i funktionaliteten mellem de fire pH-værdier. Sammenlignes funktionaliteten op imod Na-kaseinat, er vandbindingsevnen på samme niveau som for lungeprotein, mens geleringsstyrken er cirka fire gange så høj som for det ekstraherede lungeprotein (tabel 7).

**Tabel 7.** Funktionelle egenskaber af protein ekstraheret fra griselunger ved varierende pH

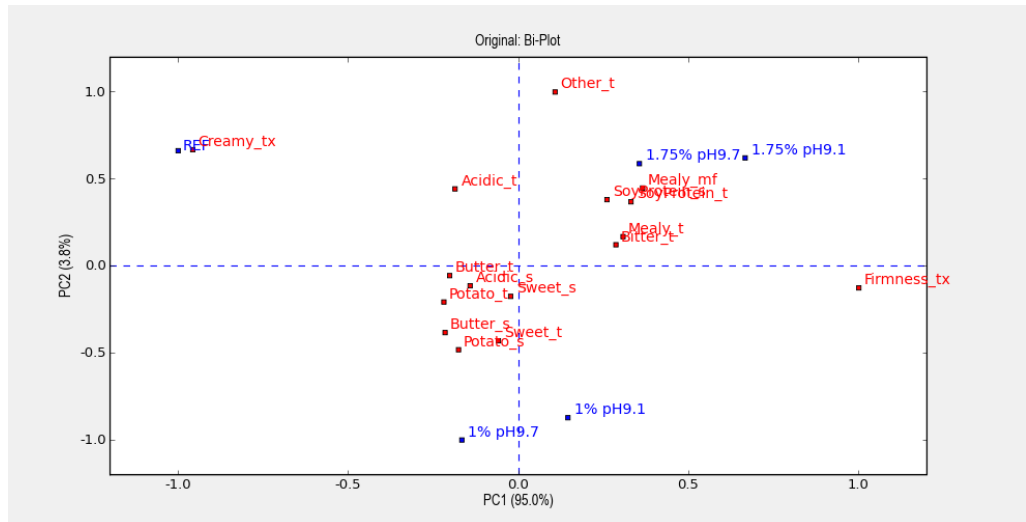
	pH 9,1 (5,5%)	pH 9,3 (5,5%)	pH 9,4 (5,4%)	pH 9,7 (6,0%)	Na-kaseinat (5,5%)
<b>Geleringstemperatur [°C]</b>	45,2 ± 1,4	44,2 ± 2,7	45,7 ± 2,9	45,1 ± 0,7	57,1 ± 2,6
<b>Gelstyrke [Pa]</b>	55587 ± 12531	43947 ± 6324	45667 ± 2007	42600 ± 6829	11504 ± 1846
<b>Vandbindingsevne</b>	19,0 ± 0,3	13,5 ± 0,2	20,1 ± 0,4	19,0 ± 2,8	21,0 ± 0,4

Den sensoriske bedømmelse blev gennemført ved tilsætning af spraytørret lungeprotein til kartoffelmos. Der blev tilsat 1% protein fra hver af de fire fraktioner, og et sensorisk panel, bestående af 7 trænede dommere, bedømte 13 sensoriske egenskaber relateret til både lugt (s), smag (t) og tekstur (tx).

### Sensorisk bedømmelse

Den sensoriske bedømmelse blev gennemført ved at tilsætte spraytørret lungeprotein, ekstraheret ved henholdsvis pH 9,1 og 9,7, til kartoffelmos. Proteinets blev tilsat i to koncentrationer, henholdsvis 1% og 1,75% protein. De fem prøver med og uden protein blev bedømt af et sensorisk panel bestående af 7 trænede dommere på en 15 cm linjeskala gående fra lav til høj intensitet. Der blev i alt bedømt 16 sensoriske egenskaber, som ses af bi-plottet i figur 7.

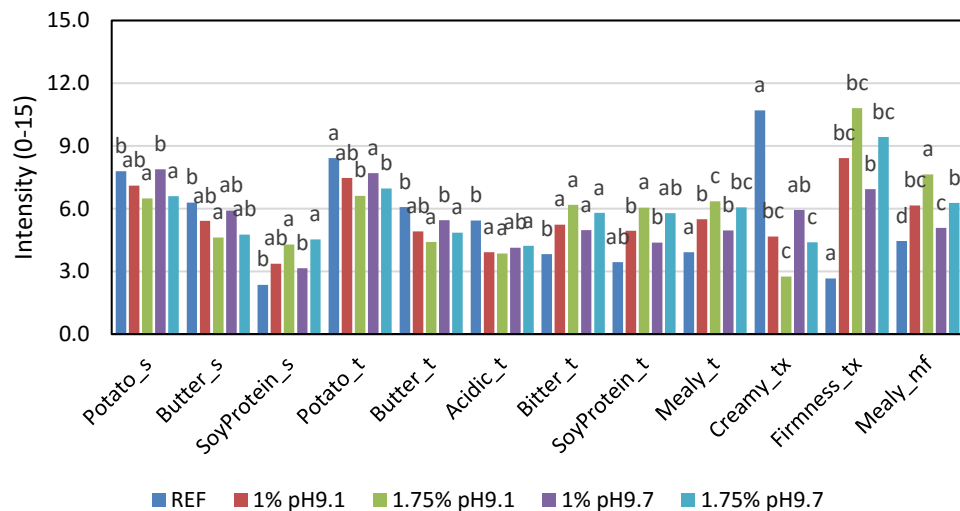
Af nedenstående plot ses, at størstedelen af variationen er forklaret ved PC1 (95,0%), mens PC2 kun forklarer 3,8% af variationen. Referencen (REF), der ligger længst til venstre i plottet, er tæt associeret med egenskaben 'cremet tekstur', mens prøver tilsat protein er placeret længere mod højre og kendetegnet med en mere fast konsistens (firmness\_tx). Dette tyder på, at lungeproteinets udviser funktionelle egenskaber, og at væske bindes i kartoffelmosen.



**Figur 7.** Bi-plot fra PCA-analyse af sensorisk bedømmelse af kartoffelmos uden tilsat protein (REF), samt tilsat hhv. 1% og 1,75% protein ekstraheret ved enten pH 9,1 eller 9,7.

Prøver og egenskaber placeret tæt ved 0-punktet bidrager minimalt til variationen, og derfor forventes kun mindre forskelle i lugt og smag mellem referencen og prøverne tilsat 1% protein. Derimod er prøverne tilsat 1,75% protein placeret længere mod højre, hvilket betyder, at de afviger mere fra referencen. Mange af de positivt ladede ord som 'kartoffel', 'smør', 'sødme' og 'syrlig' er placeret omkring nulpunktet og bidrager minimalt til variationen mellem prøverne. Derimod er egenskaberne 'bitter', 'melet' og 'soja' associeret med kartoffelmos tilsat 1,75% protein.

De egenskaber, der bidrager mest til variationen, er konsistensegenskaber som 'melet', 'fasthed' og 'cremet', og disse egenskaber påvirkes betydeligt ved tilsætning af lungeprotein, især ved tilsætning af 1,75%, men også 1% medfører signifikante ændringer. Tilsættes 1,75% ændres smagsprofilen ved at få lavere intensitet af 'kartoffel', 'smør' og 'syrlig' samt mere intens bitter smag og sojasmag. Tilsættes derimod 1%, er det kun intensiteten af 'syrlig' smag, der reduceres, mens bitter smag intensiveres.



**Figur 8.** Signifikante sensoriske egenskaber ved tilsætning af 1% eller 1,75% lungeprotein efter ekstraktion ved pH 9,1 og 9,7.



pH-værdien under ekstraktion er af mindre betydning end den koncentration, der tilsættes kartoffelmosen, men tilsættes 1,75% protein, bliver mos med pH 9,7 signifikant mindre melet, mindre fast og mere cremet end prøver med pH 9,1, mens tendensen ikke er signifikant for prøver tilsat 1% protein.

#### *Konklusion*

Ekstraktionsudbyttet afhænger af pH-værdien, hvor en højere pH-værdi giver et højere udbytte. Funktionalitet målt i laboratoriet er derimod ikke påvirket i pH-området 9,1-9,7, men udviser fire gange så kraftig gelstyrke som Na-kaseinat. Tilsættes 1,75% protein til kartoffelmos, påvirkes teksturegenskaberne til gengæld signifikant af pH-værdien, hvor pH 9,7 medfører mere cremet og mindre melet struktur, end hvis proteinet har været ekstraheret ved pH 9,1. Det er derfor nødvendigt at anvende proteinet i en fødevarer for at kunne bedømme det fulde potentiale.

Ved tilsætning af 1% spraytørret lungeprotein til kartoffelmos opleves der mindre forskelle i smag og lugt i forhold til referencen. Tilsættes derimod 1,75% protein til kartoffelmos beskrives smagen i højre grad med egenskaberne 'bitter' og 'soja' samt som mere fast og melet.

#### **4. Test af funktionelt protein i et kødprodukt**

De tidligere funktionalitetsanalyser har udelukkende beskrevet proteinernes vandbinding og geleringssevne, mens emulgeringseffekten vil kunne vises ved gelé- og fedtudskillelse i dåserne efter varmebehandling. For at sikre stabile farsprodukter med minimale mængder fedt- og geléudskillelse anvendes i dag Na-kaseinat som stabilisator. Na-kaseinat er lavet af kasein, som er et mælkeprotein, og er derfor et allergen. Da Na-kaseinat både er dyrt og allergent, er der interesse for at finde alternative funktionelle proteiner, som kan gå ind og erstatte dette.

Som det blev vist i figur 3, findes 50% af lungeproteinets i den opløselige fraktion og 50% i den uopløselige fraktion. Fraktionen med opløseligt protein anses for den mest funktionelle, mens det er uvist, i hvor høj grad den uopløselige fraktion har funktionelle egenskaber. Test af funktionalitet i et kødprodukt er gennemført i 2 trin. I første trin blev der testet en model-recept op imod Na-kaseinat med og uden fosfat, mens der i trin 2 blev testet sensoriske og funktionelle egenskaber ved anvendelse af forskellige ekstraktionsfraktioner. Følgegruppen valgte indledningsvist at anvende SPAM som modelprodukt, da det er et farsprodukt på dåse, og det derfor er nemt at vurdere fedt- og geléudskillelse og dermed proteinets funktionalitet i de forskellige recepter.

##### **Trin 1. Screening af funktionelle egenskaber med og uden lungeprotein og fosfat til SPAM-recept (forsøg 3)**

Trin 1 havde til formål at afprøve forskellige recepter og ingredienser forud for hovedforsøget. Der skulle udvikles en referencerecept, der kunne anvendes til at dokumentere funktionalitet af forskellige proteiner. Desuden skulle effekten af at tilsætte lungeprotein (spraytørret), Na-kaseinat og Na-tripolyfosfat som emulgator vises.

Der blev fremstillet seks recepter med og uden fosfat, Na-kaseinat og spraytørret lungeprotein. Evnen som emulgator blev vurderet på baggrund af mængden af fedt og gelé udskilt efter varmebehandling. Derudover blev der gennemført en sensorisk

bedømmelse af 26 utrænede dommer, som skulle tilkendegive, hvilket produkt de foretrak og hvorfor.

#### Geleringssevne og emulgerende egenskaber

Ved visuel bedømmelse af de enkelte recepter kunne det konkluderes, at fosfat havde stor indflydelse på mængden af fedt og gelé udskilt efter varmebehandling, mens Na-kaseinat og det spraytørrede lungeprotein i mindre grad havde indflydelse på mængden af fedt- og geléudskillelse.

Ved at varme dåserne i vandbad, og dermed smelte udskilt fedt og gelé fra farsproduktet, blev det bekræftet, at tilsætning af fosfat er essentielt for at undgå, at produkterne skiller (tabel 8). Total mængde fedt- og geléudskillelse udgør 7-20 ml i recepter med fosfat og 195-228 ml i recepter uden fosfat. Sammenlignes mængden af fedt- og geléudskillelse ved tilsætning af Na-kaseinat versus spraytørret lungeprotein, har de to proteiner samme niveau, hvilket vil sige, at lungeproteinets funktionalitet i denne sammenhæng er sammenligneligt med Na-kaseinat. Det er derimod svært at forklare, hvorfor recepter uden Na-kaseinat eller lungeprotein i begge tilfælde giver et mindre svind, end hvis proteinerne tilsættes recepten.

**Tabel 8.** Fedt- og geléudskillelse fra 3 dåser af 340 g af hver enkelt recept.

	Ingen	+ Fosfat	+ Fosfat + Kaseinat	+ Kaseinat	+ Lunge	+ Fosfat + Lunge
Gelé	125 mL	5 mL	6 mL	112 mL	162 mL <sup>1</sup>	11 mL
Fedt	70 mL	2 mL	7 mL	88 mL	66 mL <sup>1</sup>	9 mL
Total	195 mL	7 mL	13 mL	200 mL	228 mL	20 mL

<sup>1</sup>Svært at vurdere den præcise faseadskillelse mellem fedt og gelé

#### Smagsbedømmelse med utrænnet panel

Referenceprøven (fosfat og Na-kaseinat) samt prøven tilsat fosfat og lungeprotein blev serveret for et utrænnet dommerpanel bestående af tilfældige kollegaer på DMRI. Hver dommer blev bedt om at vurdere, hvilket produkt de foretrak, samt angive, om valget var truffet på baggrund af smag, tekstur, farve eller en kombination af disse tre egenskaber.

Resultatet viste, at hvis Na-kaseinat erstattes med spraytørret lungeprotein i et SPAM-produkt, vil både smag og udseende blive påvirket. Lungeproteinet gav anledning til en mere intens rødlig farve og en mere intens kødsmag. 54% af de adspurgte foretrak produktet tilsat lungeprotein, og størstedelen angav, at det var grundet bedre smag.



Ingen tilsætning

R: + fosfat, +Na-kaseinat

Prøve: + fosfat, +lungeprotein

## Konklusion

Ved at erstatte Na-kaseinat med spraytørret lungeprotein er de funktionelle egenskaber bevaret, da der ses meget lille forskel i mængden af fedt- og geléudskillelse. De sensoriske egenskaber ændres, når der anvendes lungeprotein, idet proteinet både bidrager med en mere intens rødlig farve og en mere intens kødsmag. Produktet tilsat lungeprotein blev foretrukket af 54% af de adspurgte utrænede dommere.

## Trin 2. Na-kaseinaterstatning med forskellige fraktioner

Trin 2 havde til formål at vise, om forskellige proteinfraktioner fra griselunger kan anvendes som erstatning for Na-kaseinat i et kødprodukt.

Indledningsvist blev der foretaget en alkalisk ekstraktion af protein fra griselunger, hvor 49% af proteinet blev ekstraheret til en vandig fase, mens den resterende del af proteinet var bundet i en uopløselig fraktion. Den uopløselige fraktion blev hhv. drænet for væske ved centrifugering og varmebehandlet ved 78°C i 20 timer for at nedbryde kollagen/bindevæv, inden funktionelle analyser og tilsætning i kødproduktet. Den opløselige fraktion blev efter membranfiltrering ved en porestørrelse på 25 kDa opkoncentreret ved spraytørring.

Der blev testet 4 forskellige proteinfraktioner op imod Na-kaseinat som reference. I to af recepterne (A og E) blev anvendt spraytørret protein, mens der i de tre andre (B, C og D) blev anvendt flydende proteinfraktioner. Pga. vandindholdet var det kun muligt at erstatte halvdelen af Na-kaseinatet med de flydende fraktioner, men eftersom retentatet (recept B) tidligere havde vist fire gange så kraftig gelstyrke, var der grund til at tro på et tilfredsstillende resultat.

De 5 recepter

A: Reference, tilsat 1,2% kaseinat (108 g protein)

B: Tilsat 982 g retentat, svarende til 54 g protein.

C: Tilsat 740 g centrifugesediment, svarende til 54 g protein

D: Tilsat 1.227 g varmebehandlet gelé fra centrifugesediment, svarende til 54 g protein

E: Tilsat 142 g spraytørret retentat, svarende til 108 g protein

## Resultat

Det flydende retentat, det spraytørrede retentat og det varmebehandlede "skud" blev indledningsvist analyseret for rheologi og vandbindingsevne og sammenlignet med Na-kaseinat. Grundet partikler med uopløseligt væv var det ikke muligt at analysere funktionalitet på den uopløselige proteinfraktion uden varmebehandling (tabel 9). Ud fra resultaterne vurderes det, at protein fra griselunger kan bidrage med samme funktionalitet som Na-kaseinat og måske bedre, idet det flydende og spraytørrede retentat udviser relativt høj gelstyrke.

**Tabel 9.** Funktionalitetsanalyser for flydende retentat, spraytørret retentat og varmebehandlede "skud" samt Na-kaseinat.

	Retentat (5,5%)	Varmebeh. "skud" (4,4%)	Spraytørret (5,5%)	Na-kaseinat (5,5%)
Geleringstemp. [°C]	46,07 ± 0,67	56,54 ± 1,31	48,8 ± 2,7	57,1 ± 2,6
Gelstyrke [Pa]	50450 ± 3166	9717 ± 449	24956 ± 4866	11504 ± 1846
Vandbinding [g/g]	12,5 ± 0,5 <sup>1</sup>	22,5 ± 0,5	26,1 ± 0,6	21,0 ± 0,4

<sup>1</sup>Retentatet blev frysetørret, før vandbindingsevnen blev bestemt.

I tabel 10 ses resultater for fedt- og geléudskillelse for de 5 recepter, og det er tydeligt, at den uopløselige fraktion ikke egner sig som funktionel ingrediens, idet der er målt 142-167 ml ekstrudat sammenlignet med 24 ml ved tilsætning af Na-kaseinat. Men selvom denne fraktion ikke egner sig til erstatning for Na-kaseinat, vil den måske kunne tjene andre formål, fx kunne den anvendes til proteinberigelse af produkter, hvor man ikke ønsker at påvirke den sensoriske profil.

Der udskilles mindst fedt og gelé, når der anvendes Na-kaseinat i recepten, mens der udskilles over dobbelt så meget, når der anvendes spraytørret lungeprotein (recept E), hvilket er i uoverensstemmelse med screeningsundersøgelsen i trin 1. For recepter tilsat de flydende fraktioner, hvor der kun er tilsat halvt så meget protein, kan det ikke udelukkes, at retentatet kunne performe på niveau med Na-kaseinat, hvis det kunne opkoncentreres yderligere og tilsættes recepten i samme koncentration som Na-kaseinat.

**Tabel 10.** Resultater fra fedt- og geléudskillelse af dåser. Resultater er sum udskilt fra 3 dåser, n=3.

	Recept A Na-kaseinat	Recept B Retentat	Recept C "Skud"	Recept D Varmeb. "skud"	Recept E Pulver
Fedt [mL]	13,2 ± 0,2	48,5 ± 0,5	85,7 ± 1,2	83,0 ± 0,8	38,0 ± 1,1
Gelé [mL]	10,7 ± 0,9	31,5 ± 0,5	56,0 ± 1,6	84,3 ± 0,5	20,7 ± 0,5
Total [mL]	23,8 ± 0,8	80,0 ± 1,0	141,7 ± 2,6	167,3 ± 0,9	58,7 ± 1,4
Fedt/gelé	1,2	1,5	1,5	1,0	1,9

#### Sensorisk bedømmelse

Der blev endvidere udført sensorisk bedømmelse på både kolde og varme prøver. Indledningsvist blev dommerne trænet, og den efterfølgende dag blev prøverne bedømt. Der deltog 9 trænedede dommere ved bedømmelsen, og de bedømte smag, konsistens, mundfølelse og udseende som vist i tabel 11.

**Tabel 11.** Sensoriske egenskaber bedømt på hhv. kolde og varme SPAM-prøver.

	Kold servering	Varm servering
Smag	Salt, syrlig, indmad, dåse, fasthed, bitter, kemisk/bismag, gris, fedtet	Salt, syrlig, krydderi, stegt kød-smag, sødme, bitter, kemisk/bismag, gris, fedtet
Konsistens	Saftighed	
Mundfølelse	Grynet, klæbrig/klistret, smuldrrende	
Udseende	Farve, uensartethed	Farve

Den sensoriske undersøgelse viste, at der ved både den kolde og den varme servering ses, at både flydende og spraytørret retentat adskiller sig fra Na-kaseinat ved en mørkere farve og mere salt smag for kolde produkter, mens varme produkter også adskilte sig ved en mere intens kød- og krydderismag samt sødme. Ved tilsætning af protein fra den uopløselige fraktion adskilte produkterne sig kun i mindre grad fra Na-kaseinat.

## Baggrund

### 5. Miljøbetragtning

Både forbrugere, politikere og en lang række virksomheder har øget fokus på bæredygtighed, og der efterspørges i stigende grad klimaneutrale produkter og produktioner, som kan indgå i en cirkulær livscyklus. For at vurdere, i hvor høj grad udnyttelse af griselunger til produktion af nye funktionelle ingredienser bidrager til denne dagsorden, er der foretaget en bæredygtighedsvurdering for processen.

Bæredygtighedsvurderingen er foretaget ved at beregne det funktionelle proteins Carbon Footprint (CF), som er klimabelastningen omregnet til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter for produktet. CF for de funktionelle proteiner sammenlignes derudover med CF for Na-kaseinat, da det er dette produkt, der er udset til at skulle erstattes/konkurreres med på markedet. Til vurdering af ekstraktionsprocessens klimabelastning er input og output fra samtlige trin blevet analyseret og kvantificeret som vist i figur 2.

For nemt at kunne vurdere CF af en række biprodukter efter oparbejdning ved tilvalgte enhedsoperationer, er IT-værktøjet 'Bæredygtighedsvurdering\_V1.0.xlsm' udviklet. Programmet beregner automatisk bidragene fra de forskellige procestrin (energi og svind), der lægges til klimaaftrykket for den enkelte råvare. På sigt skal bidrag fra transport, emballage m.m. også kunne medregnes.

## Konklusion

Der er defineret systemgrænser samt bestemt energiforbrug for en række enhedsoperationer for at kunne bestemme CF af proteinpulver af protein ekstraheret fra griselunger. På baggrund af disse systemgrænser, data for enhedsoperationer samt LCA-analyser i litteraturen over dansk svineproduktion er CF af det spraytørrede proteinpulver blevet bestemt til 5,20 kg<sub>CO2</sub>/kg<sub>protein</sub>. Bag dette tal ligger en lang række antagelser, fx at svinelunger som råvare tilskrives et CF på 0 kg<sub>CO2</sub>/kg, da grisen produceres for at få kød, og lungerne er et biprodukt heraf.

Den mest energiintensive proces i oparbejdningen af lungeproteinet er spraytørring af det ekstraherede protein. Det er blevet vist, at en 64% reduktion i CF for det spraytørrede lungeprotein vil kunne opnås, hvis der opkoncentreres til 20% protein i re-tentatet ved membranfiltrering frem for 5,5%.

### Samlet konklusion

For at sikre stabile farsprodukter med minimale mængder fedt- og geléudskillelse anvendes i dag Na-kaseinat som stabilisator. Na-kaseinat er lavet af kasein, som er et mælkeprotein, og er derfor et allergen. Da Na-kaseinat både er dyrt og allergent, er der interesse for at finde alternative funktionelle proteiner, som kan erstatte dette. Projektet har haft til formål at udvikle og afprøve en metode til skånsom ekstraktion af protein fra sidestrømme og påvise, om proteinerne kan anvendes som Na-kaseinat-erstatning, da disse har lav pris, lav fedtprocent og ofte et højt proteinindhold. Det kan konkluderes, at:

- Det er vigtigt, at sidestrømmene behandles optimalt på slagteriet, så maksimal råvarekvalitet opnås. Ved anvendelse af kold ekstraktion er det desuden en forudsætning, at fedtindholdet i råvaren er lavt, hvis processen skal være enkel og udbyttet så høj som muligt.

- Det er muligt ekstrahere funktionelt protein fra griselunger ved alkalisk ekstraktion, og at der med fordel kan anvendes så høj pH-værdi som muligt, da det medfører større udbytte og bedre sensorisk kvalitet ved anvendelse.
- Funktionelle egenskaber, målt i laboratoriet, kan ikke stå alene, men bør efterprøves i det produkt, hvori det ønskes anvendt.
- Ved test i SPAM er de funktionelle egenskaber af flydende retentat og spraytørret pulver ikke helt på niveau med Na-kaseinat. Grundlaget for denne konklusion er draget ud fra relativt få forsøg, og for at belyse det fulde potentiale bør der gennemføres flere forsøg, foretages optimeringer af ekstraktionsprocessen, samt findes metoder til at fjerne farve og smag.
- Ved Na-kaseinat-erstatning med lungeprotein i en fødevare bidrager proteinet med både smag og farve til produktet. Men ved test i SPAM foretrak over halvdel af de adspurgte SPAM-tilsat lungeprotein fremfor Na-kaseinat.
- 50% af lungeproteinet ekstraheres ikke og mistes derfor i den uopløselige fraktion. For at udnytte råvaren optimalt bør der findes en anvendelse for denne fraktion, fx ved at teste om den egner sig til smagløs proteinberigelse i andre typer kødprodukter. Skal proteinet udnyttes til ernæringsmæssige formål, bør man desuden kende aminosyresammensætningen for alle fraktioner.
- Carbon footprint for et spraytørret proteinpulver er blevet bestemt til 5,20 kg CO<sub>2</sub>/kg protein. Bag dette tal ligger en lang række antagelser, fx at svinelunger som råvare tilskrives et CF på 0 kg CO<sub>2</sub>/kg, da grisen produceres for at få kød, og lungerne er et biprodukt heraf.
- Den mest energiintensive proces i oparbejdningen af lungeproteinet er spraytørring. Det er blevet vist, at der kan opnås en 64% reduktion i CF, hvis retentatet kan opkoncentreres til 20% protein før tørring i stedet for de nuværende 5,5%. Ved spraytørring mister proteinet desuden en del funktionalitet, derfor bør der også testes andre metoder til opkoncentrering samt teste den funktionelle egenskaber i flere typer recepter.
- Det økonomiske potentiale er beregnet ud fra, at kun 50% af lungeproteinet kan ekstraheres, og derfor er det forventede udbytte på ca. 80 g protein/kg lunge. Da proteinet er tiltænkt at skulle erstatte Na-kaseinat, prissættes det i denne sammenhæng ens, hvilket vil betyde, at hvis 1 kg lungeprotein skal erstatte 1 kg Na-kaseinat, vil værdien af lunger stige med en faktor 3 sammenlignet med anvendelse til petfood.

## Perspektivering

Ved det afsluttende følgegruppemøde blev der udarbejdet en liste over de mest interessante problemstillinger, der ikke nåede at blive afdækket. Disse vil blive beskrevet i nye projektforslag til SAF-programmet 2021.

- Hvad kan man anvende centrifugesedimentet til? Ved ekstraktion af lungeprotein er ca. 50% af proteinet bundet i denne fraktion, der tilsyneladende ikke har nogen funktionalitet, men hvad er der ellers af muligheder?
- Vi skal vide mere omkring betydningen af cut-off-values på membranerne. Vi skal vide mere om, hvilke proteiner der bidrager med funktionalitet, og hvordan disse isoleres og opkoncentreres.
- Det er interessant at kigge på andre typer råvarer end lunger, da lunger har for lille en volumen til at bære en hel produktionslinje. Volumen skal være så stor, at den ikke kun dækker eget forbrug, men giver mulighed for salg til andre forarbejdningsvirksomheder. Det er dog et krav, at det i stor udstrækning skal kunne køres på samme anlæg.
- Kaseinat-erstatning er fortsat den mest interessante case, dog er det ikke uinteressant at se på proteinkvalitet og fordøjelighed, hvis der er mulighed for at bruge proteinet til proteinberigelse.
- Tørring er vigtig, da det giver produktet lang holdbarhed, og det sikrer, at produktet kan håndteres som øvrige ingredienser. Men investeringer i spraytørring er kostbare, og det er derfor interessant at få kigget på alternative teknologier til tørring. Alternativt skal proteinet være pumpbart i så koncentreret en form, at det giver mulighed for tilsætning i højere koncentrationer, end det har været muligt indtil videre. Ved forsøg med tørring bør også ses på opløselighed af proteinerne efterfølgende.
- Ved spraytørring mister proteinet desuden funktionalitet, men hvilke proteiner er det, der denatureres i denne proces?
- Det nuværende produkt har 3 gode karakteristika (funktionalitet, smag og farve), men i visse produkter kan det være en fordel, at produktet ikke bidrager med smag og farve. Fjernes farven, vil det øge anvendelsesmulighederne og proteinets værdi.
- Der bør udvikles laboratoriemetoder til bestemmelse af fedtbindingssevnen, så der kan screenes for denne type funktionalitet, uden først at producere kødprodukter i pilot. Det er desuden interessant at vide, om geleringsstyrken er retvisende for, hvad der sker under en autoklaving. Er geléen også stabil ved så høje temperaturer?
- Hvad må der stå på emballagen? Griseprotein, animalsk protein eller noget helt tredje? Og hvordan får man sådan et produkt godkendt? Kræves der dyreforsøg? eller hvad skal der til? og hvor store omkostninger er der forbundet med dette?

## Leverancer

Projektets resultater er offentliggjort på Teknologisk Instituts hjemmeside:  
<https://www.teknologisk.dk/projekter/sidestroemme-med-hoej-funktionalitet/40234?cms.query=sidestr%F8mme>

### Rapporter

Hofer, L. (2018). Extraction of proteins in lab-scale  
Hofer, L. (2018). Guidelines for selecting by-products at the slaughterhouse  
Kehlet, U. (2018). Nutritional quality of animal and plant-based ingredients  
Hofer, L. (2018). Variation in pH  
Kaas-Larsen, K. (2019). Examination of membrane cutoff value (forsøg 1)  
Kaas-Larsen, K. (2019). pH-variation (forsøg 2)  
Kaas-Larsen, K. (2019). Optimale betingelser (forsøg 3)  
Kaas-Larsen, K. (2019). Optimale betingelser og SPAM (forsøg 4)  
Kaas-Larsen, K. (2019). Bæredygtighedsvurdering

### Artikler

Formidling af projektresultater i populærvidenskabelige artikler er udarbejdet på tværs af SAF-projektet og Resultatkontrakten F3. Følgende artikler er publiceret.

2019: Kødproduktionen skal være klimasmart (Klaus Hansen)

- Plus Proces, side 32 i nr. 05, august 2019
- Food Supply Magazine, 26.08.2019
- Levnedsmiddelbladet Nr. 5, 2019, side 22, 27.08.19 (bilag 2)
- Dansk Kemi 100, nr. 6, 2019

2019: Få værdi ud af sidestrømmene

- Mælkeritidende 2019, Food processing for the future, side 13 (bilag 2)

2019: Funktionelle ingredienser fra biprodukter (bilag 2)

- Kaas-Larsen, K & Tørngren, M. A. (2019). Funktionelle ingredienser fra biprodukter. Fødevarer magasinet, december 2019.

### Konferencer

Seminar om bæredygtige ingredienser, 8. april 2019 DTU

Hofer, L.H., Lund, B.W. & Kehlet, U. (2019). Extracted proteins from slaughterhouse sidestreams – new functional ingredients (poster, bilag 3)

ICoMST 2019, 4.-9. August, Potsdam, Germany

Hofer, L.H., Kehlet, U., Lund, B.W & Tørngren, M.A. (2019). Extracted protein from slaughterhouse side streams – new functional ingredients for meat products. 65<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST), 4.-9. August, Potsdam, Germany (Abstract).

Hofer, L.H., Kehlet, U., Lund, B.W, Kaas-Larsen K. & Tørngren, M.A. (2019). Extraction of proteins from slaughterhouse side streams. 65<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST), 4.-9. August. Potsdam, Germany (Poster, bilag 3).



## Referenceliste

Armstrong, D.I., Stanley, D.W., Maurice, T.J., *Functional properties of microwave-heated soybean proteins*, in *Functionality and protein structure*. 1979, American Chemical Society. p. 149-154.

Gong, M., A.M. Aguirre, and A. Bassi (2016). Technical Issues Related to Characterization, Extraction, Recovery, and Purification of Proteins from Different Waste Sources. Protein Byproducts: Transformation from Environmental Burden Into Value-Added Products, ed. G.S. Dhillon. 2016. 89-106.

Koch, A.G., Møller, J., Jacobsen, T., Hemmsen, H. V., and Teilmann, J. P. Håndbog for brug af ingredienser, 2014, <https://www.teknologisk.dk/projekter/optimeret-brug-af-Ingredienser-i-koedprodukter/36021>

Pearson, A.M. and Dutson, T. R. (1988). Edible meat by-products – Advances in Meat Research, Volume 5. Elsevier applied science.

Selmane, D., Christophe, V., and Gholamreza, D. (2008). Extraction of proteins from slaughterhouse by-products: Influence of operating conditions on functional properties. Meat Science, 2008. 79(4): p. 640-647.

AKTIVITET	START	SLUT	NOTE
<b>Opstart</b>	01-01-2018	17-04-2019	Projektplan Etablering af følgegruppe Udvælgelse af sidestrømme Teoretisk vurdering af ernæringskvalitet Slagteribesøg Guidelines for håndtering af sidestrømme Metodevalg til proteinekstraktion
<b>Gate: Analyse til Metode</b>	17-04-2018	17-04-2018	
<b>Lab-skala forsøg</b>	17-04-2018	17-11-2018	Udvikling af lab-skala-metode Funktionalitet og udbytte af lab-skala-metode på lunger
<b>Gate: Metode til F-model</b>	18-11-2018	18.11.2018	STG: 18.11.2018
<b>Installation og opskalering af metode</b>	01-03-2019	30-03-2019	Procedurer for opskalering af basisk ekstraktion Sikkerhedsvurdering (arbejds miljø) Risikovurdering (fødevarer sikkerhed) Indkøring pilot-udstyr med griselunger
<b>Optimering: Membran cut off-value (forsøg 1)</b>	01-04-2019	15-05-2019	Betydning af pH under ekstraktion (mål 9.0, 9.5, 10.0, 10,5). Vandbindingsevne, geleringsstyrke, sensorik i kartoffelmos
<b>Optimering: Betydning af pH (forsøg 2)</b>	01-05-2019	30-05-2019	Membran cut off-value (5 kDa, 10 kDa, 25 kDa, 50 kDa). Vandbindingsevne, geleringsstyrke, sensorik i kartoffelmos
<b>Screening i kødprodukt (forsøg 3)</b>	11-05-2019	15-09-2019	Opkoncentrering vha. spraytørring Optimeret rengøringsprocedure Funktionalitetstest af pulver (1,5%, 3% og 5,5%) Screening af 6 recepter (+/- fosfat, lunge/kaseinat) Intern smagning (tekstur, smag, farve).
<b>Gate: F-model til Proto</b>	18-09-2019	18-09-2019	STG møde d. 18.09.2019
<b>Na-kaseinat erstatning i et kødprodukt (forsøg 4)</b>	26-08-2019	15-11-2019	Risikovurdering: pH og kimtal (under og efter ekstraktion) Massebalance: fedt, aske, vand, protein Produktion af 5 SPAM-recepter Sensorisk profil af koldt og varmt produkt Udbytte og funktionalitet (fedt- og geléudskillelse).
<b>Miljøbetragtning</b>	01-11-2019	30-11-2019	CO <sub>2</sub> -aftryk ved oparbejdning af protein (vand, energi og spild) fra griseproduktion
<b>Gate: Proto til Afslut</b>	18-12-2019	18-12-2019	STG 18.12.2019
<b>Slutrapport</b>	19-12-2019	31-12-2019	Samlet slutrapport Arkivering Lukke ned for projektøkonomien

## Kødproduktionen skal være klimasmart

Teknologisk Institut arbejder på at gøre dansk kødproduktion mere klimasmart. En oplagt mulighed er at fremstille funktionelle proteiner af sidestrømme som for eksempel lunger og milt fra slagtesvin og derved skabe værdi i forarbejdede kødprodukter.



Louise Hofer fra Teknologisk Institut er her i færd med at isolere lungeproteiner fra griselunger.



En gris kan anvendes til en række forskellige produkter. Illustrationen her viser, at grisekroppen udnyttes i høj grad og kan finde anvendelse i knap 300 forskellige produkter.

### Af fødevejjournalist Klaus Hansen

Hvert år slagtes der i Danmark millioner af grise. Ved slagtning skabes store råvareresourcer fra sidestrømme, som ikke udnyttes til fuldt potentiale. Selv blandt de konsumegnede sidestrømme som for eksempel lunger, hjerte, nyrer og milt går en væsentlig del til minkfoder, pet food eller biogas.

Griselunger indeholder imidlertid værdifulde proteiner, som Teknologisk Institut er i færd med at udvinde og forarbejde til en funktionel ingrediens til kødindustrien. Hvis dette er muligt, vil svinelunger tage et skridt op af værdikæden - fra en prisbillig sidestrøm til en værdifuld proteiningrediens.

En anden fordel ved at fremstille ingredienser af lungerne er, at kødproduktionen i det store billede bliver mere bæredygtig. Claus Mosby Jespersen fra Teknologisk Institut fortæller:

- Fra kreaturer ved vi, at hvis man udrytter alle de konsumegnede dele, vil miljøbelastningen mindskes med ca. 20 procent, og for grise vil det også have stor betydning.

### Lovende resultater

Arbejdet med at isolere lungeproteinerne er kommet godt i gang, og de første resultater ser lovende ud. Fødevejingeniør

Louise Hofer fra Teknologisk Institut fortæller:

- Vi har nu isoleret protein fra lungerne og afprøvet proteinernes funktionelle egenskaber i laboratoriet. Derudover er der gennemført sensoriske test på kartoffelmos, som var tilsat disse lungeproteiner. Her viser det sig, at proteinerne er relativt smagsneutrale og derfor ikke påvirker smagen af kartoffelmos, hvis de tilsættes i lav koncentration. Dog vil højere koncentrationer kunne medføre bismag.

### Erstatning af kaseinat

Kaseinat og sojaprotein er typisk anvendte ingredienser i kødindustrien. Disse ingredienser har en emulgerende og stabiliserende virkning i kødemulsioner, og anvendes typisk i farsprodukter. Særligt kaseinat er en relativt dyr ingrediens, og desuden kan begge ingredienser være allergener. Derfor skal kaseinat og sojaprotein fremhæves i ingredienslisten, så allergikere har mulighed for at fravælge disse stoffer.

De foreløbige undersøgelser tyder på, at de isolerede proteiner er i stand til at erstatte kaseinat og sojaprotein i kødprodukter. En sådan substitution er en fordel - både for kødindustrien og forbrugerne. Dels erstattes den dyre natriumkaseinat med en billigere ingrediens, og dels udfases allergener i kødprodukterne.

### Supplerende tests for funktionalitet og smag

På nuværende tidspunkt findes det udvundne protein som en flydende opløsning. Næste trin er at koncentrere proteinerne op og få dem over på pulverform. Pulvere er lagringsstable og lette at dosere i produktionsprocessen. Her vil Teknologisk Institut afprøve spraytørring og frysekonzentrering for at få proteinerne omdannet til en fast, pulverformig ingrediens.

Senere i projektet skal lungeproteinernes funktionalitet afprøves i forskellige farsprodukter. Til sidst skal et sensorisk panel teste de færdigfremstillede farsprodukter for lugt og smag. Hvis alle disse tests falder godt ud, så kan kødindustrien tage et skridt imod mere klimasmarte kødprodukter.

Projektet forløber over to år, og i denne periode vil Center for Kødteknologi, Center for Slagteriteknologi og Center for Køle- og Varmepumpeteknik arbejde sammen om at udvikle nye løsninger til en mere klimasmart kødproduktion.

Aktiviteterne i projektet er støttet af Styrelsen for Institutioner og Uddannelsesstøtte, der er placeret under Uddannelses- og Forskningsministeriet, Svineafgiftsfonden samt Norma og Frode Jacobsens fond.

# Få værdi ud af sidestrømmene

Teknologisk Institut hjælper fødevarerhverv med at optimere anvendelsen af biprodukter.

Klimainsats og kamp mod madspild øger fødevarerindustriens fokus på udnyttelsen af sidestrømme fra produktionen. Det kan være udvinding af ingredienser eller udvikling af nye fødevarer.

Processer til udvinding af relevante højværdistoffer med den rette renhed skal udvikles. Her kan der være en række udfordringer i forhold til procesvalg, kvalitet og funktionalitet samt opskalering. Desuden skal funktionaliteten og smagen af sidestrømsprodukterne testes og dokumenteres.

## Teknologisk Institut kan hjælpe jer med:

- Vurdering af sidestrømmes potentiale
- Udvikling af processer til udvinding af højværdiprodukter
- Karakterisering af højværdiprodukter
- Produktudvikling

- Test af funktionalitet og sensorisk kvalitet
- Udnyttelse af sidestrømme fra kød og fisk samt frugt og grønt
- Adgang til laboratorier og pilotanlæg

Få assistance fra vores mange specialister på området, og brug vores moderne testfaciliteter: fødevarerlaboratorier, sensoriske analyser, pilotanlæg og udviklingskøkkenet FoodtureLab.

## Case: Fra fiskeskind til snacks

Fiskeskind er i dag et biprodukt fra fiskeindustrien. I samarbejde med en række industripartnere udvikler Teknologisk Institut højværdiprodukter som fiskegelatine og fiskechips fra fiskeskind. Der arbejdes med produktionsmetoder, produktudvikling samt tests og kvalitetsvurdering.

## Case: Fra slagterisidestrøm til funktional proteiningrediens

En væsentlig del af sidestrømme som fx lunger, hjerte, nyrer og milt går i dag til foder eller biogas. Disse sidestrømme har et højt proteinindhold. I samarbejde med kodindustrien undersøger Teknologisk Institut mulighederne for at ekstrahere proteiner fra sidestrømmene.

**Teknologisk Institut**

**Få hjælp – Har du en sidestrøm, du vil udnytte, så mød os til Food Processing for the Future den 16. januar 2020, eller kontakt os:**

**Mari Ann Tørngren, Seniorprojektleder, Teknologisk Institut**  
+45 72 20 26 82 – matn@teknologisk.dk



### tema



## Funktionelle ingredienser fra biprodukter

Teknologisk Institut arbejder på at udvikle funktionelle ingredienser af proteinrige sidestrømme fra kødproduktion.



Ekstraktion af proteiner fra griselunger under overvågning i et bioteknologisk laboratorium.

Danmark er et landbrugsland, hvor der hver eneste dag slæbes mange tusinde grise. Kun en brøkdel af grisene går til spilde, men blandt de konsumerede sidestrømme som fx lunger, hjerte, nyrer og milt går en væsentlig del til foder eller biogas. Disse sidestrømme har et højt proteinindhold og kan potentielt anvendes både til proteinberigelse eller som funktionelle ingredienser i fødevarer.

### Udvinding af proteiner

Teknologisk Institut har udviklet en metode til ekstraktion af proteiner fra sidestrømme og har screenet proteinudbyttet fra griselunger, -milt og -nyrer. Metoden bygger på, at proteiner ekstraheres fra frokoblede sidestrømme i en vandig fase. Forskellige ekstraktionsmidler er blevet testet, og en basisk ekstraktionsmiddel er blevet valgt, og en basisk ekstraktion har vist sig at lede til det højeste udbytte. Sam-

tidig mindsker den høje pH-værdi også risikoen for vækst af mikroorganismer.

Der har ikke vist sig muligt at adskille alle proteiner til den vandige fase, da nogle proteiner vil være at finde i en uoploselig fraktion. Den uoploselige fraktion kan adskilles fra de opløselige proteiner ved hjælp af centrifugering. Denne fraktion forventes ikke at have funktionelle egenskaber, men vil muligvis kunne udnyttes til proteinberigelse" siger konsulent Kjartan Bjarnov Kaas-Larsen, der har arbejdet med metoden de seneste 6 måneder.

### Bearbejdning

Papirer og små proteiner kan give anledning til bitter smag og er derfor uønskede. For at fjerne disse membranfiltreres den vandige opløsning, hvorefter de mindste proteiner fjernes. Samtidig opkoncentreres proteinerne til et eks-

trakt, der kan tilføres som ingrediens til andre fødevarer. Forskellige teknologier til at fjerne mere vand fra ekstraktet skal undersøges, således at proteinerne kommer på pulverform, med de fordelte dette medfører for håndtering i produktions- og lagringsfasen.

### Funktionalitet

Det ekstraherede proteins evne til at binde vand og gelere er blevet vurderet og sammenlignet med natrium-kaseinat, der er et mælkeprotein, som ofte tilsættes kødprodukter som emulgator. Resultaterne viser, at vandbindingsevnen for griselunge og -milt er på niveau med natrium-kaseinat, mens den er lidt lavere for protein ekstraheret fra nyrerne. Geleringsstyrken viser sig dog for alle ekstraherede proteiner at være markant højere end for natrium-kaseinat, hvor proteiner fra milt kan danne en over 8 gange så kraftig gelé.

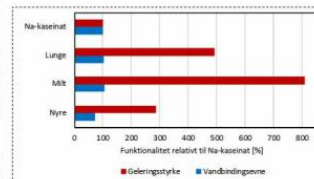
### Potentiale

Resultaterne viser, at proteinerne ekstraheret fra animalske sidestrømme besidder funktionelle egenskaber, og at der er perspektiv i at arbejde videre med optimering af ekstraktionsmetoden samt opkoncentrering af protei-

ner. I øjeblikket anvendes alle de ekstraherede proteiner, men det er uvist, om det kan være en delmængde af den samlede proteinfraktion, der reelt bidrager til funktionaliteten. Derfor skal der ses nærmere på, om særligt funktionelle proteiner kan identificeres og oprennes, som det vi kender fra natrium-kaseinat. Hvis det lykkes at opnå en bedre udnyttelsesgrad af grisene ved at anvende alle spiselige dele,

vil det ikke kun give mulighed for produktion af allergen-fri ingredienser, men potentielt også kunne lede til et lavere klimaftryk set i forhold til grisens slakteragt.

Arbejdet er støttet af Synthes for Innovationer og Videnskabscenteret under Udviklingen og Fremragende videnskab, Science & Innovation samt Norm og Frøde Jørgensen Fond.



Sammenlignelse af evnen til vandbinding og geleringsstyrke af de ekstraherede proteiner og på niveau med natrium-kaseinat, mens geleringsstyrken er markant højere fra de ekstraherede proteiner.

### tema



Viden, der virker

WWW.DMIR.DK



# Extraction of proteins from slaughterhouse side streams

– new functional ingredients

Louise Hededal Hofer, Birgitte Langa Winther Lund and Ursula Konietz

### INTRODUCTION

Side streams from the meat industry are a potential source of high-quality proteins for human consumption. However, some side streams e.g. lungs, heart and spleen are not desirable for human consumption per se, and technical solutions for processing of such animal side streams are needed for better utilization and upscaling of their proteins.

One solution for better utilization is extraction of the proteins. When extracting proteins from a solid matrix, the first step is to solubilize the intracellular material. This can be done chemically, physically or biologically. Until now, the Danish meat industry has primarily attempted to upgrade the side streams through rhyolysis. During production of rhyolysates, the proteins lose their functionality, and bitter peptides are often formed, which is not favourable for further application.

It is important to maintain the functionality of the proteins in order to utilize these proteins as emulsifying or gelling agents in meat processing.

### AIM

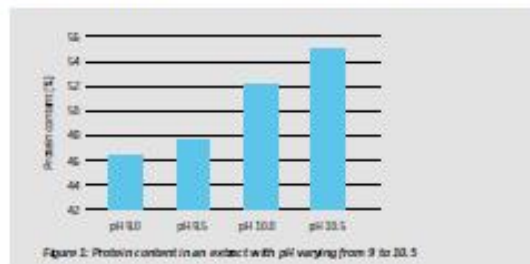
To develop a gentle extraction method (without elevated temperatures) for protein extraction from a solid slaughterhouse side stream matrix.

### CONCLUSIONS

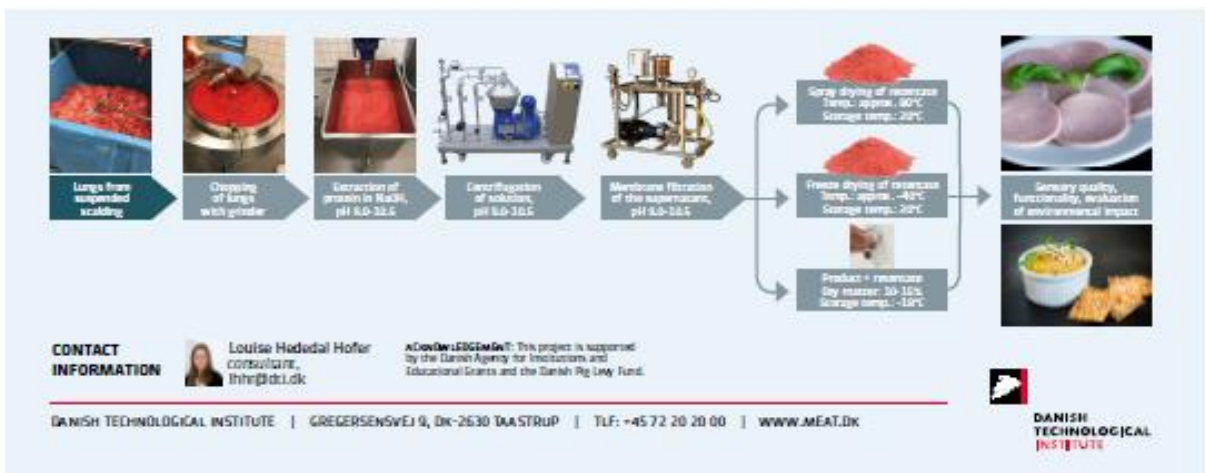
Alkaline extraction is a gentle method for extracting proteins from a solid matrix such as porcine side streams. Increasing pH results in an increased extraction yield.

### RESULTS

Different cold extraction methods were evaluated in a screening trial. Alkaline extraction showed the greatest potential compared to different salt extractions (NaCl and KCl) and solvent extraction (isopropanol).



A positive correlation between pH and the extraction yield was found, with a higher pH resulting in a higher extraction yield. Although a higher pH resulted in greater extraction yield, it has a negative effect on the wearing of the equipment. Usually the wearing of the equipment is determined by the number of cleaning cycles, which are performed at pH 11. Using an extraction solvent of pH 11 would thereby reduce the wearing of the equipment as it is expected to be cleaned between every extraction. Lowering the pH is therefore relevant due to the rentability of the process.





# Extraction of proteins from slaughterhouse side streams

– new functional ingredients

Louise Heedaa Hofer, Birgitte Winther Lund, Kjartan Kaas-Larsen and Mari Ann Terngren

## INTRODUCTION

Side streams from the meat industry are a potential source of high-quality proteins for human consumption. However, some side streams e.g. lungs, heart and spleen are not desirable for human consumption per se, and technical solutions for processing of such animal side streams are needed for better utilization and upscaling of their proteins.

One solution for better utilization is extraction of the proteins. When extracting proteins from a solid matrix, the first step is to solubilize the intracellular material. This can be done chemically, physically or biologically. Until now, the Danish meat industry has primarily attempted to upgrade the side streams through hydrolysis. During production of hydrolysates, the proteins lose their functionality, and bitter peptides are often formed, which is not favourable for further application.

It is important to maintain the functionality of the proteins in order to utilize these proteins as emulsifying or gelling agents in meat processing.

## AIM

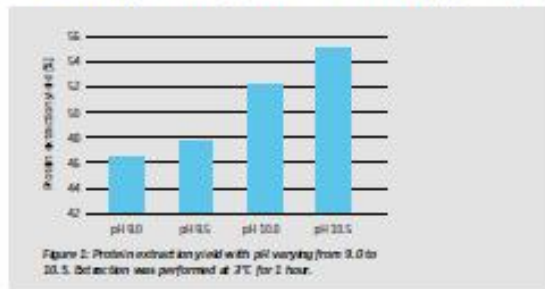
To develop a gentle extraction method (without elevated temperatures) for protein extraction from a solid slaughterhouse side stream matrix.

## CONCLUSIONS

Alkaline extraction is a gentle method for extracting proteins from a solid matrix such as porcine side streams. Increasing pH results in an increased extraction yield, and no bitter taste was perceived when adding 1% protein to mashed potatoes.

## RESULTS

Different cold extraction methods were evaluated in a screening trial. Alkaline extraction showed the greatest potential compared to different salt extractions (NaCl and KCl) and solvent extraction (isopropanol).



A positive correlation between pH and the extraction yield was found, with a higher pH resulting in a higher extraction yield. The sensory assessment indicated no significant differences in taste and smell by addition of 1% protein to mashed potatoes, though the addition of 1.75% protein reduced the taste of potato and butter while increasing the bitterness and other off-flavours. Addition of protein increased the firmness of the texture, indicating functionality of the extracted proteins. No significant differences were observed by changing the pH during the extraction of the proteins.

