

GRØN BIORAFFINERING FRA IDÉ TIL VIRKELIGHED

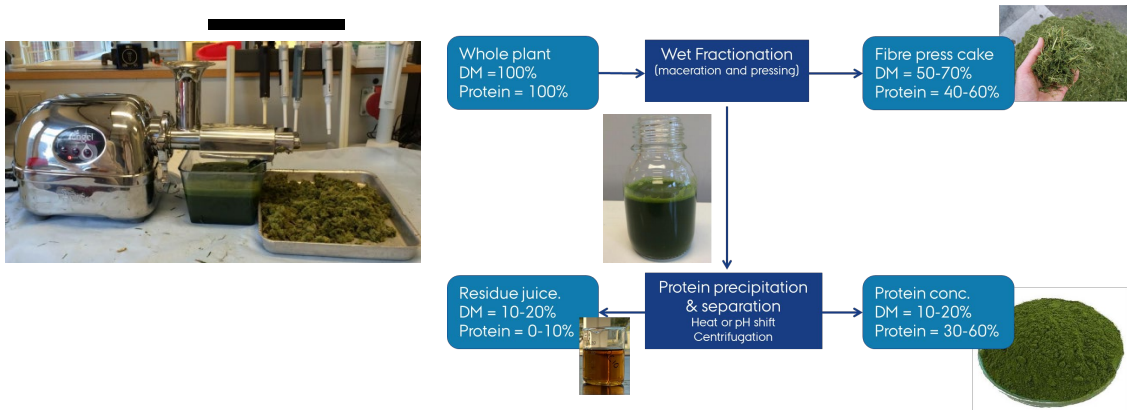
HVOR ER VI MED FORSKNING OG UDVIKLING?

Lektor, Morten Ambye-Jensen, Aarhus Universitet
Department of Biological and Chemical Engineering,
Forskningsgruppe: [Green Biorefining Technologies \(au.dk\)](mailto:maj@bce.au.dk)
maj@bce.au.dk



FORSKNING OG UDVIKLING AF GRØN BIORAFFINERING DK SIDEN 2013

MED FOKUS PÅ "BASE CASE" PROCESSEN



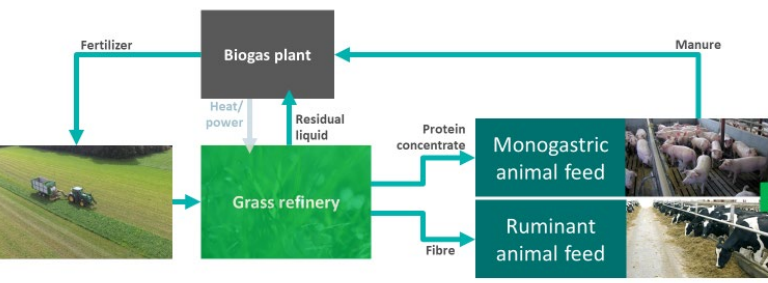
FIGUR 6: Fodringsforsøg med pressekage og almindelig græsensilage til malkekøer (Projekt BioValue).

FIGUR 3: Fodringsforsøg med stigende mængder græsprotein til æglæggende hener (Projekt: OrganoFinery).

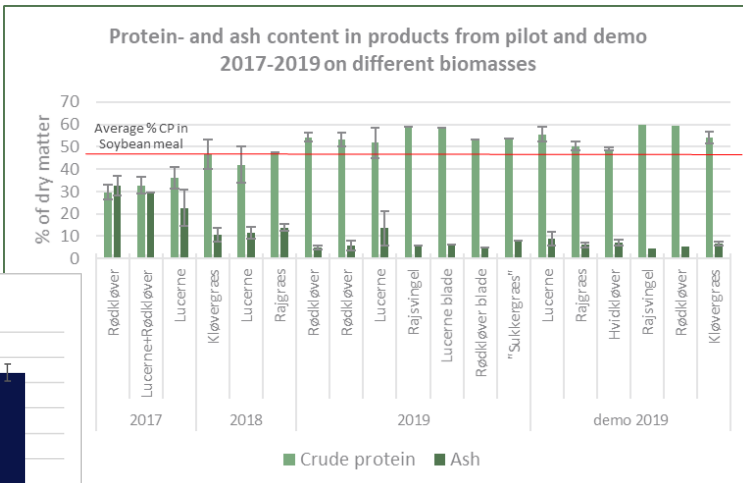
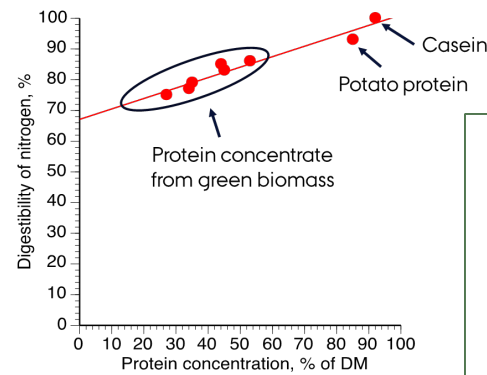
2015

BASE CASE - BASIS PROCESSEN

FOKUS PÅ EN SIMPEL, PRAKTISK, SKALÉRBAR OG BULK PRODUKT APPLIKATIONER



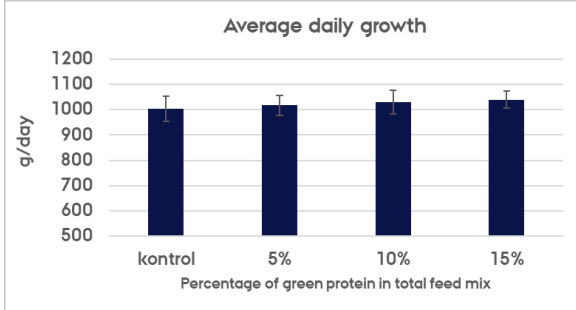
2016



2017



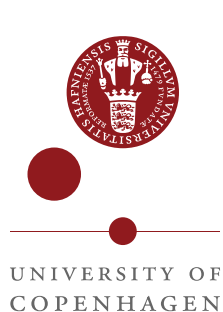
GRØN BIORAFFINERINGSKONFERENCE, LBST
25 OCTOBER 2022



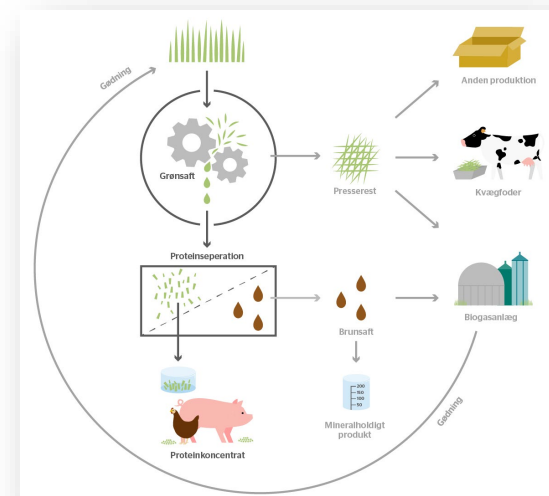
L. Stødilde-Jørgensen et. al 2021
<https://doi.org/10.1016/j.janifeedsci.2021.114943>



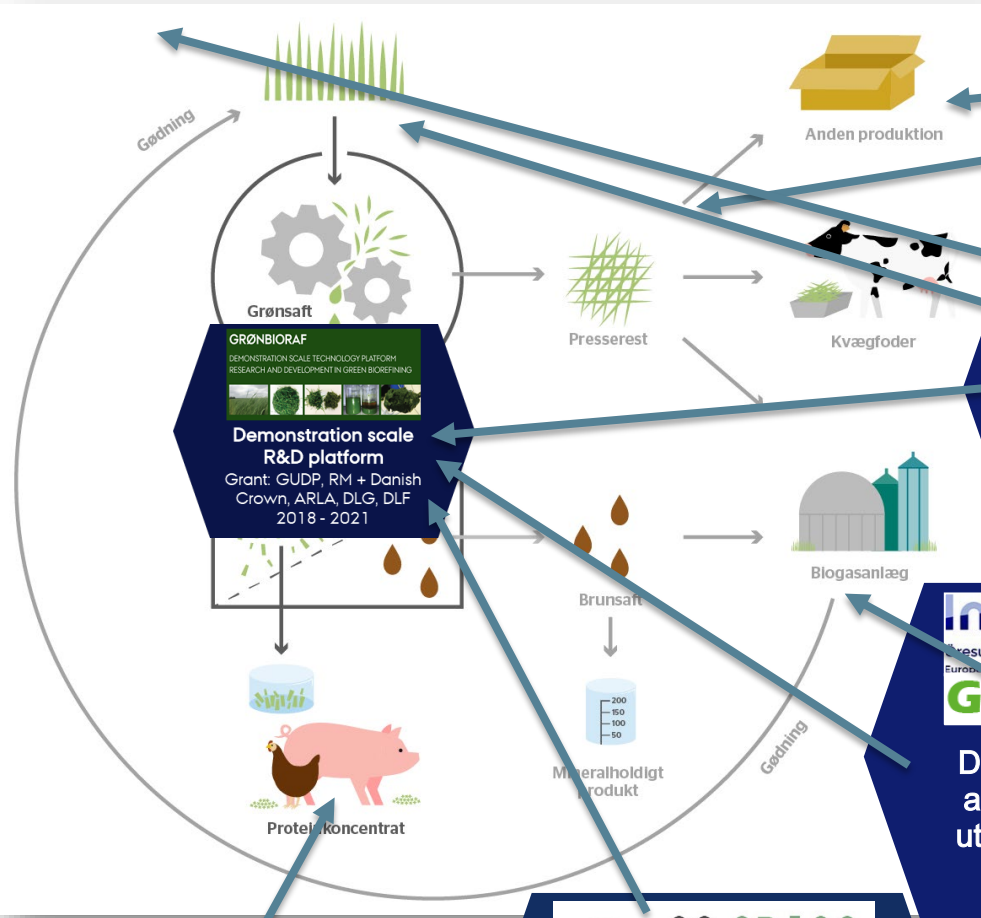
MANGE AKTØRER DELTAGER FORTSAT I FORSKNING OG UDVIKLING AF GRØN BIORAFFINERING...



Samt rigtig mange forskellige virksomheder på tværs af hele værdikæden ...



Adskillige aktive forsknings og udviklings projekter...



GrassBiochar

Pyrolysis offibres & biochar for feed/tech applications

Grant: GUDP (DK)
2020-2023



Grass fiber-based paper for sustainable packaging products

Grant: GUDP (DK)
2021-2023



Græs Prof
Grass breeding, Harvest & transport, Maceration & juicing, Search for tannins

Grant: GUDP (DK)
2020-2024



Fresh legumes for human consumption - Bioref of residues

Grant: GUDP (DK)
2021-2025



SeaSusProtein, Protein from seaweed (Ulva lactuca)

Grant: GUDP (DK)
2020-2023



Development with SE and focus on energy utilization/production

Grant: Interreg (EU)
2018 - 2022



Increased energy production and new green products from biogas plants

Grant: EUDP (DK)
2021-2023



Demo-case development of utilizing grass

Grant: H2020 (EU)
2020 - 2024

ENTRANCE

ECO-EFFICIENT PIG PRODUCTION AND LOCAL PROTEIN SUPPLY

Grant: Org. RDD7 (DK)
2022 - 2025

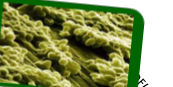
BSc project
High trough-put analysis of protein quality



BSc project
Fermentation of BJ to microbial cellulose



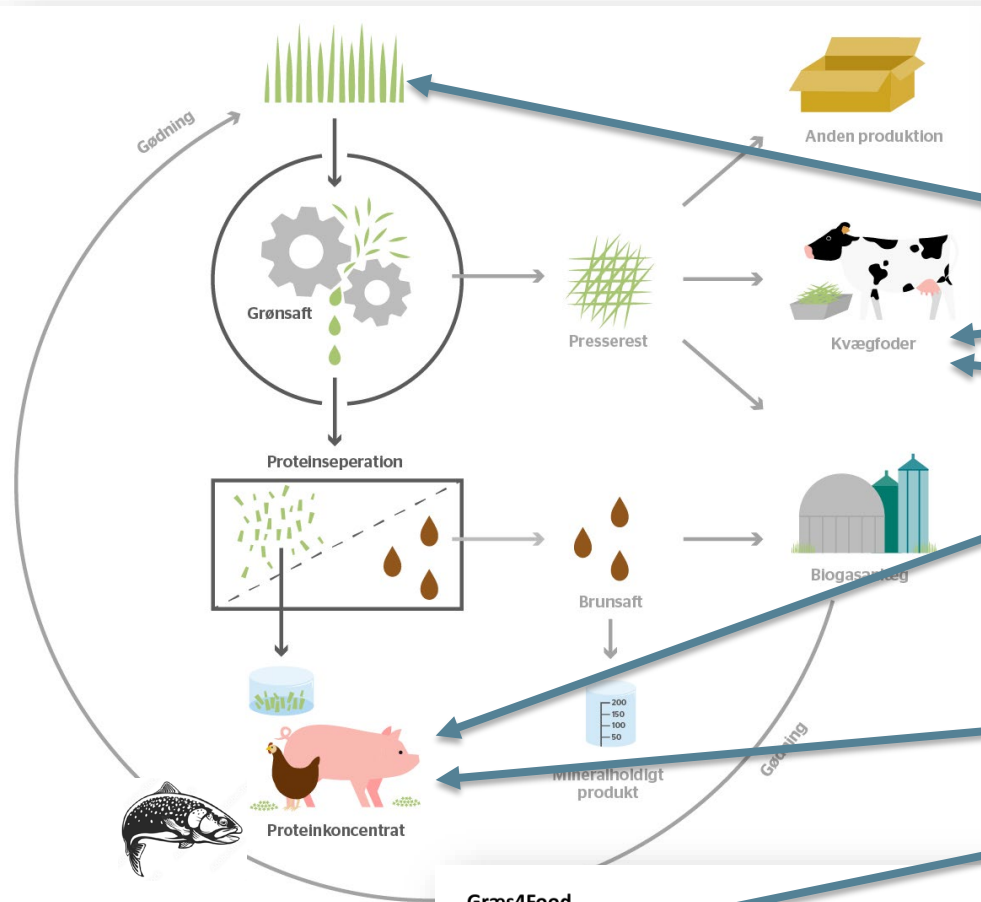
PhD + MSc project
Fermentation of BJ to single cell protein



R&D project
Analysis of Biochar



Adskillige aktive forsknings og udviklings projekter...



GrassTools
Tools for improving grassland biomass production and delivering multiple ecosystem services

Project period is 2021-2026
The project is funded by Innovation Fond Denmark.

Department of Agroecology

Logos: Aarhus University, DSU, YARA, Arla, Danish Crown, FJORDLAND, SKIVE KOMMUNE, Ministry of Environment and Food of Denmark

Ruralis
Institute for rural and regional planning

Department of Animal and Veterinary Sciences

SUSFEED – Bæredygtig norsk foderproduktion

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Foderværdi og optimalt høsttidspunkt af forskellige græsarter

Nu er der ny viden på vej til bedre udnyttelse af græsmarksafgrøder og dermed merudbytte til landmanden. AU-forskere vil i nyt projekt undersøge forskellige græsarter for at blive klogere på forholdet mellem græsarterne samt betydningen af høsttidspunkt i forhold til næringsstofindhold og foderværdi.

Mælkeafgiftsfonden
Staldfodring med frisk græs

Projektets formål og baggrund

Projektets overordnede formål er at øge mængden af hjemmeproduceret protein gennem staldfodring med frisk græs og dermed reducere miljø- og klimapåvirkningen fra mælkeproduktionen. Staldfodring med frisk græs har en bedre protein kvalitet sammenlignet med ensilage. I det ensilerings løb er en del af proteinet nedbrudt til peptider, aminosyrer og ammonium. Samtidig giver frisk græs sammenlignet med ensilage et større potentiale for mikrobiel proteinsyntese.



Projektleder

Mogens Larsen

Seniorforsker

Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab - ANIS

Kvægsamarbejd (KVS)

mogens.larsen@anivet.au.dk

Cob. 3041

+4593388299



BlueGreenFeed,

Blue BTO COFUND

ERA-NET Cofund

Department of Animal and Veterinary Sciences

Græs4Food

Grønsaft → Membranfiltrering → Fødevareprotein

Udvikling af: membran filtrerings teknologi til at udvinde fødevareprotein

Pilot skala

Karakterisering af biomassefraktioner

Proteinkarakterisering

Foderprotein

Foder og fødevareprotein

Logos: MMS, BiomassProtein, Aarhus University, Thise, GREENLAB

SAFEPRO – SAFE sustainable PROtein sources for the future. IM3 projekt

- Udvikling af fødevareproteiner fra græs,
- Undersøge toksikologi
- Undersøge fødevareallergi
- Ansøge EFSA om "Novel Food"

PI: Katrine Lindholm Bøgh, DTU-FOOD
Aalborg Universitet
BiomassProtein
Vestjyllands Andel/Ausumgaard
IFF

DEVELOPMENT

Harvest of clover grass → Screw press of biomass → Press cake → Cattle feed

SAFEPRO

Protein ingredient → Prototypes → Processing → Protein paste → Protein for feed

RESEARCH SAFEPRO

Phytochemical, Functional, Digestibility, Toxicological, In vitro, In vivo, Sensory

Protein til fødevarer



AARHUS UNIVERSITY

DEPARTMENT OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL ENGINEERING

10 OCTOBER 2022 | ASSOCIATE PROFESSOR



STATUS PÅ GRØN BIORAFFINERING



- Kvaliteten af proteinkoncentratet er god og kan erstatte sojaskrå til en-mavede dyr



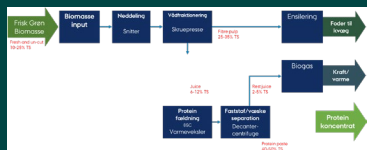
- Fiberfraktionen kan fint anvendes til biogas
- Fiberfraktionen kan også anvendes til kvægfoder



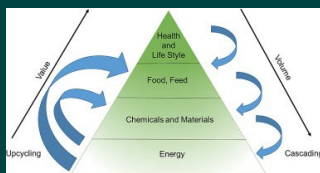
MEN fortsat R&D er stadig vigtigt!



- Kommercialiseringen er i gang, men forretningsmodellen for basis-processen er en udfordring



- Udbytte af proteinkoncentratet er ofte alt for lave



- Der er et stort potentiale for at øge værdien af de produkter der kan laves af både proteinerne, fibre og brunsaffinen



UDFORDRINGER FOR IMPLEMENTERING AF GRØN BIORAFFINERING



- Kommercialiseringen er i gang, men forretningsmodellen for basis-processen er en udfordring



Implementering af ny teknologi mens udviklingen stadig er i fuld gang, giver risiko for fejlinvesteringer og nødvendige ombygninger/tilpasninger af nye anlæg.

Dette kræver samarbejde, beslutsomhed, tålmodighed, fleksibilitet, omstillingssparathed, ...



Vi bygger skibet mens vi sejler...

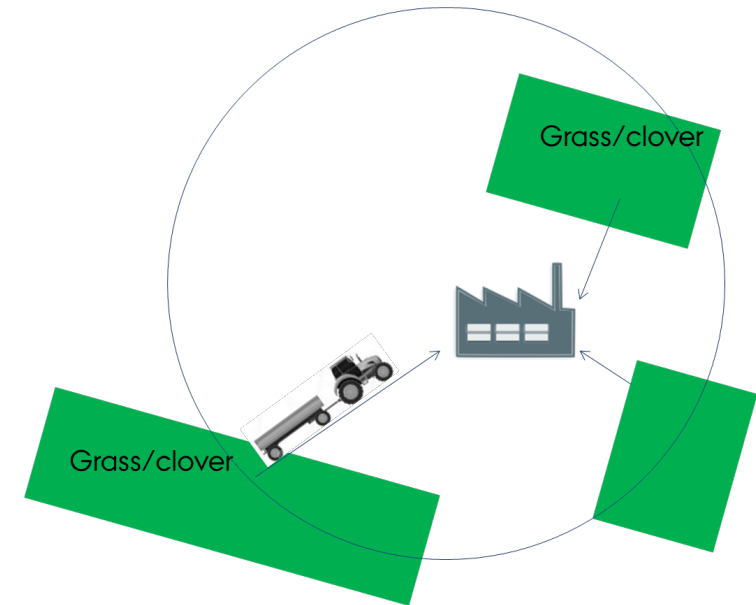
UDFORDRINGER FOR IMPLEMENTERING AF GRØN BIORAFFINERING



- Kommercialiseringen er i gang, men forretningsmodellen for basis-processen er en udfordring



- **Råvareproduktion, høst og logistik** står for en betydelig andel af økonomien for grøn bioraffinering
 - Denne del bør derfor have stort fokus og være effektiv og velfungerende
- Anvendelse af anlæg udelukkende i vækstsæsonen er en økonomisk udfordring
 - Der bør arbejdes på at anvende anlæggene, eller dele af dem, til anden lignende produktion



UDFORDRINGER FOR IMPLEMENTERING AF GRØN BIORAFFINERING



- Udbyttet af proteinkoncentratet er ofte alt for lave

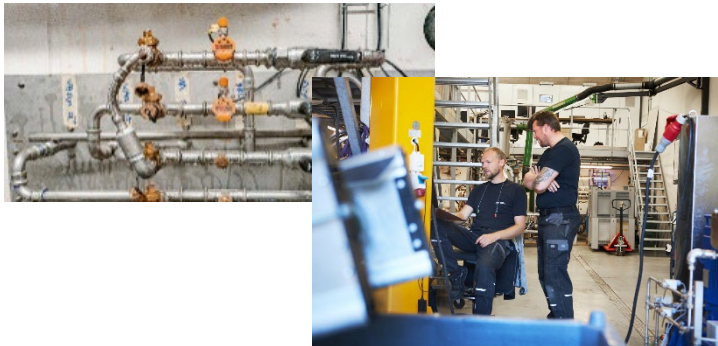
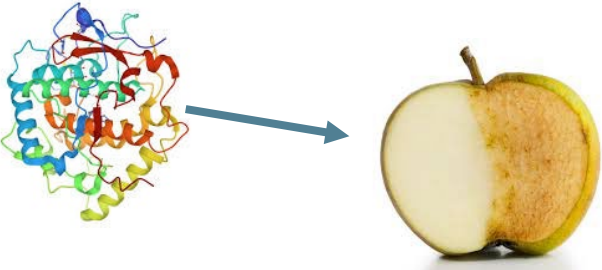


- Når proteinkoncentratet er det mest værdifulde produkt skal udbyttet af dette maksimeres !
 - Vores mål for proteinkoncentratudbyttet i base case processen er:
 - Tørstofudbytte på >15% og Råproteinudbytte på >40% af input
 - Men ofte ligger vi på det halve eller endnu lavere !

HVILKE FAKTORER PÅVIRKER UDBYTTET?



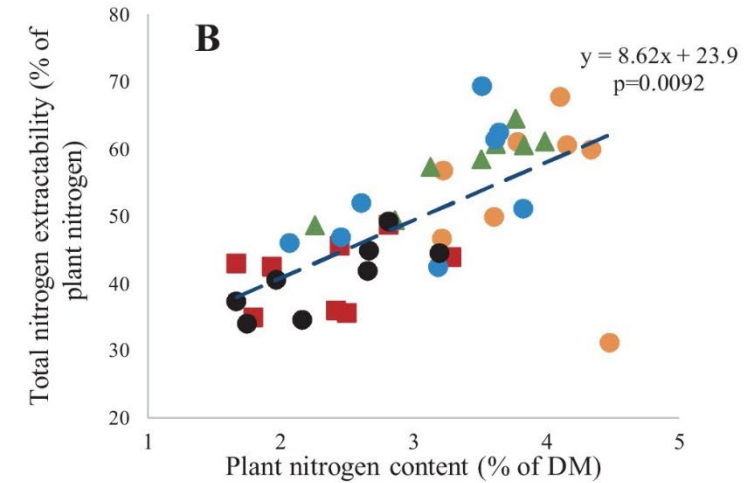
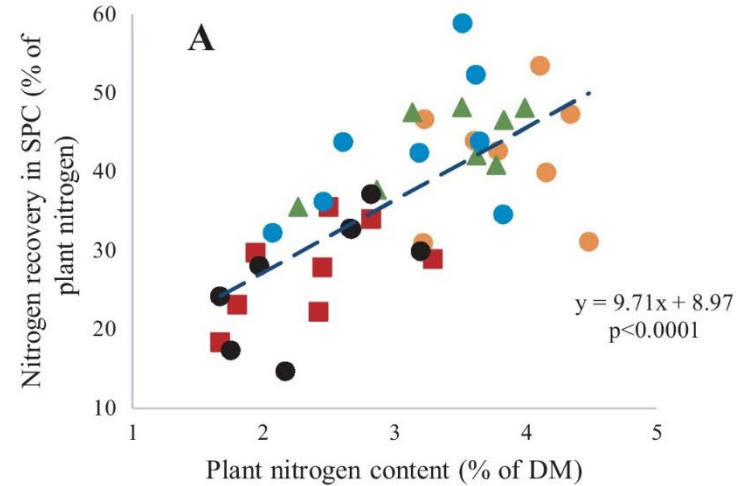
- **Biomassen**, dens proteinindhold og især fordelingen af opløseligt- og fiberbundet protein.
- **Biologisk aktivitet i planten** der starter umiddelbart efter høst. Især 1) enzymer der krydsbinder protein og forårsager brunfarvning 2) enzymer der nedbryder protein til aminosyre som ikke kan fældes og centrifugeres
- **Hvordan vi processere den biomasse** så mest muligt protein bliver trukket ud af planten, og mindst muligt protein bliver krydsbundet og nedbrudt



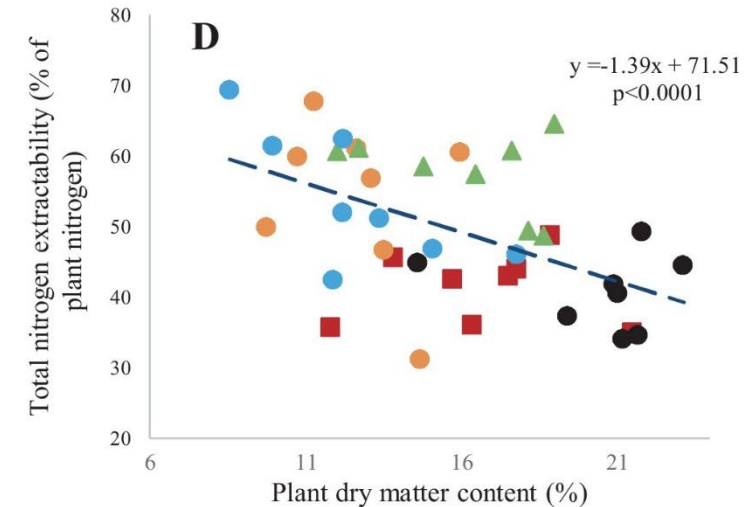
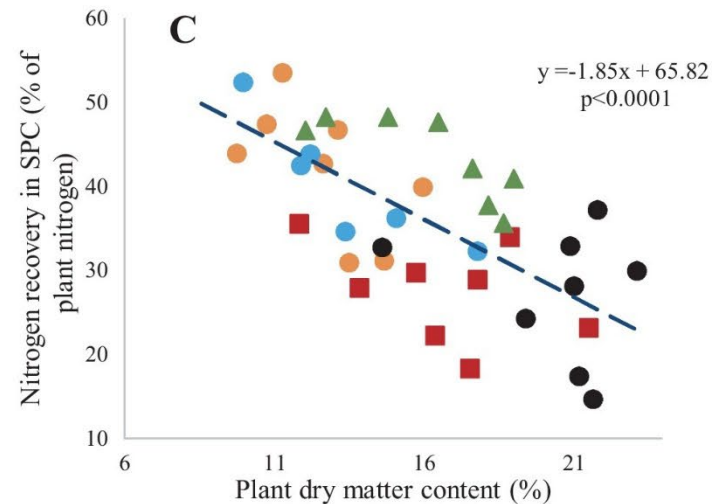


EKSEMPEL PÅ BIOMASSENS BETYDNING FOR UDBYTTET

- Udbyttet af protein - konzentrat stiger med indholdet af protein i planten
- Udbyttet af proteinkonzentrat falder med tørstofindholdet i den friske plante



Perennial Ryegrass ■
White clover ●
Lucerne ▲
Red clover ●
Tall Fescue ●



FORSØGMED HØSTOG TIDFØRPROCESSERING

Udbyttet og kvaliteten af proteinkoncentratet påvirkes af tid- og behandlingsmetoden fra høst til proces

Der er udført forsøg på Demoplatformen i 2020, 2021 og 2022



HØSTFORSØG 2020

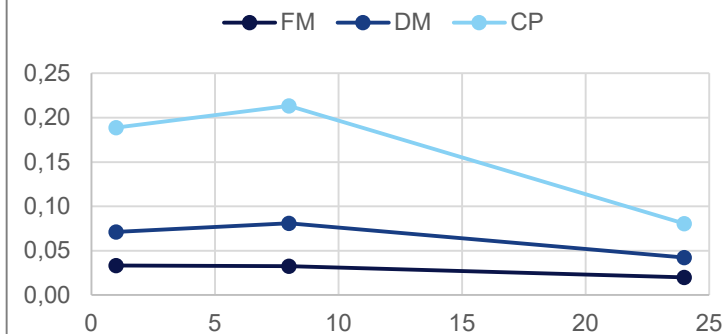
7. og 14. september 2020

Under forsøgene var **temperaturen 12 – 15 grader.**

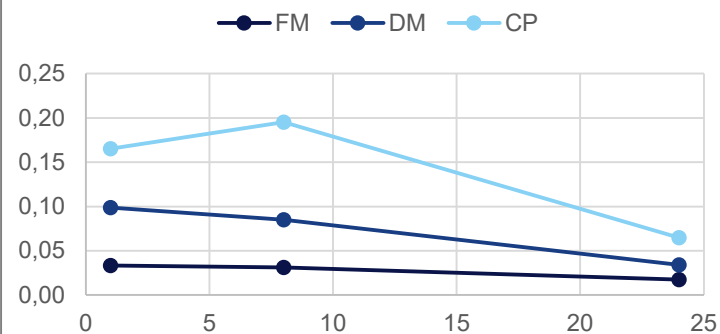


kg protein konc. Per kg input græs

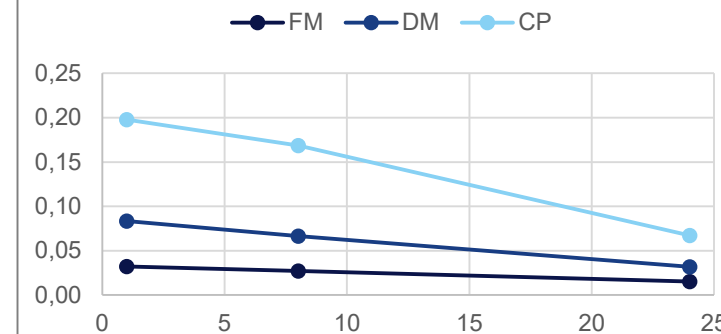
Ma xigra ss, Prote in koncen tra t udbytte r



Finsnitte r, Prote in koncen tra t udbytte r



Opsam le r, Prote in koncen tra t udbytte r

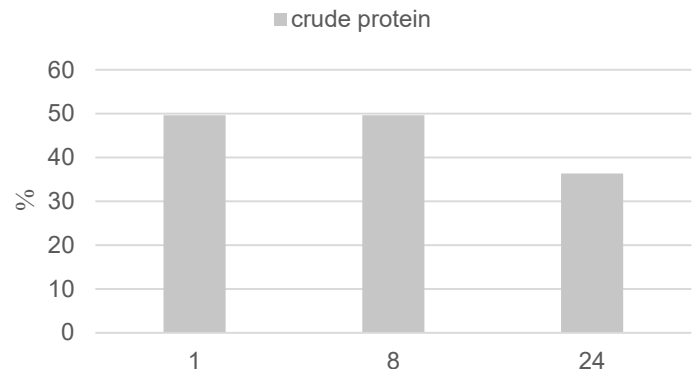


FM: Fresh matter (våd vægt)

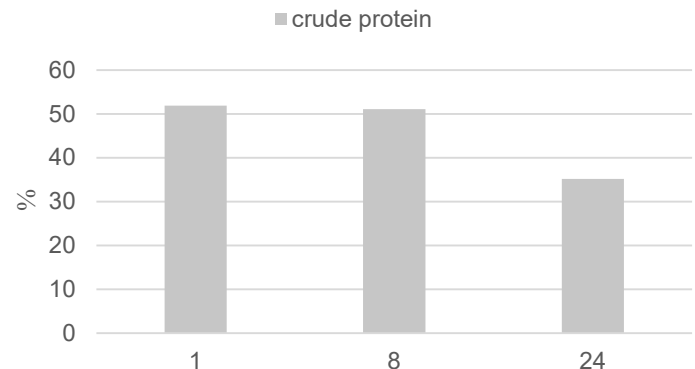
DM: Dry matter (tørstof)

CP: Crude protein (råprotein)

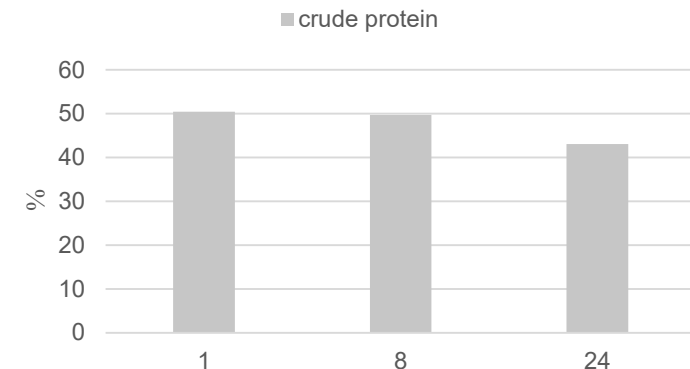
Ma xigra ss, Prote in koncen tra t



Finsnitte r, Prote in koncen tra t



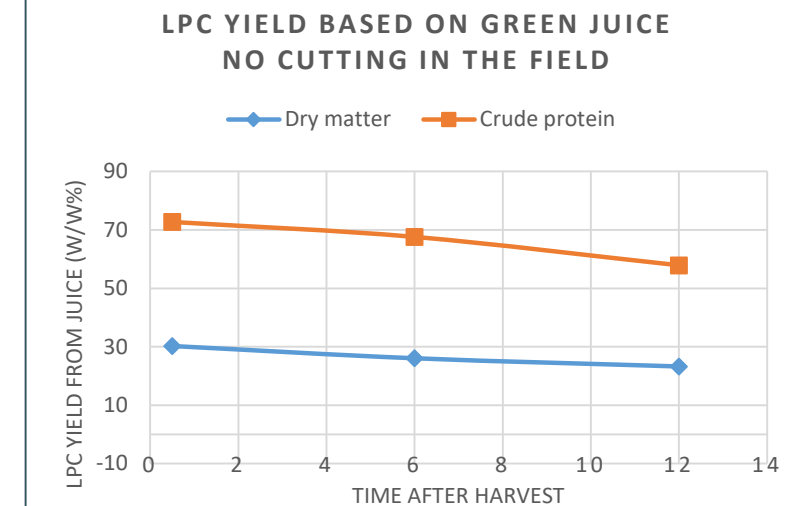
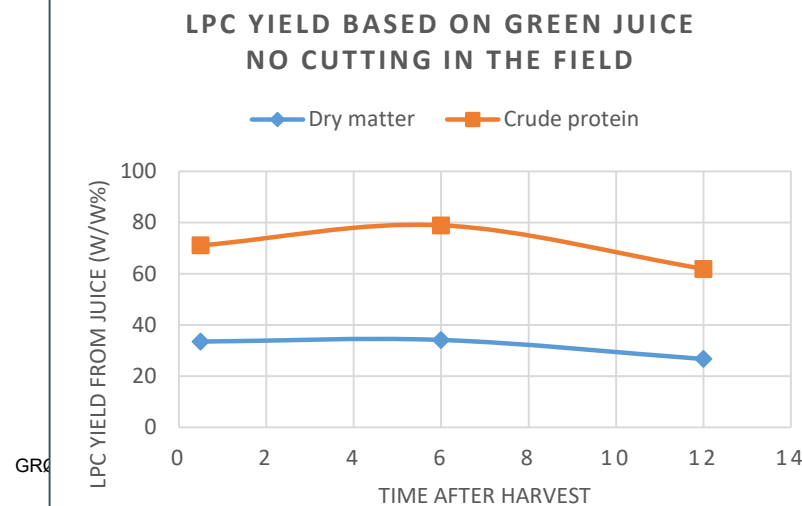
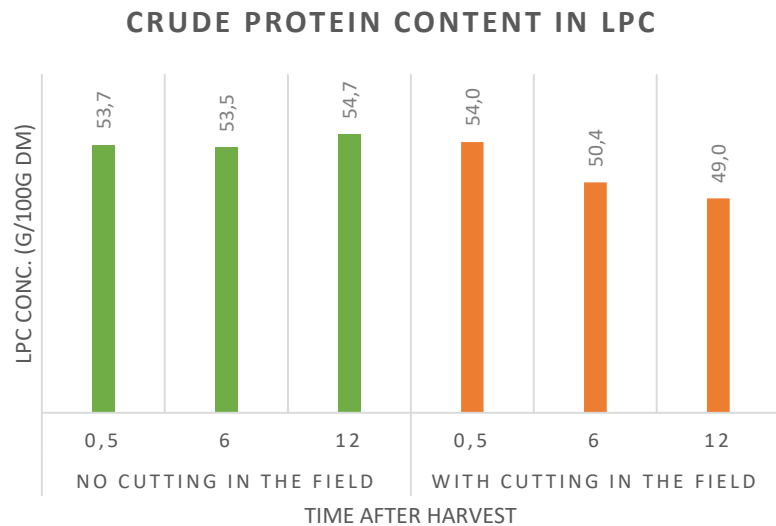
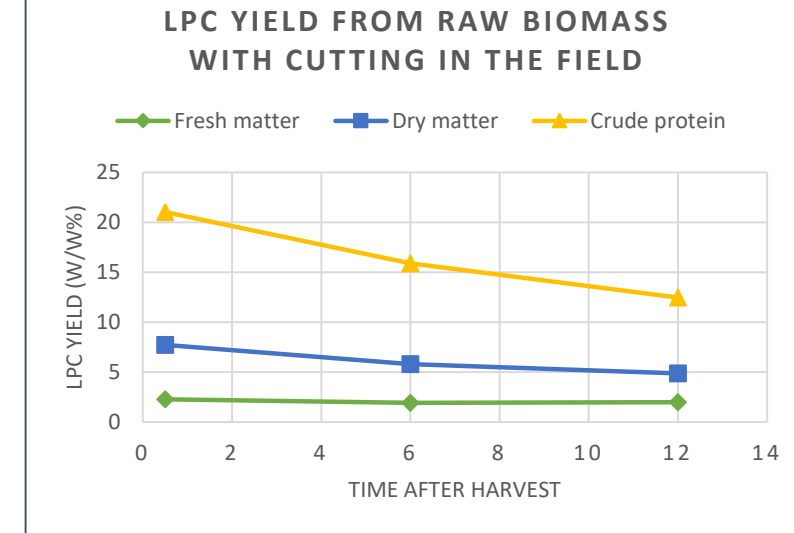
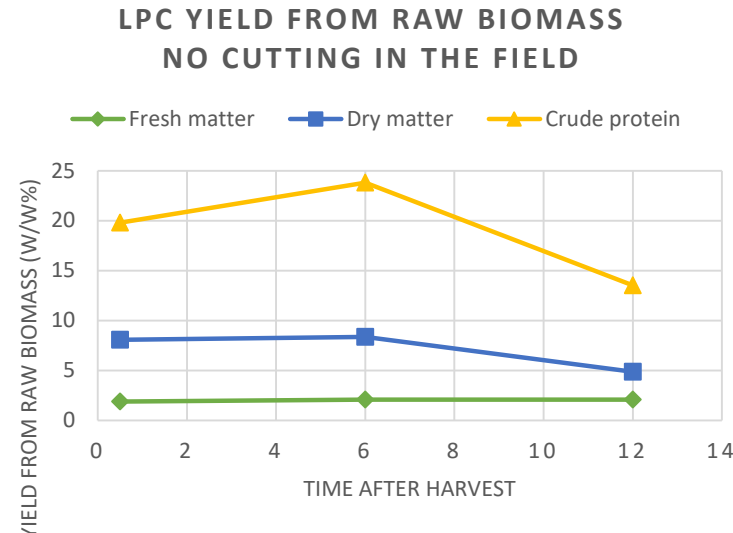
Opsam le r, Prote in koncen tra t



HØSTFORSØGAUGUST 2021



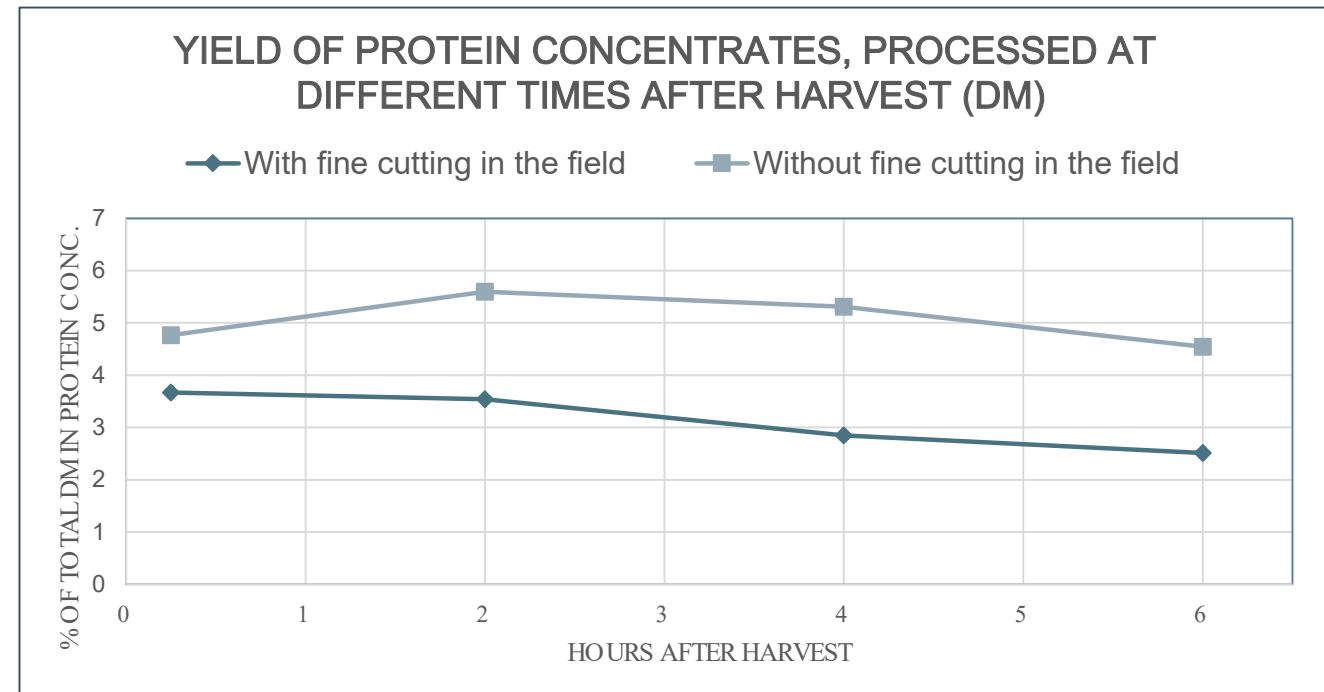
- 30-31. august 2021
- Under forsøgene var **temperaturen 15 –21 grader.**
- Protein ekstraktion ved forskellige høstmetoder efter 0,5, 6 og 12 timer fra høsttidspunkt



HØSTFORSØG AUG. 2022



- Protein ekstraktion ved forskellige høstmetoder efter 0, 2, 4 og 6 timer fra høsttidspunkt
- 24-25. august 2021
- Under høst med snitning d. 24/8 var det 18 grader.
Under høst uden snitning d. 25/8 var det 16 grader.
- Analyser og Resultater er stadig ved at blive processeret.

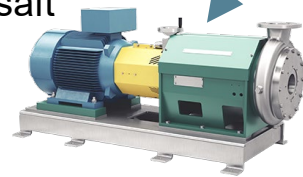


OPTIMERING AF PROCESSEN

Opstilling til øget neddeling inden separation af juice og fiber
→ Bedre proteinudbytter



Blandetank med recirkuleret grønssaft



Deflaker



Rota-cutter



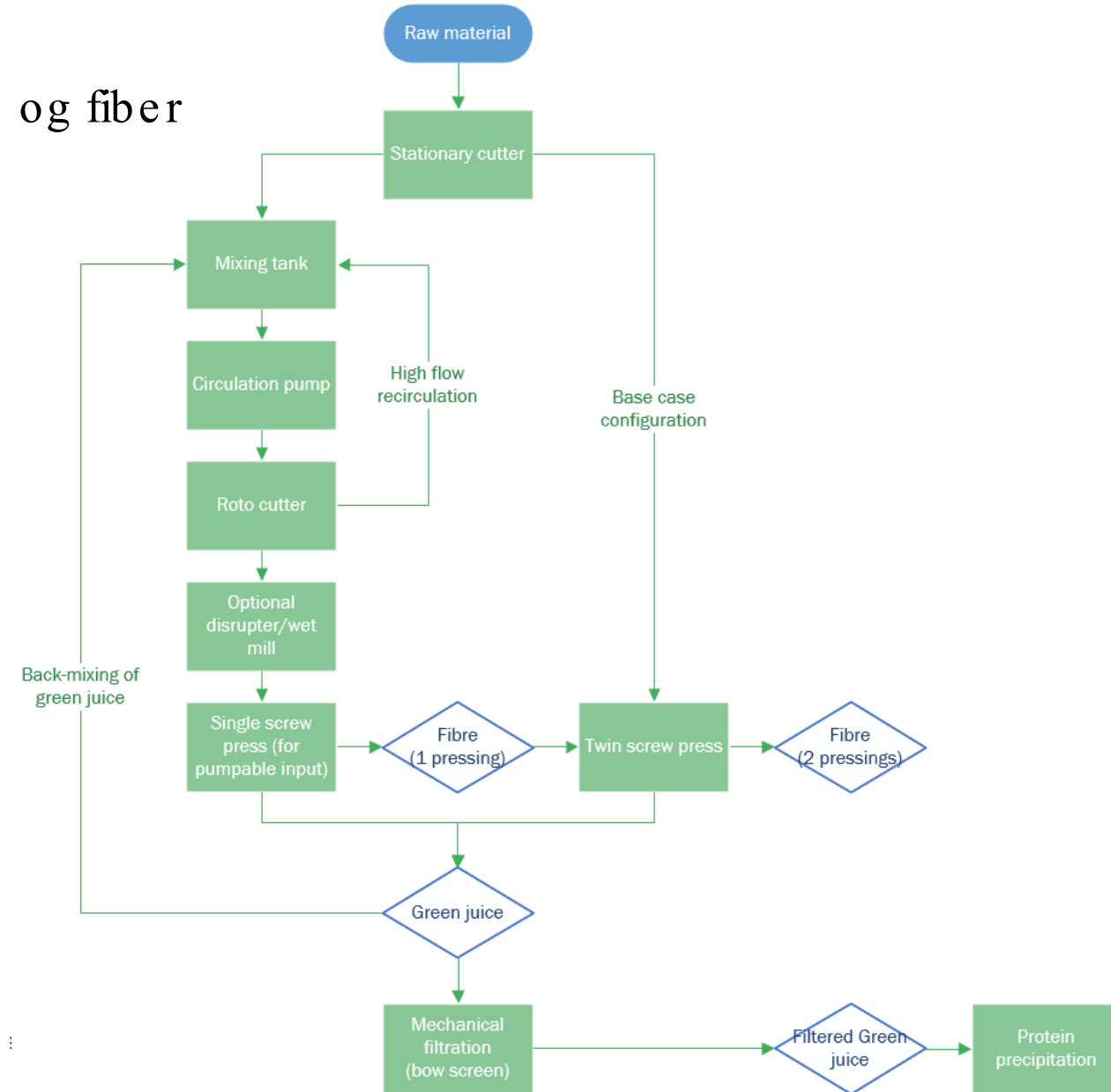
Disrupter



Afvander (presse)

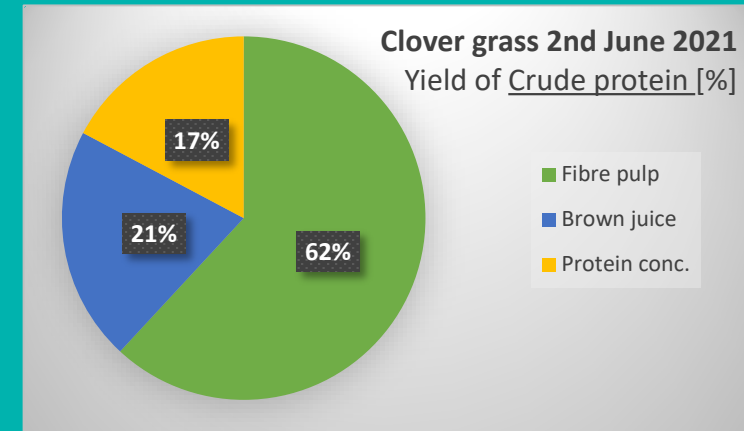
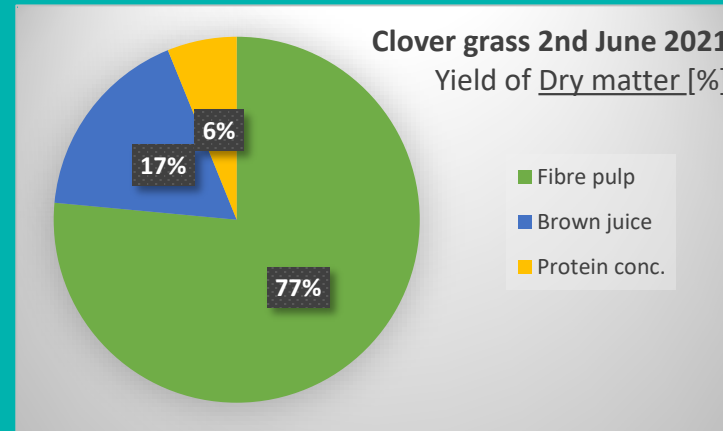


Skruepresse

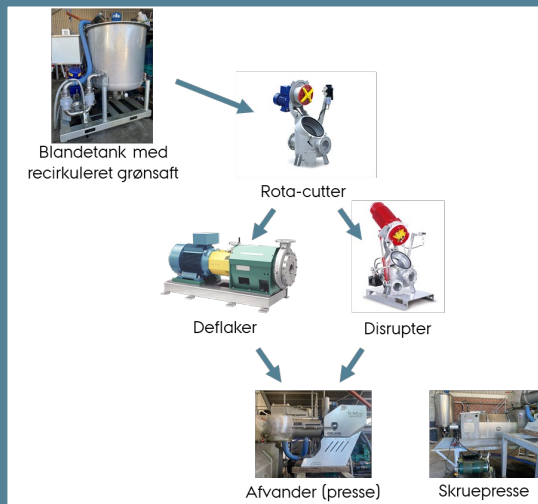
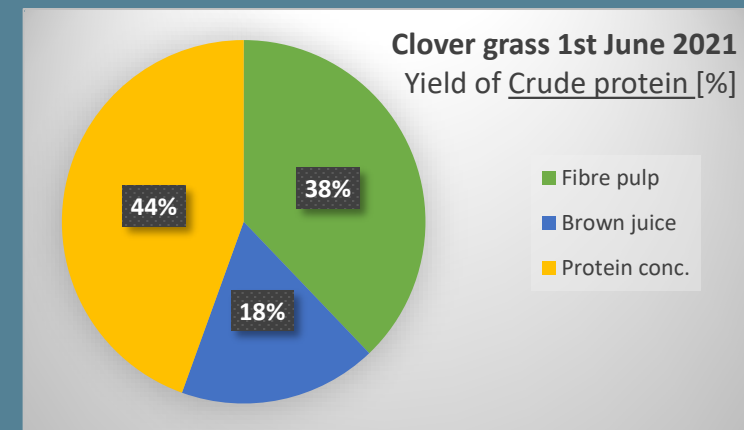
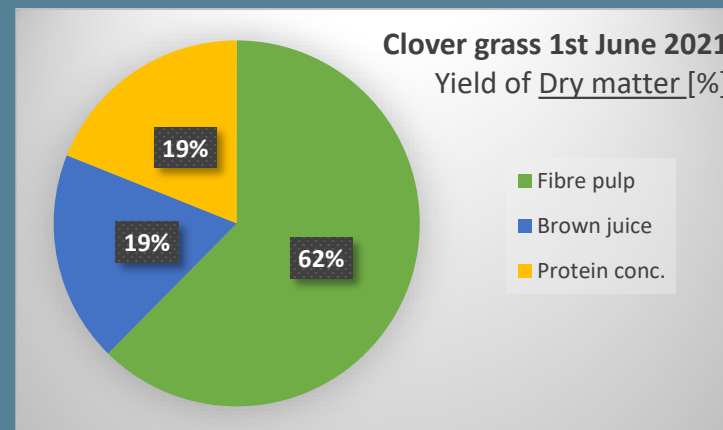


NEDDELINGSTES 2021, JUNI UGE 22, KLØVERGRÆS

Without severe maceration (only stationary cutter)

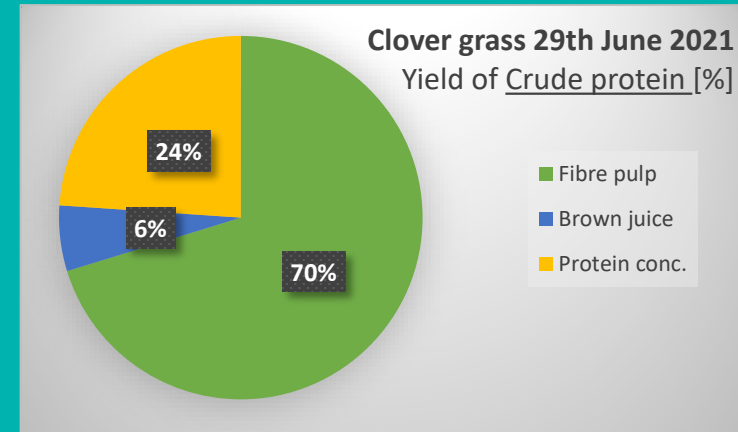
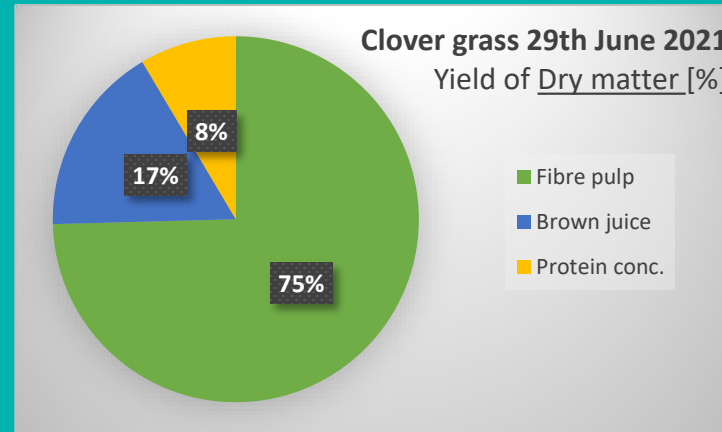


With severe maceration (rotocutter + disrupter)

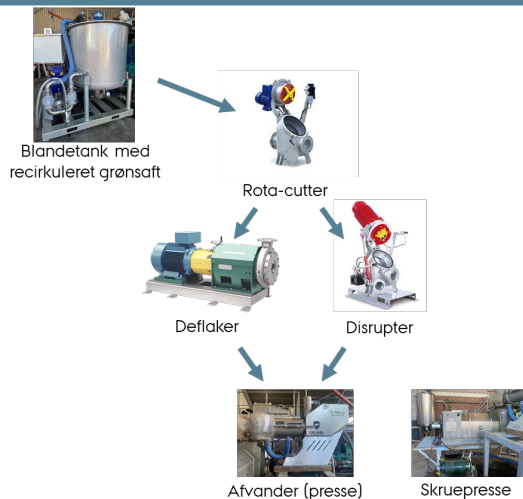
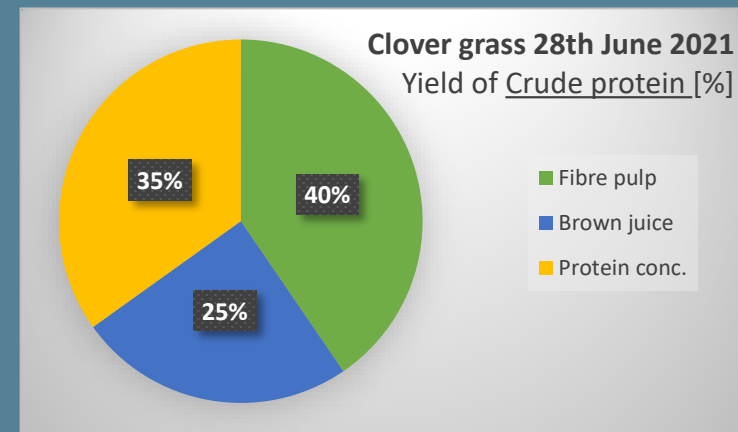
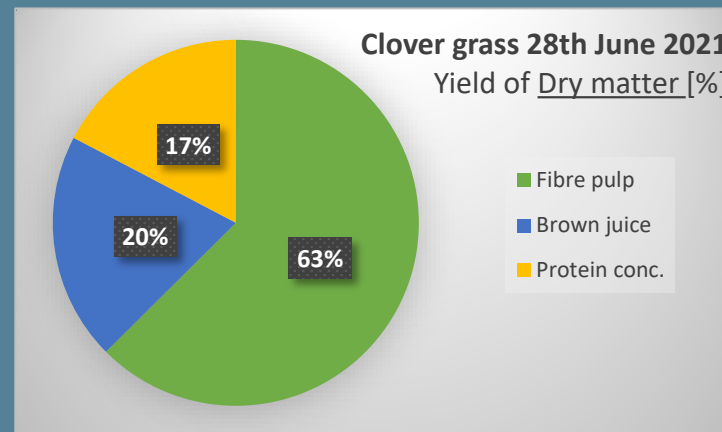


NEDDELINGSTES 2021, JULI UGE 26, KLØVERGRÆS

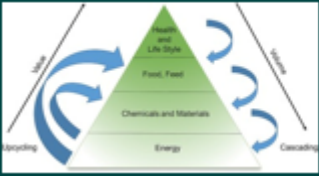
Without severe maceration (only stationary cutter)



With severe maceration (rotocutter + disrupter)



UDFORDRINGER FOR IMPLEMENTERING AF GRØN BIORAFFINERING

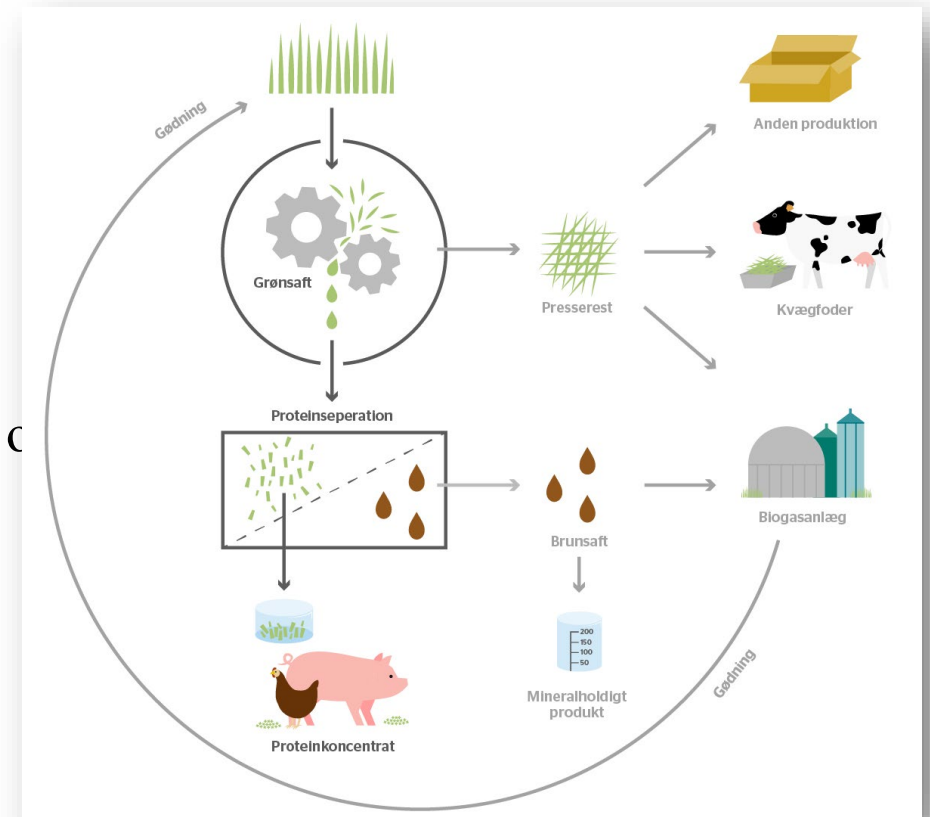


- Der er et stort potentiale for at øge værdien af de produkter der kan laves af både proteinerne, fibre og brunsaften



Værdiskabelse af alle tre produktstrømme er helt afgørende for økonomisk og ressourcemæssig bæredygtighed af fremtidens grønne bioraffinaderier

Her er mange muligheder, men det kræver både teknologisk udvikling og markedsudvikling at øge værdien for både protein koncentrat, fiberfraktion og brunsaft



ØGET VÆRDI FRA PROTEINKONCENTRATET

Høj værdi er godt....
MEN lav-værdiprodukter i store mængder er nødvendige for at opnå væsentlige miljøfordele via øget kløvergræsareal

Base case: Foderalternativ til sojaskrå

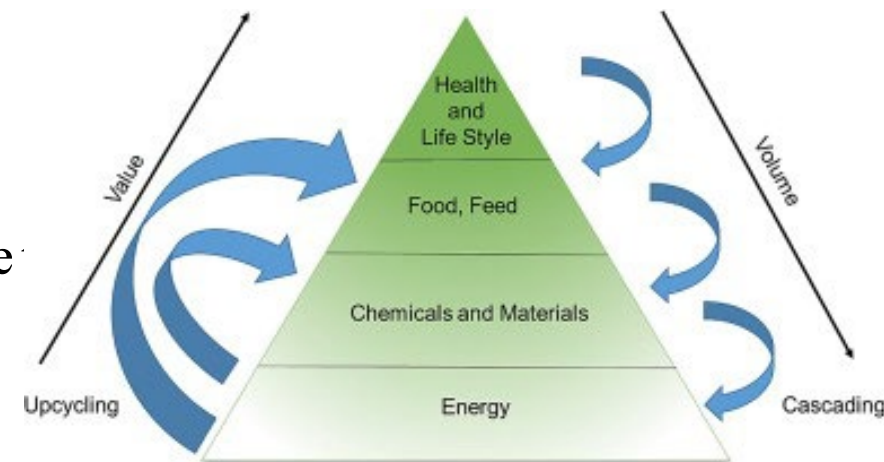
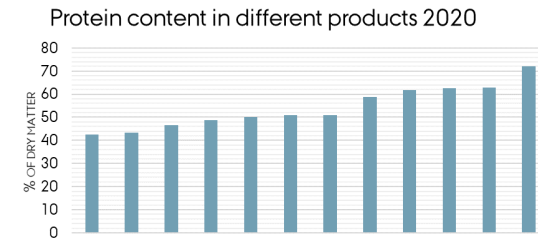
Specialfoder (eksempler):

- Ekstra høj proteinrenhed og fordøjelighed – f.eks. til fisk og ungdyr
- Optimeret aminosyreprofil (f.eks. højere cystein)
- Udnyttelse af højt fedtindhold (primært α -linolensyre)
- Præ- og probiotiske effekter via fermentering af produkterne

Fødevareprotein

- Ny kilde til plantebaseret protein
- Ny kilde til funktionelt protein til fødevaringrediensmarkedet

Begge dele kræver mere procesudvikling og produktkvalitet
Og til fødevarer: en ny fødevareregodkendelse (EFSA)!



ØGET VÆRDI FRA FIBERFRAKTIONEN

Base case: Foder til drøvtyggere eller substrat til biometan

Termisk omdannelse, f.eks. Pyrolyse/ HTL...

- Forsyning af internt energibehov til opvarmning og tørring
- Biokulproduktion / Bioolieproduktion

Yderligere omdannelse af fiberfraktionen .

- Lignocellulose bioraffinaderi (LCF-Bioraffinaderi)

Anvendelser i biomaterialer

- Isolering materialer
- Bio-kompositter
- Emballage
- Biobaserede tekstiler
- Planter substrater

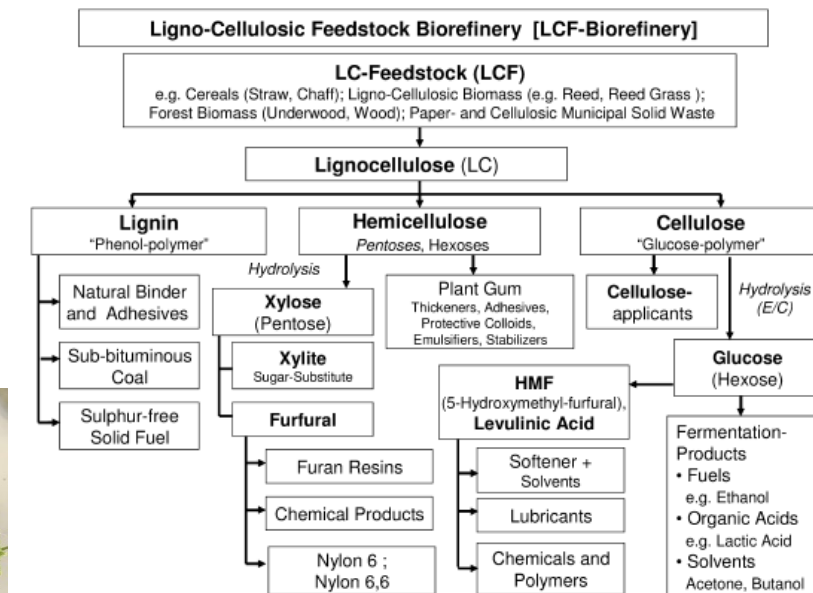
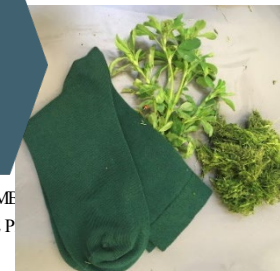
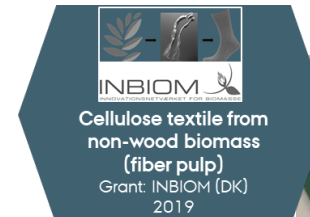
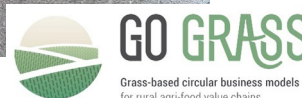
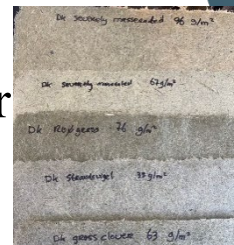
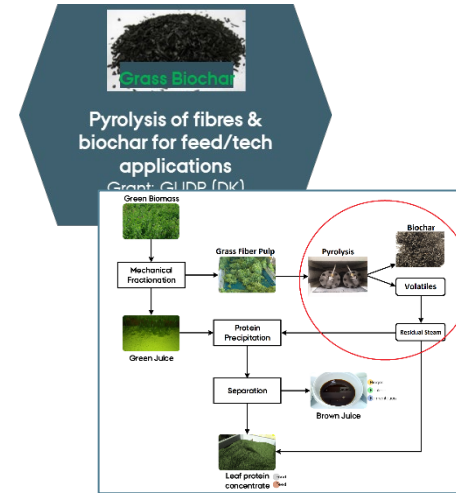


Fig. 1.11 Products of a lignocellulosic feedstock biorefinery (LCF-biorefinery, Phase III) [78, 79, 95].

ØGET VÆRDIFRA BRUNSAFT

Base case: Direkte anvendelse i Biogasproduktion

Opkoncentrering af sukre via membrane technology

- Anvendelse af koncentrat til præcisionsfermentering

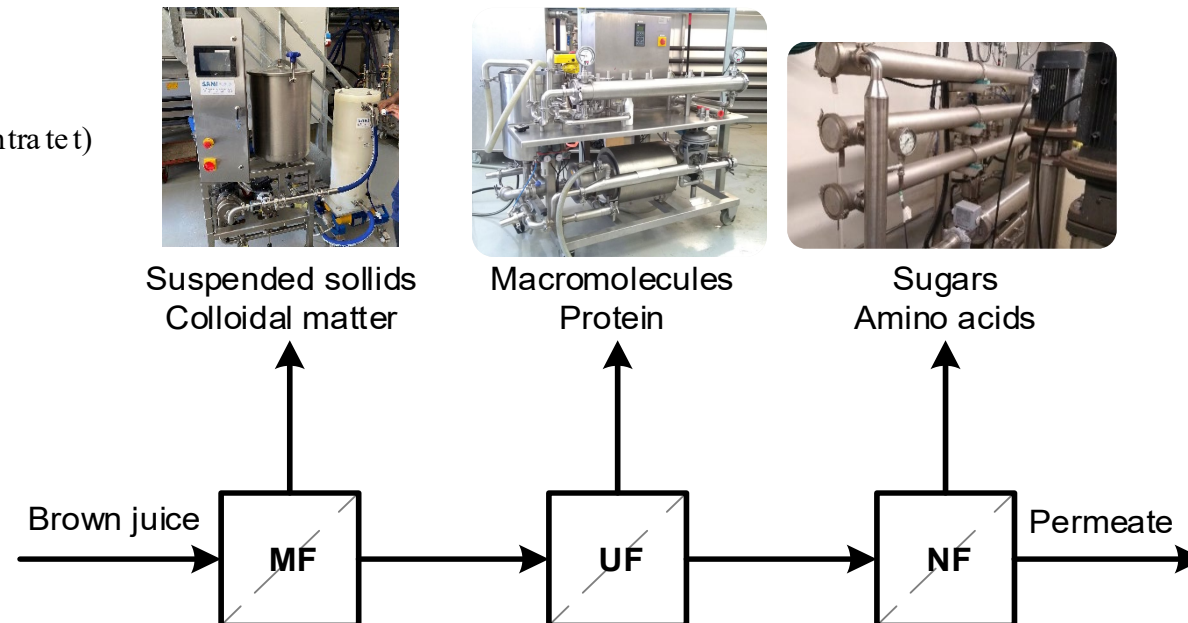
Separation af enkelte stoffer

- Mono- or oligosaccharides
- Organiske syre (eks. Mælkesyre)
- Aminosyre, peptide og proteiner (hvis de ikke fjernes i koncentratet)

Gødningsprodukter



Illustration: System setup



TREVIGTIGSTE ANBEFALING TIL NYE KOMMERCIELLE PROJEKTER

- ” Husk tværfaglig samarbejde, beslutsomhed, tålmodighed, fleksibilitet og omstillingsparathed.
- ” Høj råvarekvalitet, skånsom høst og effektiv logistik er afgørende for succesfuld produktion af proteinkoncentrater
- ” Alle produktstrømme skal anvendes og værdisættes og forsøg at find anvendelse til anlæggene udenfor vækstsæsonen

TAK! FOR OPMÆRKSOMHEDEN

Contact:
maj@eng.au.dk

[Videos and articles
about Green biorefining
Technologies at Aarhus
Universitet \(au.dk\)](#)



GRØNBIORAF

DEMONSTRATION SCALE TECHNOLOGY PLATFORM
RESEARCH AND DEVELOPMENT IN GREEN BIOREFINING

