FOODS OF NORWAY

Foods of Norway – arbeidet med å utvikle alternative fôråvarer til husdyr- og oppdrettsnæringen

Veterinærinstituttet, 30 Mai, 2023, Ås

Prof. Margareth Øverland, NMBU

FOODS OF NORWAY

Novel feeds for fish and farmed animals

FOODS OF NORWAY

Norwegian Centre for Research-based Innovation

Industrial partners

Borregaard
Felleskjøpet
AquaGen
eniferBio
geno
Norsvin
BioMar
Nortura
VIKEN SKOG
denofa
ANIMALIA
LALLEMAND
TINE
norilia
Seaweed Solutions

Supporting partners

NORGES BONDELAG
NORSK LANDBRUKSSAMVIRKE
NHO Mat og Drikke
Innovation Norway

Academic partners and collaborators

Norwegian University of Life Sciences
AARHUS UNIVERSITY
SLU
UNIVERSIDAD DE CHILE
THE UNIVERSITY OF WESTERN AUSTRALIA
UNIVERSITY OF COPENHAGEN
UNIVERSITY OF MINNESOTA
USDA

FOODS OF NORWAY

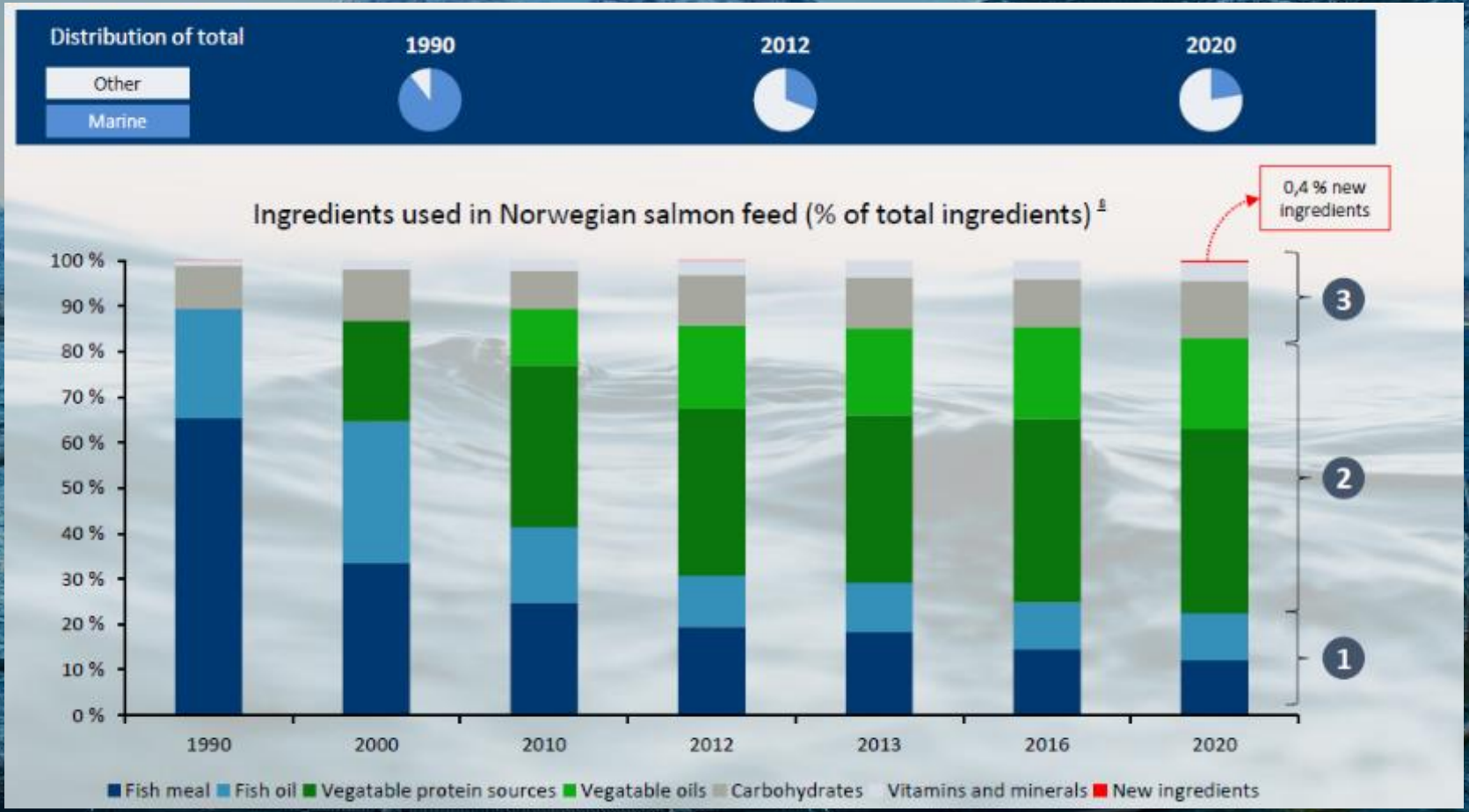
Constraints on growth of the aquaculture industry

Limited access to marine ingredients

Dependence on imported plant ingredients

Need for novel protein sources

Increased demand on sustainable raw materials



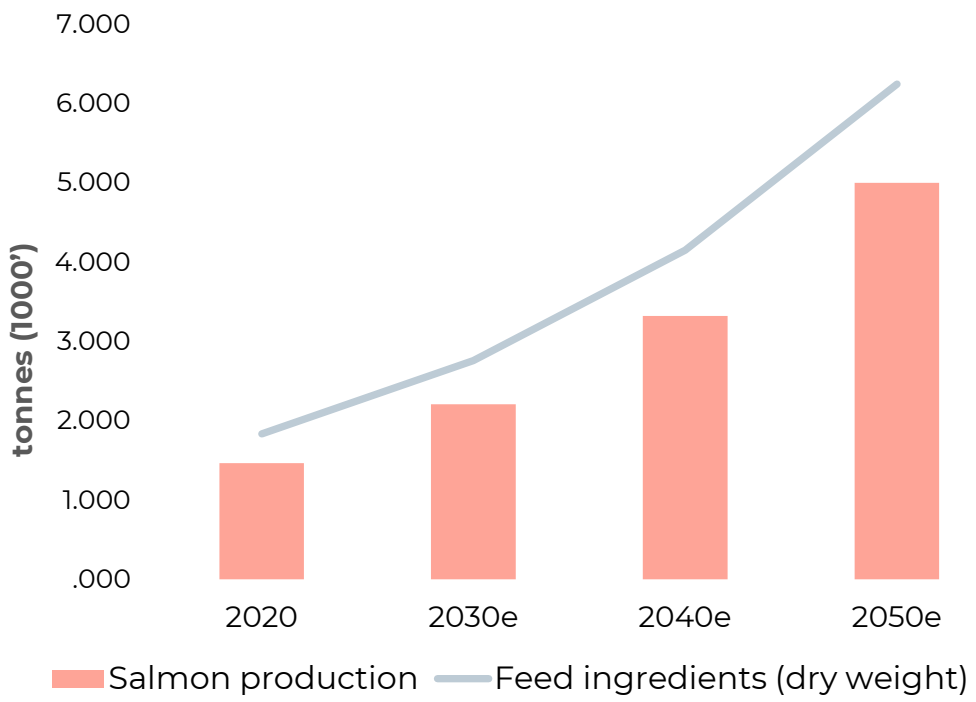
Source: Aas et al., 2022

FOODS OF NORWAY

Sustainable feed is the key to future growth

We need to produce enough feed, sustainably, and meet nutrient demands of the fish

National ambitions of 5 million tonnes of salmon in 2050 will require 6.2 million tonnes of feed ingredients*



* with current conversion ratio measured in dry weight

Sustainable and affordable feed are vital for future salmon production growth

Excluding air transport, feed production accounts for 75-83% of greenhouse gas emissions per unit of salmon delivered to market.

Feed is the largest cost component in salmon production: 41% of total costs and 46% of production costs (2020).

Politiske ambisjoner om bærekraftig fôr

<u>Et hav av muligheter:</u>
Regjeringens ambisjon (2021) er en produksjon av 5 millioner tonn laks og ørret per år innen 2050.
En femdobling sammenlignet med dagens nivå.

<u>Hurdalsplattformen:</u>
Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr
Den norske regjeringens politiske plattform 2021,
har satt et ambisiøst nasjonalt mål for bærekraftig fôr:

1) Alt fôr til norsk havbruk og husdyr skal komme fra bærekraftig ressurser innen 2030.
2) Mer fôr bør komme fra lokale ressurser

Behov for bærekraftige lokale fôrråvarer

Flere aktuelle alternative fôrråvarer

Fremtidas fôrråvarer kan bli kategorisert i høsta marine- og planteråvarer, oppdrettsorganismer og underutnytta ressurser

Høsta ressurser | **Oppdrettsorganismer** | **Underutnytta ressurser**

Novel marine ingredients

- Mesopelagic fish
- *Calanus finmarchius*
- Krill

Plant-baserte råvarer

- Fermentert soyamel/rapsmel

Insects

- Svarte soldatflue larver
- Melorm

Marine low-trophic species

- Blåskjell
- Polychaeta
- Gammaridae
- Tunikater
- Tare

Microbial ingredients

- Bacterier
- Gjær
- Fungus
- Heterotrofe mikroalgar

Fotoautotrofiske mikroalger

Animalske biprodkter

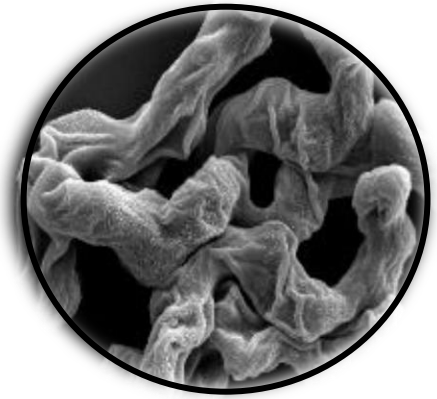
- Fjørfe
- gris

Marine biprdukter

- Hvitfisk
- Pelagisk fisk
- Akvakultur

Oppsirkulering av organiske reststrømmer til fôr

Mikrobielle råvarer



Insekter

BioProtein et historisk tilbakeblikk

Norferm AS

APC Aquaculture Protein Centre Centre of Excellence

BioProtein AS

CALYSTA

– Norsk teknologi går til USA fordi vi ikke satser

Trær, gjærsopper, tang og tare kan brukes som proteinkilder for dyrefôr i Norge. Metodene kan erstatte import av flere fôrråvarer. Likevel satses det ikke på teknologien her til lands.

2018

NRK

1985

Statoil AS og Hafslund Nycomed overtok eierskapet

Etablert forskn... samarbeide med IHA, NMBU (NLH)

Strategisk NFR program med ...ved IHA, NMBU

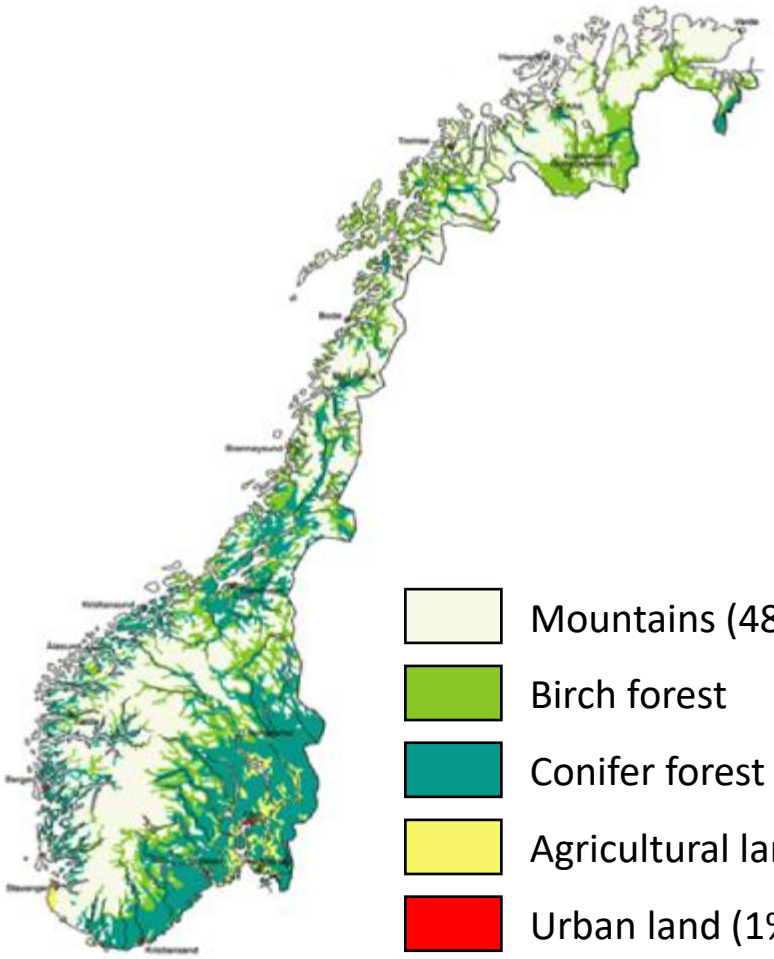
Biopr... engineering bie... IRIS, NMBU, UiB

Bioprotein AS ble kjøpt av Calysta AS

...k ble bygd i ...gqing, Kina

...eedKind

Grantrær som fôrråstoff



Mountains (48%)

Birch forest

Conifer forest

Productive/comercial (22%)
Unproductive forest (15%)

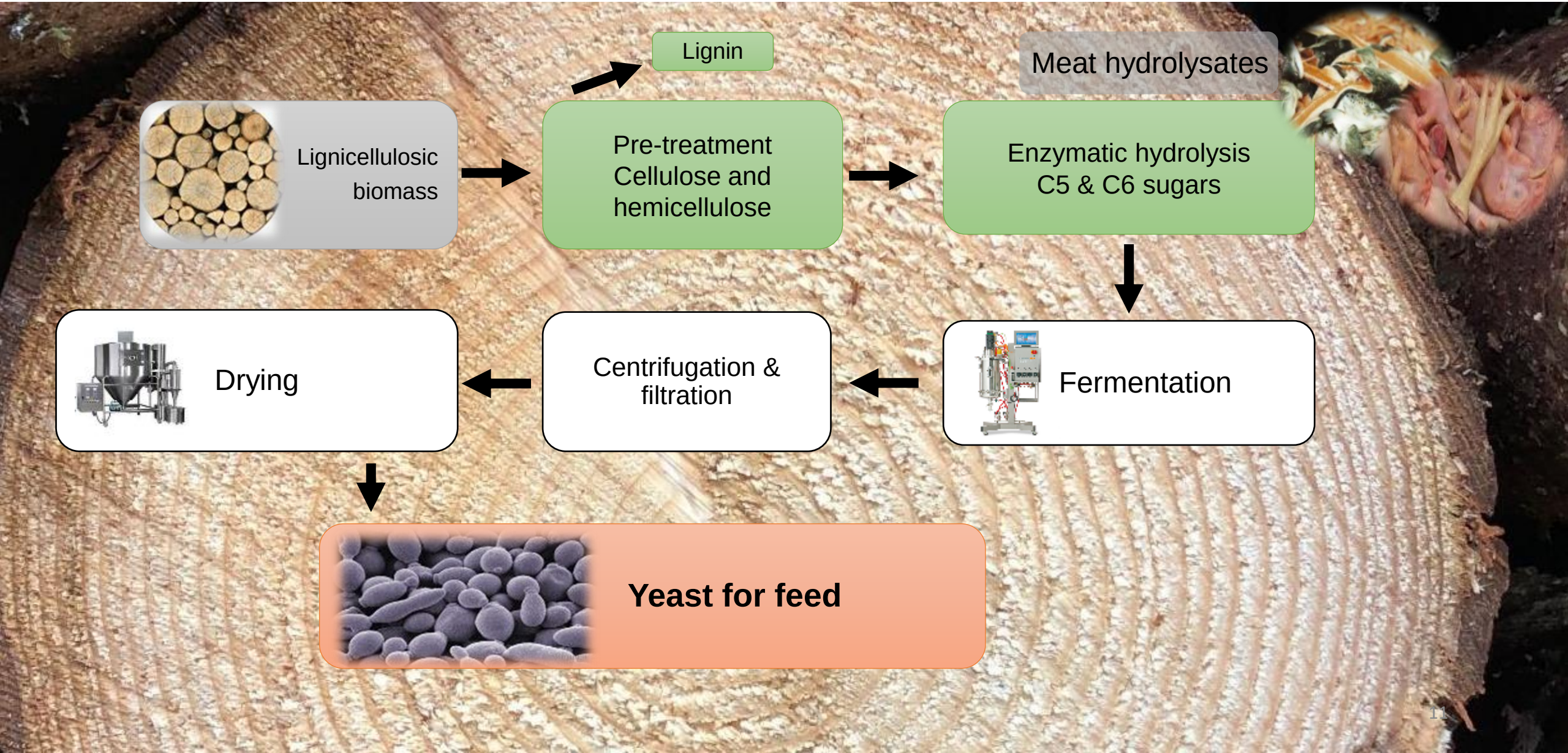
Agricultural land (3%)

Urban land (1%)

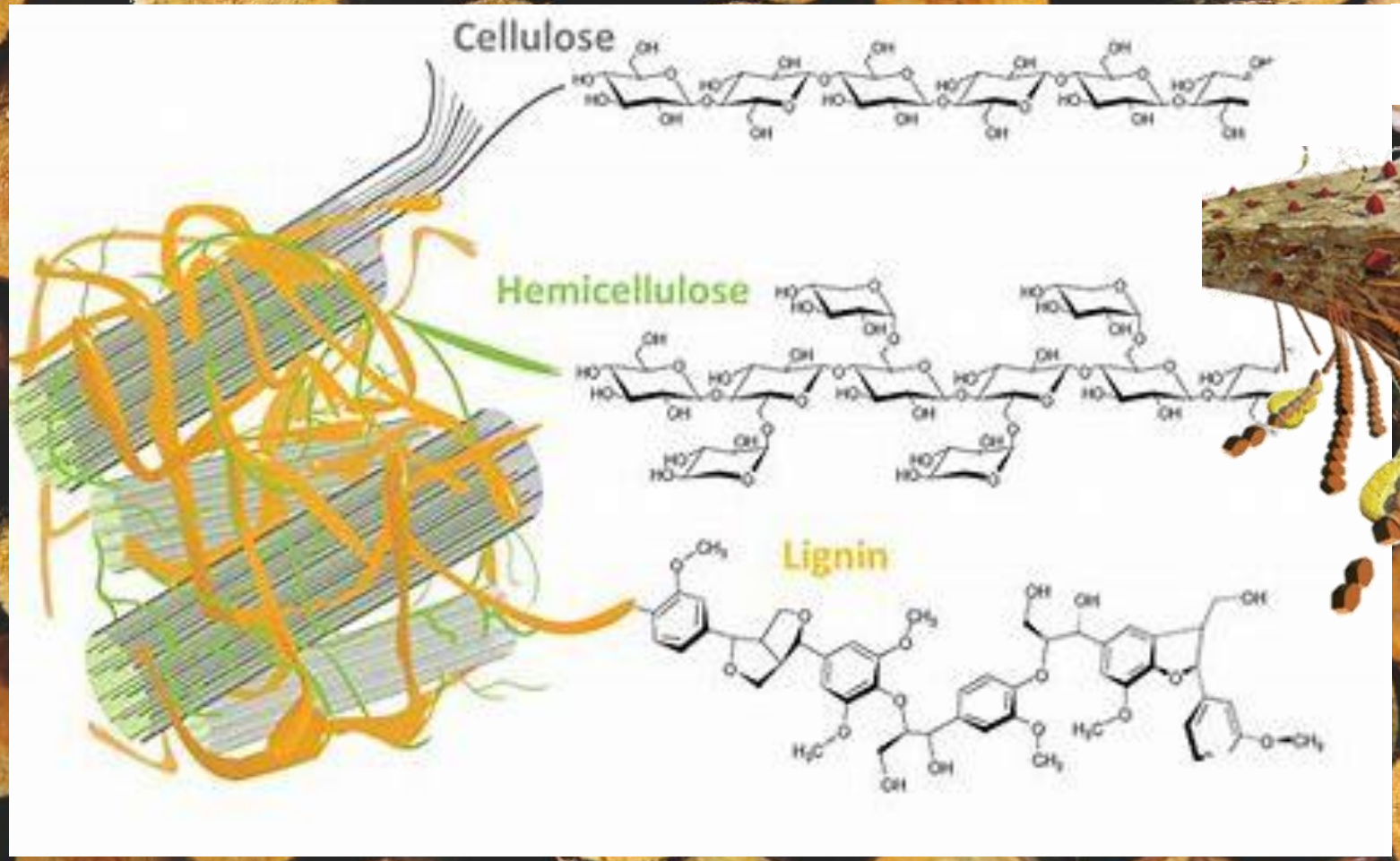
Schmidt, 2018

Norway spruce

Biorefinery processing of spruce trees

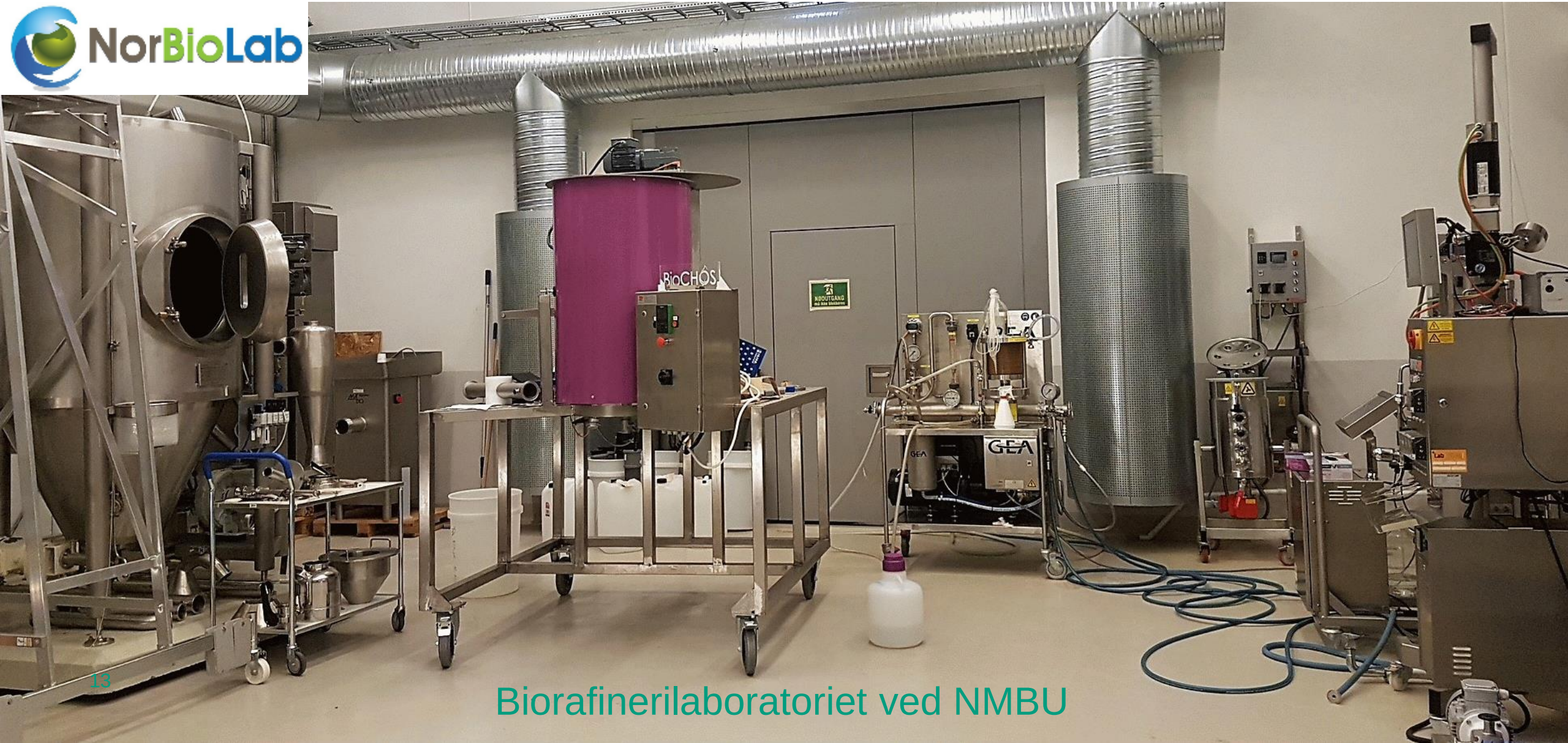


Lytic Polysaccharide Monooxygenases



Source: Vaaje-Kolstad, Westereng, Horn, Liu, Zhai, Sørlie, Eijsink. **Science, 2010**, Bissaro et al., 2028, **Nature Chemical Biology**

Gjærfermentering i småskala



Biorafinerilaboratoriet ved NMBU

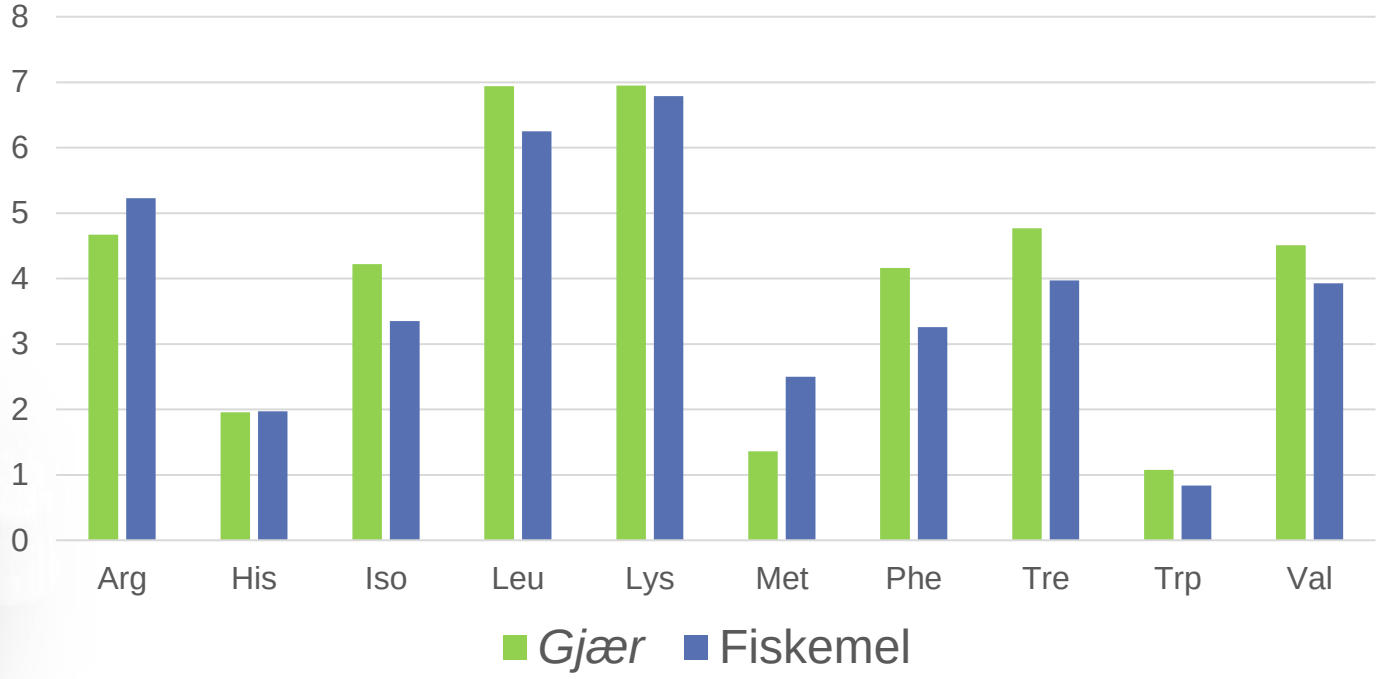
FOODS OF NORWAY

Gjær (*C. jandinii*) fra Norske grantrær

Næringssverdi

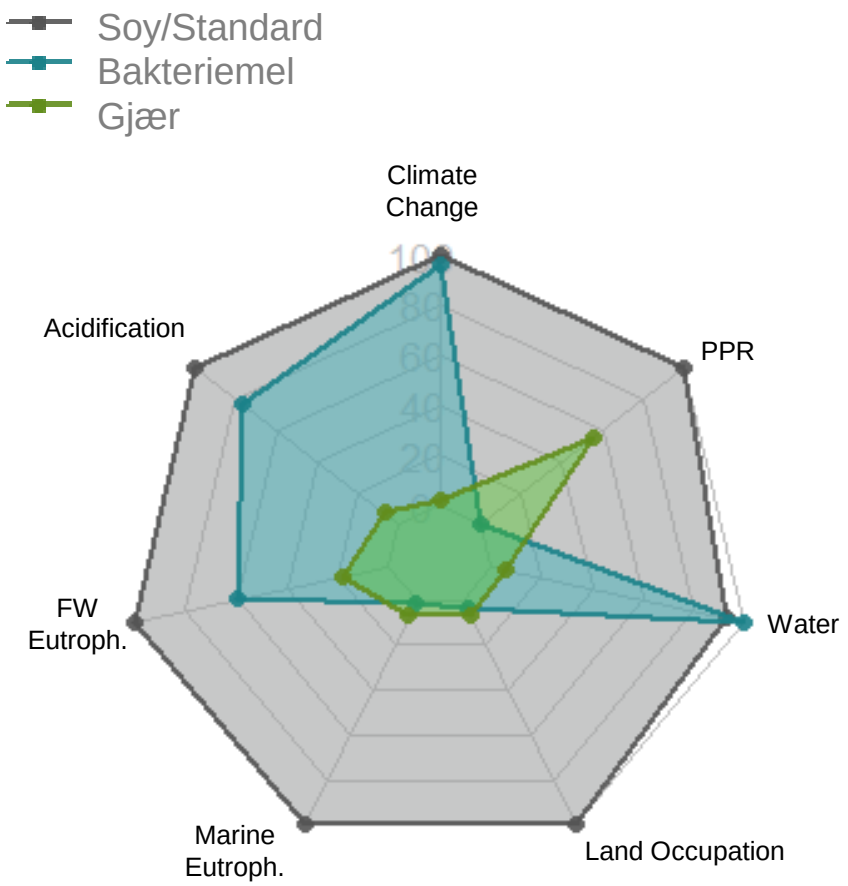
- ✓ Råprotein ~ 50-58%
- ✓ Gunstig aminosyresammensetning
- ✓ God smakelighet
- ✓ Positive helseeffekter
- ✓ Lavt klimaavtrykk

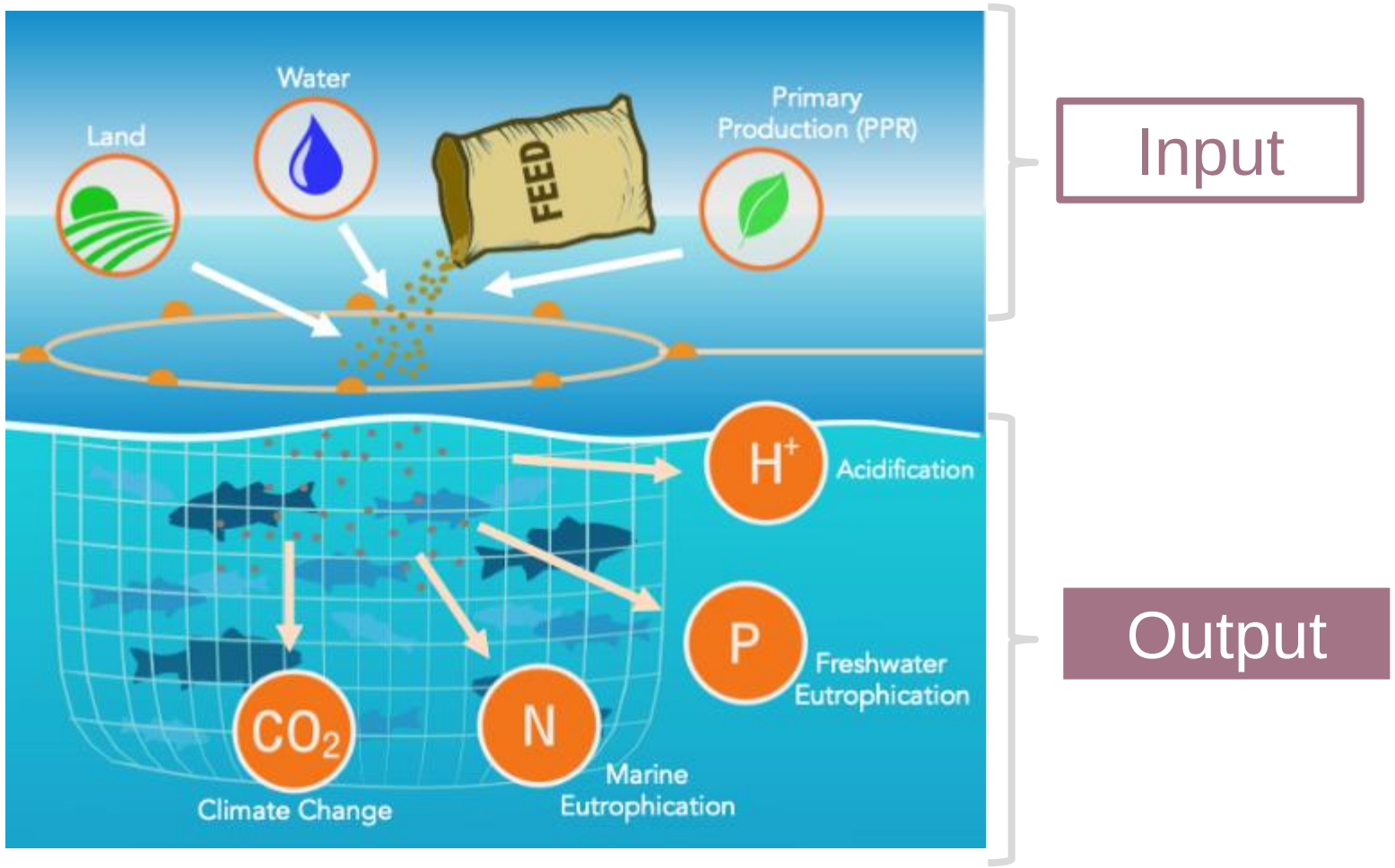
Essensielle aminosyrer i gjær sammenlignet med LT-fishmeal (g/100g protein)



Kilde: Øverland and Skrede, 2017, Review in Aquaculture

LCA- av gjær – klimafotavtrykk sammenlignet med soyaprotein konsentrat





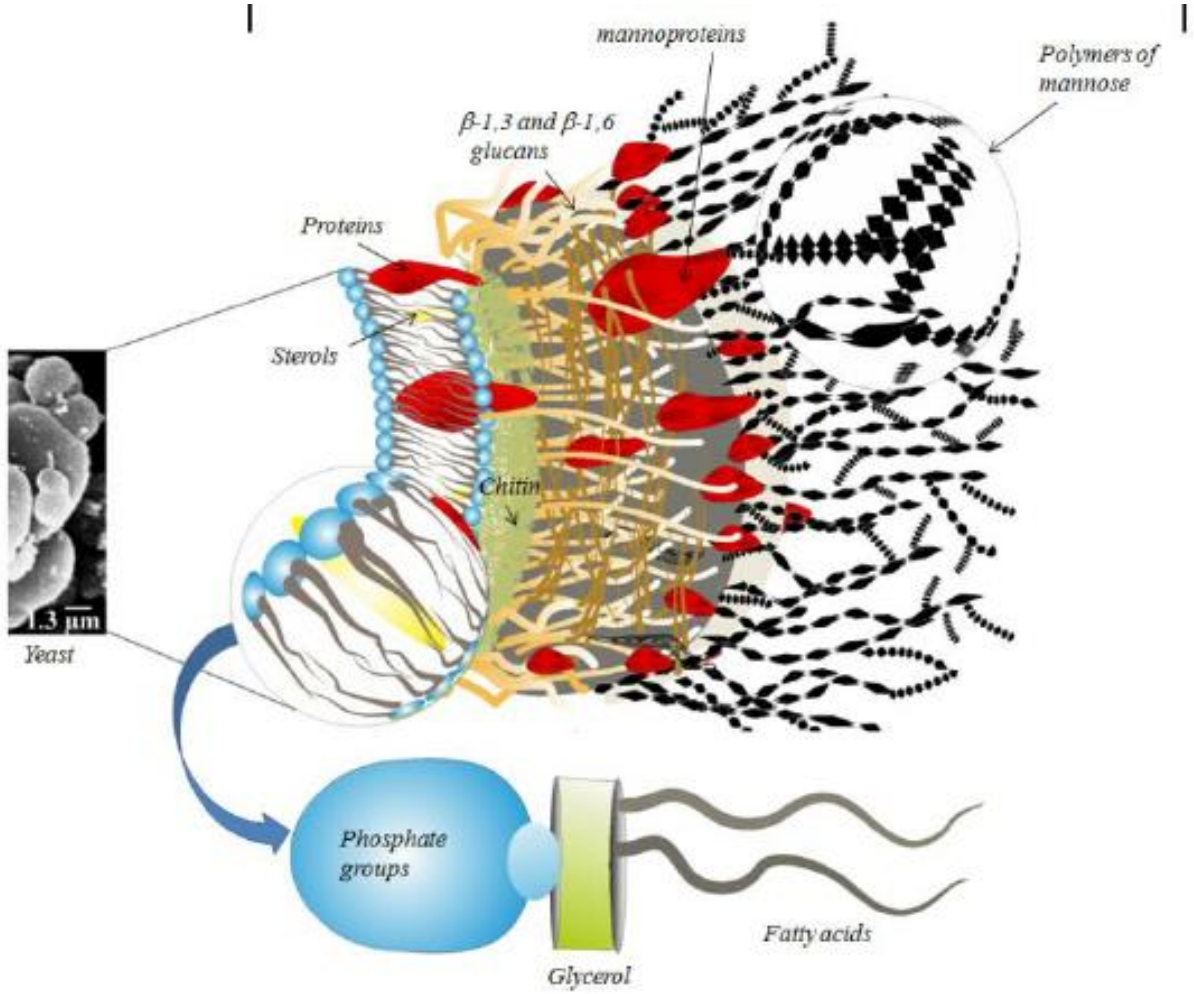
Kilde: Couture et al., 2019, Environ. Sci. Technol, 53, 4, 1967-1975

Helsefremmende stoffer i gjær

Bioaktive stoffer i gjær

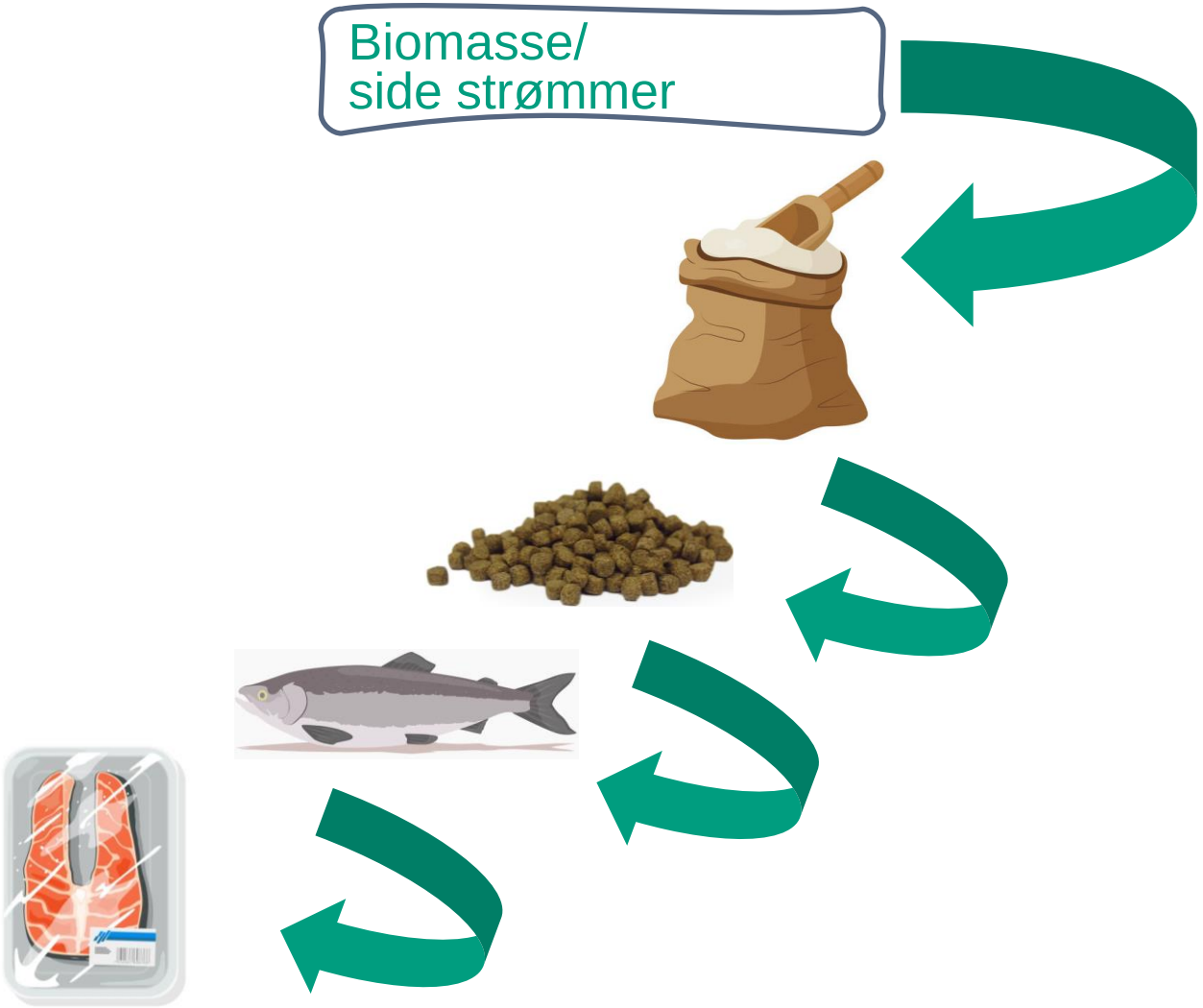
β-glukaner
Mannan sukker
nucleinsyrer
antioksidanter

Celleveggen



Målretta og helhetlig tilnærming

- Art- spesifik
- «Hele dyret» → integrert komplex biologisk system
- Verdikjede



FOODS OF NORWAY

Hvordan vi jobber med nye råvarer eller additiver

Trinnvis tilnærming - forskning

Compound >> 1 Downstrem processing >> 2 *In vitro* Screening

Developed & processed – NMBU / partner

Cell lines
Primary cell cultures

- ✓ Dose
- ✓ Toxicity/safety
- ✓ Bioactive properties

In-house experience

3 *In vivo trials*

- ✓ Growth & welfare
- ✓ Immune modulatory properties

Multi-stressor conditions

- Pathogens
- Water transfer
- Acute stress
- Suboptimal nutrition

Dosage

Nutritional programming

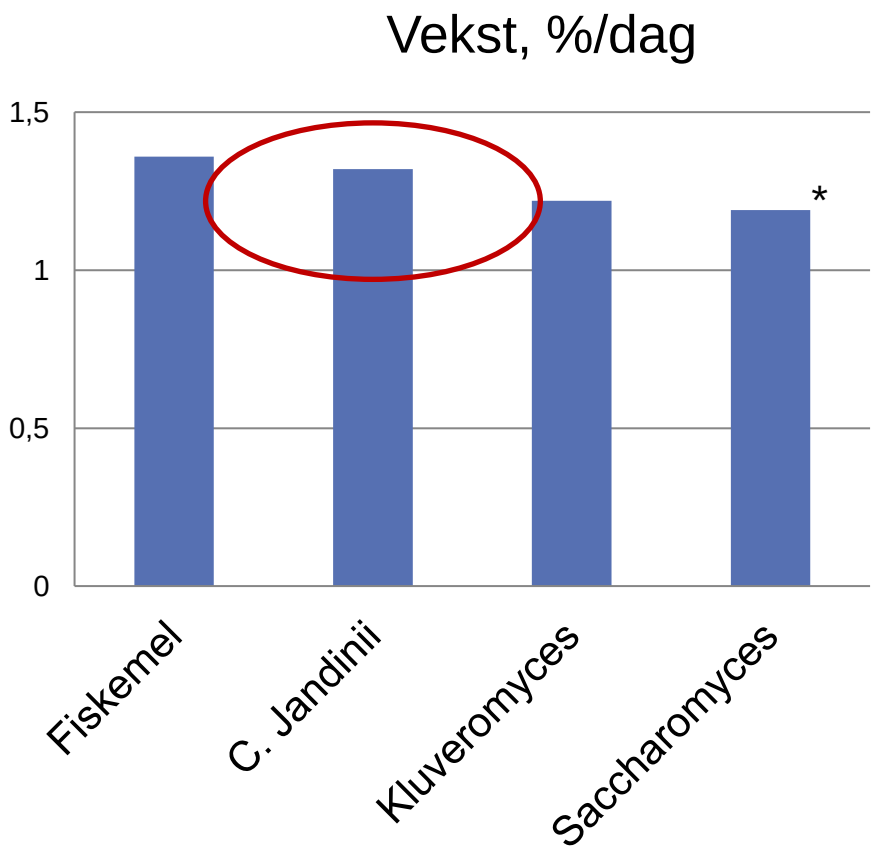
Water stage-dependent challenges

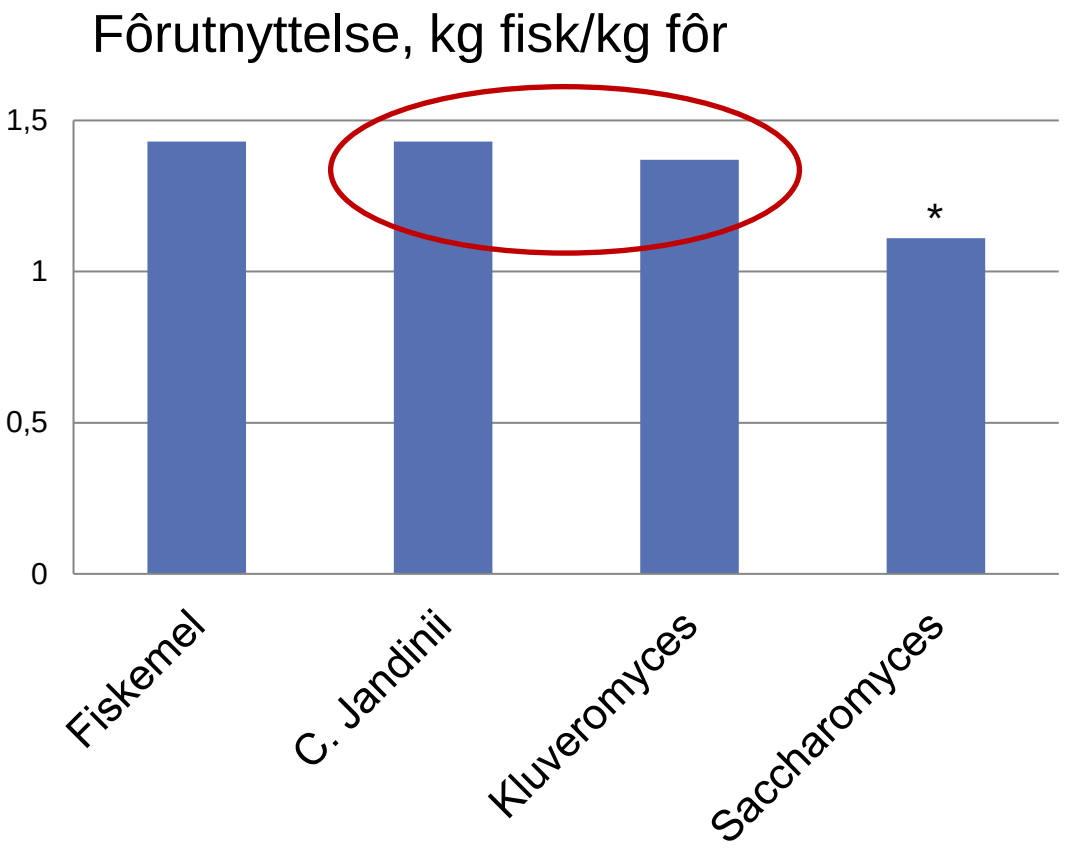
Animal trials
- Fresh water
- Sea water
- Fixed/Live pathogen

Gjær i fôr til laks

Vekst og fôrutnyttelse hos laks fôret med 30% gjær

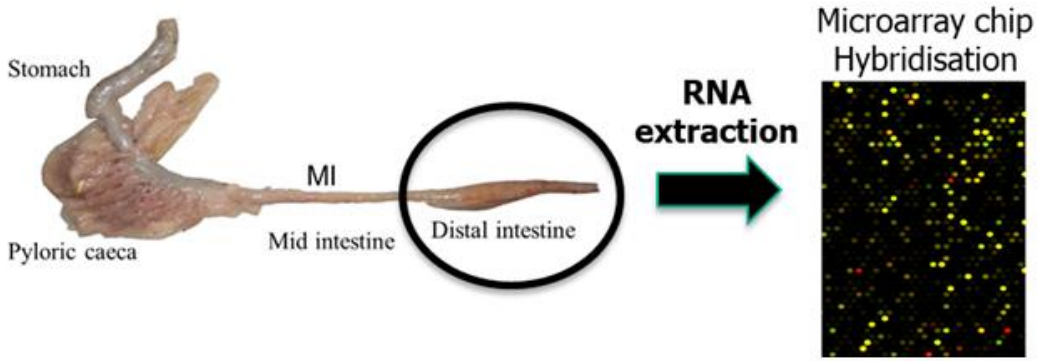
Kontrollfôr: LT-Fiskemel
Testfôr: 30% gjærmel





Kilde: Øverland et al.,2013, Aquaculture

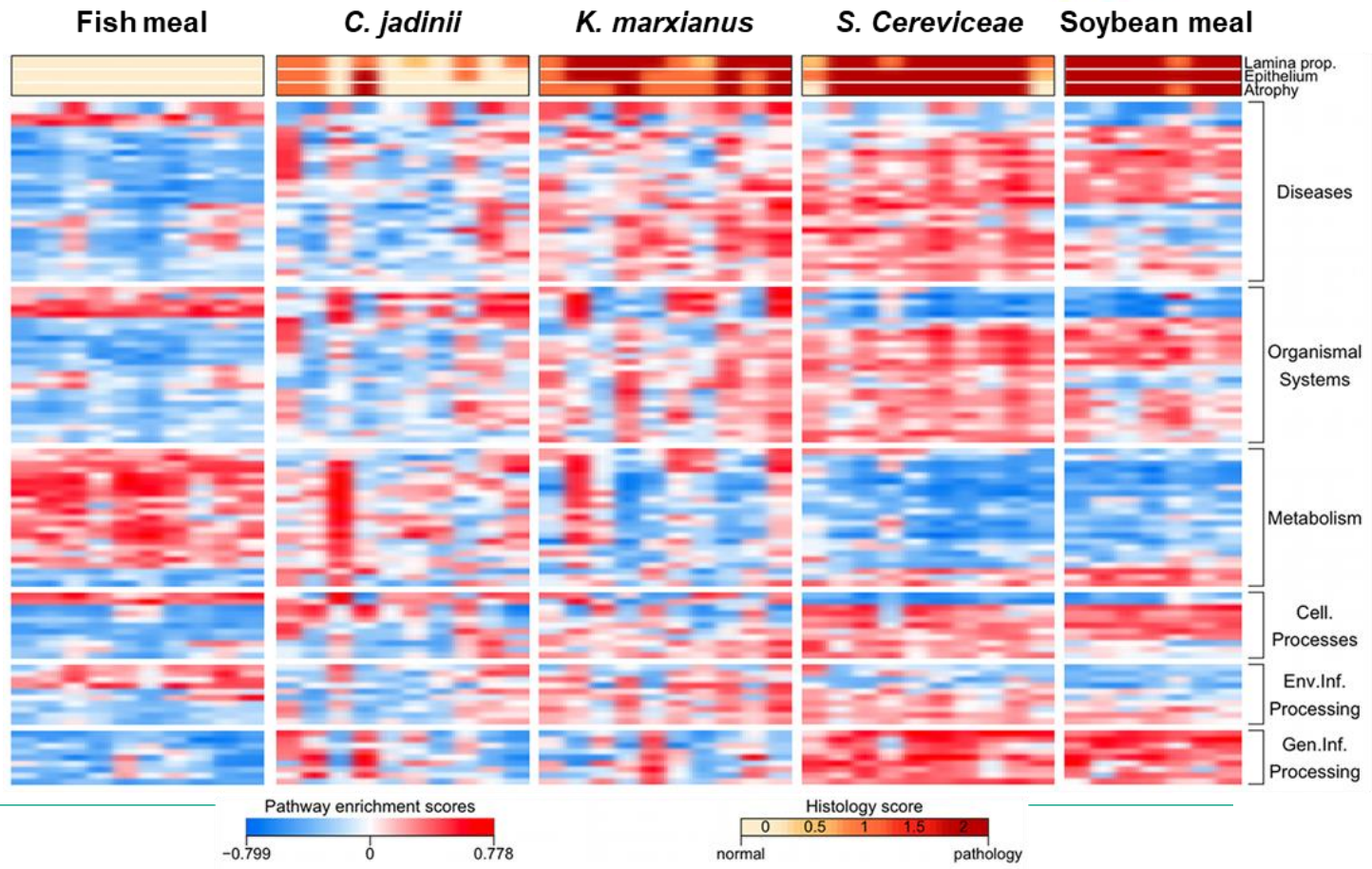
Effekt av gjær på tarmhelse hos laks
Histologi og genuttrykk i baktarm



Høydepukter

- ***TC. Jandinii hemmer*** *tarmbetennelse*.
- ***K. marxianus*** *ga* ***noe*** *reduksjon i tarmbetennelse*.
- Bakegjær hadde ingen effekt
- ***C. Jandinii*** *og* ***K. marxianus påvirket sammensetningen av bakteriene i tarmen***
  - Økt relative mengde av *Firmicutes.*
  - Bakteriene kan påvirke utviklingen av tarmbetennelse.

- Effekten av TC. Jandinii ***er knyttet til vedlikehold av tarmhomeostase***.



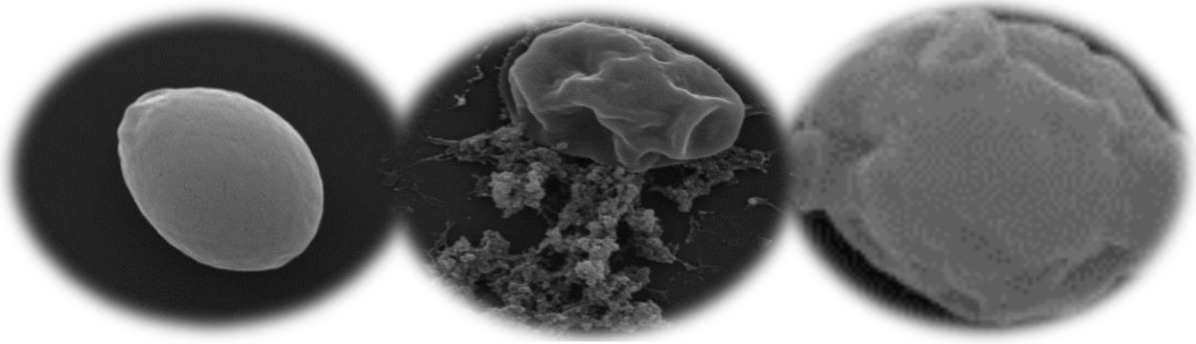
Kilde: Grammes et al., 2013, PlosOne, 8-12, 1-13

Prosessering av gjær etter høsting

Metoder:

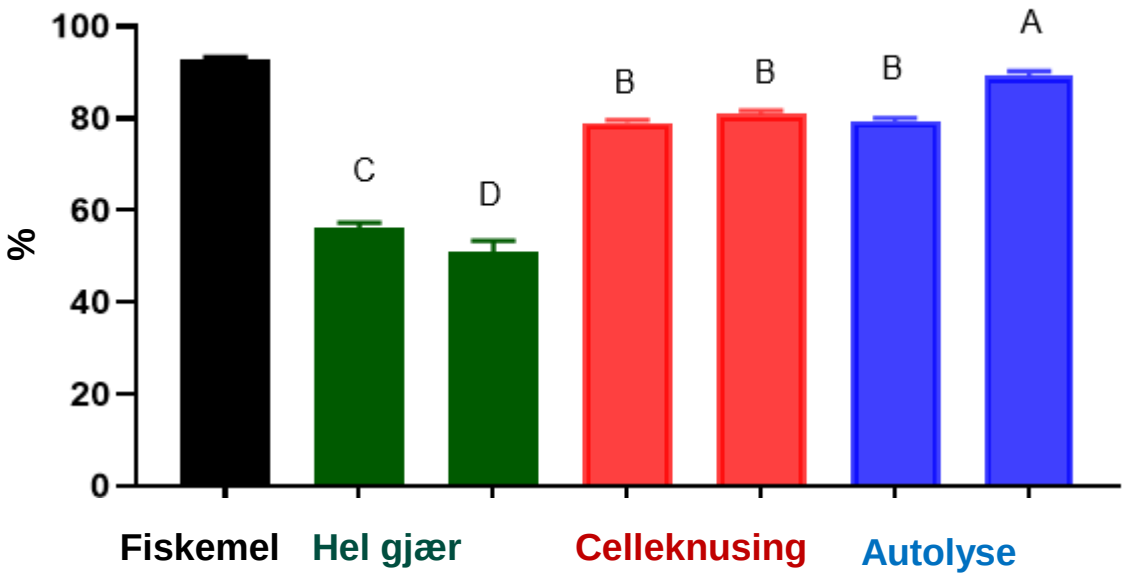
- Celleknusing ved ulik hastighet
- Autolyse ved 8 eller 16 timer
- Tørking ved 180 eller 260ºC

Scanning electron mikroskopi av gjærceller



Hele gjærceller **Celleknusing** **Autolysert gjær**

- Fordøyelighet av protein i gjær, %



Kilde: Hansen Ø. et al., 2021, Aquaculture, 530, 735707

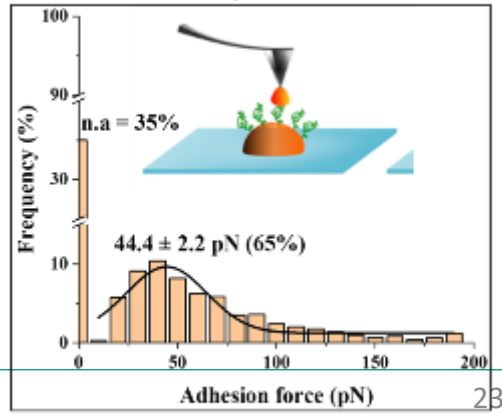
Nedstrømsprosessering av gjær ved autolyse

Metode:

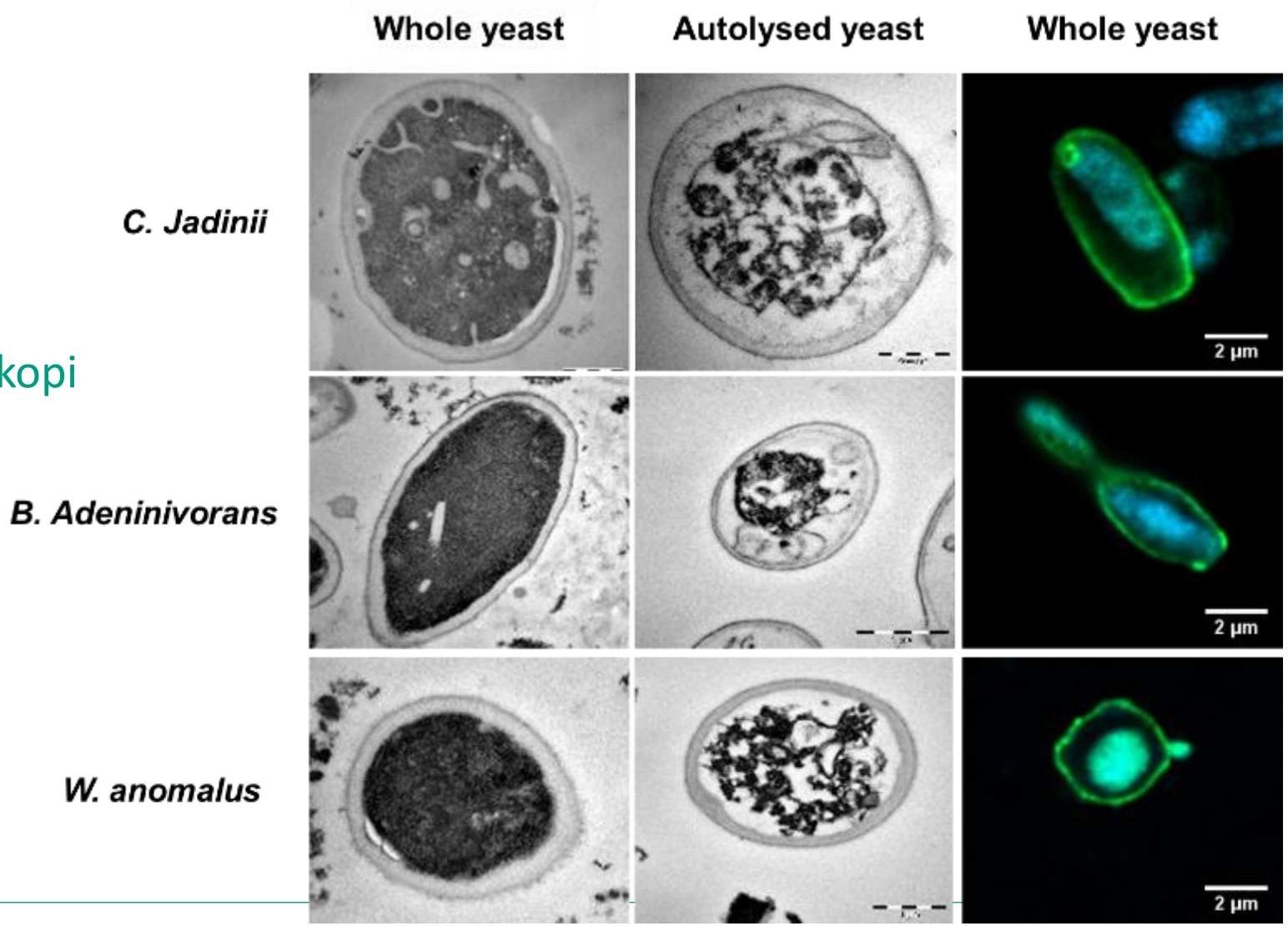
- Autolyse i 8 eller 16 timer
- Spraytørking ved 180ºC

- Transmission electron mikroskopi
- Konfokal mikroskopi
- Atomic force mikroskopi

Atomic force microscopy
with functional tip



Binding capasity



Kilde: Agboola et al., 2021, Scientific reports 11 (4496)

Forsøk med laks i ferskvann

Forsøksfôr:

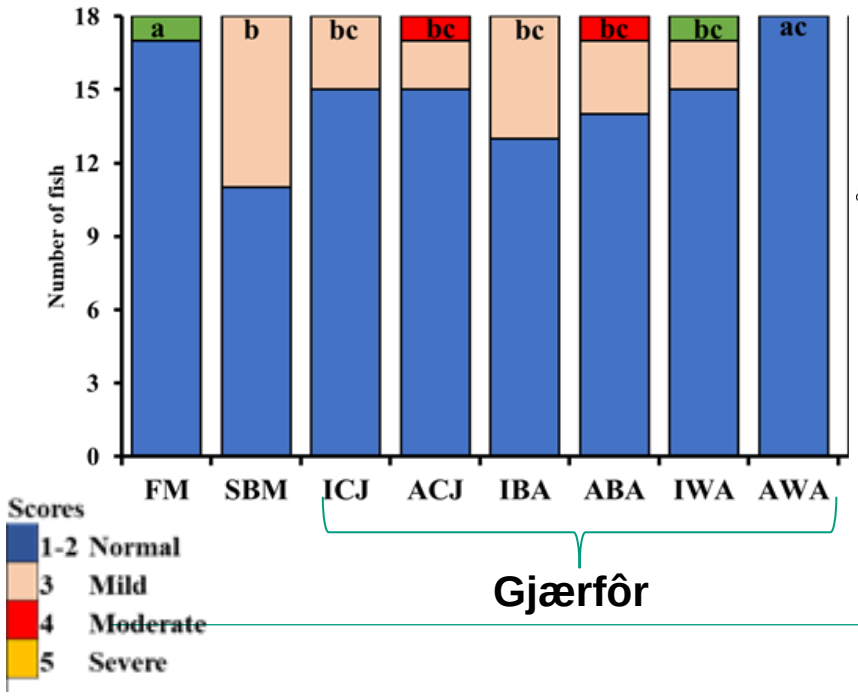
Negativ kontroll

Positive kontroll med 40% soy

Forsøksfôr med 40% soy og 5% hel eller autolysert gjær:

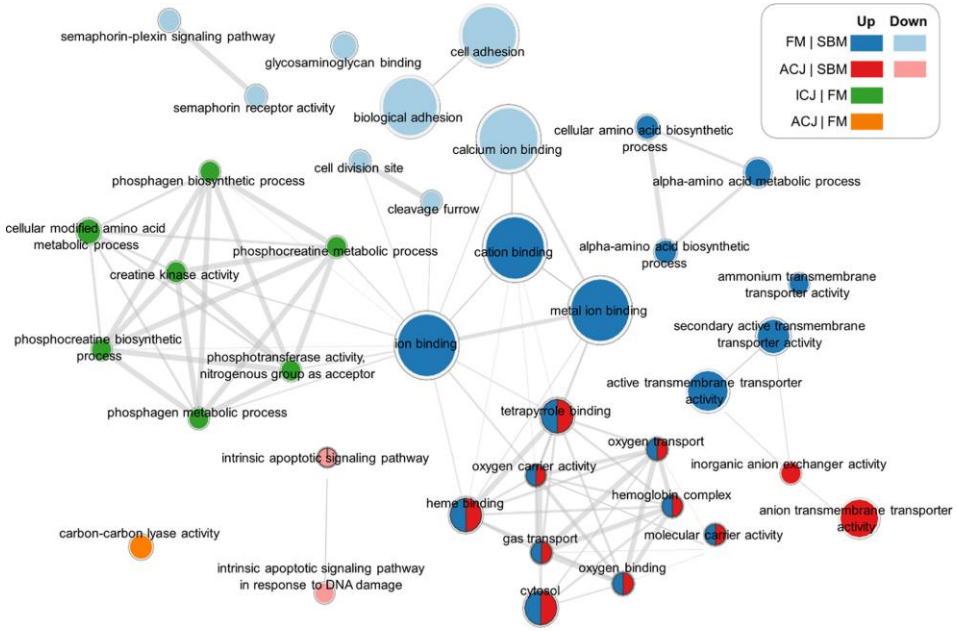
J. Jandinii, W anomalus, og B. Adenovorans

Baktarm histologi, betennelse



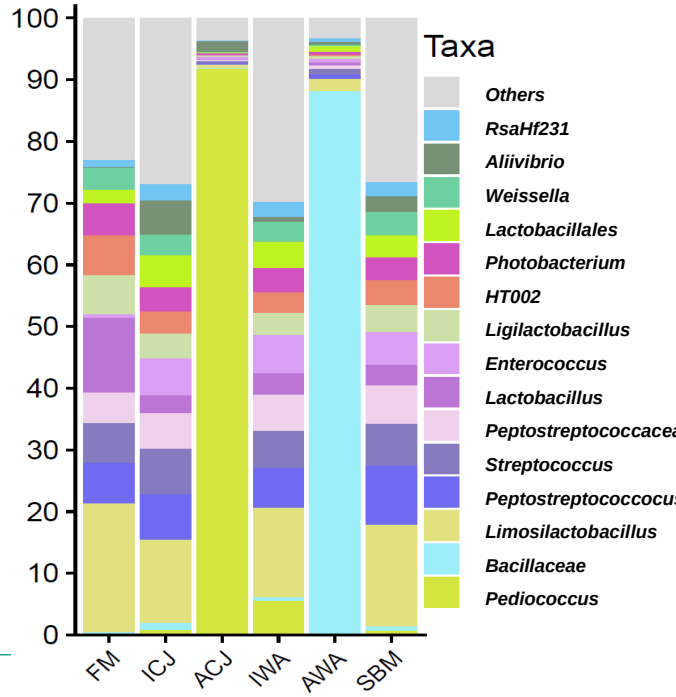
Gjærfôr

Genutrykk i milt.

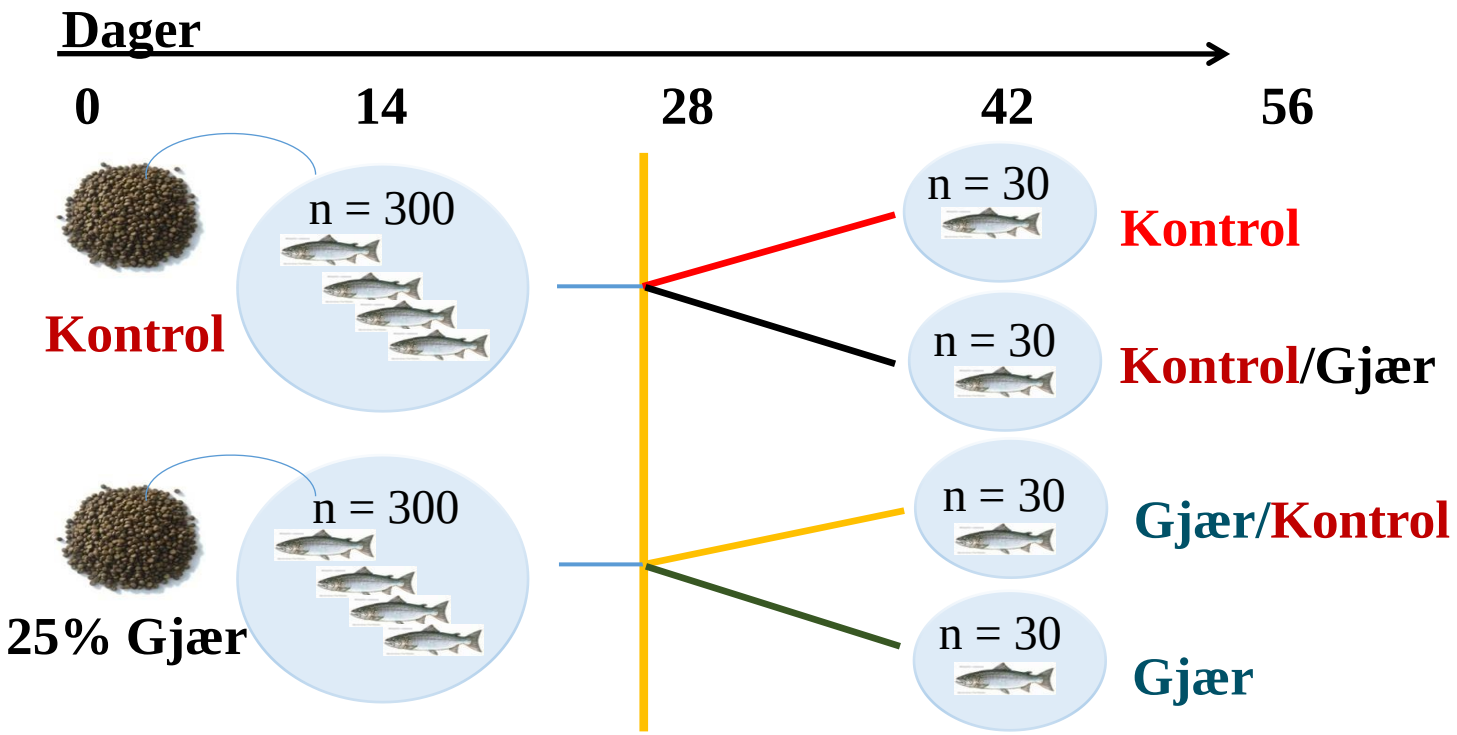


Network of enriched GO terms related to diets.

Tarm mikrobiota



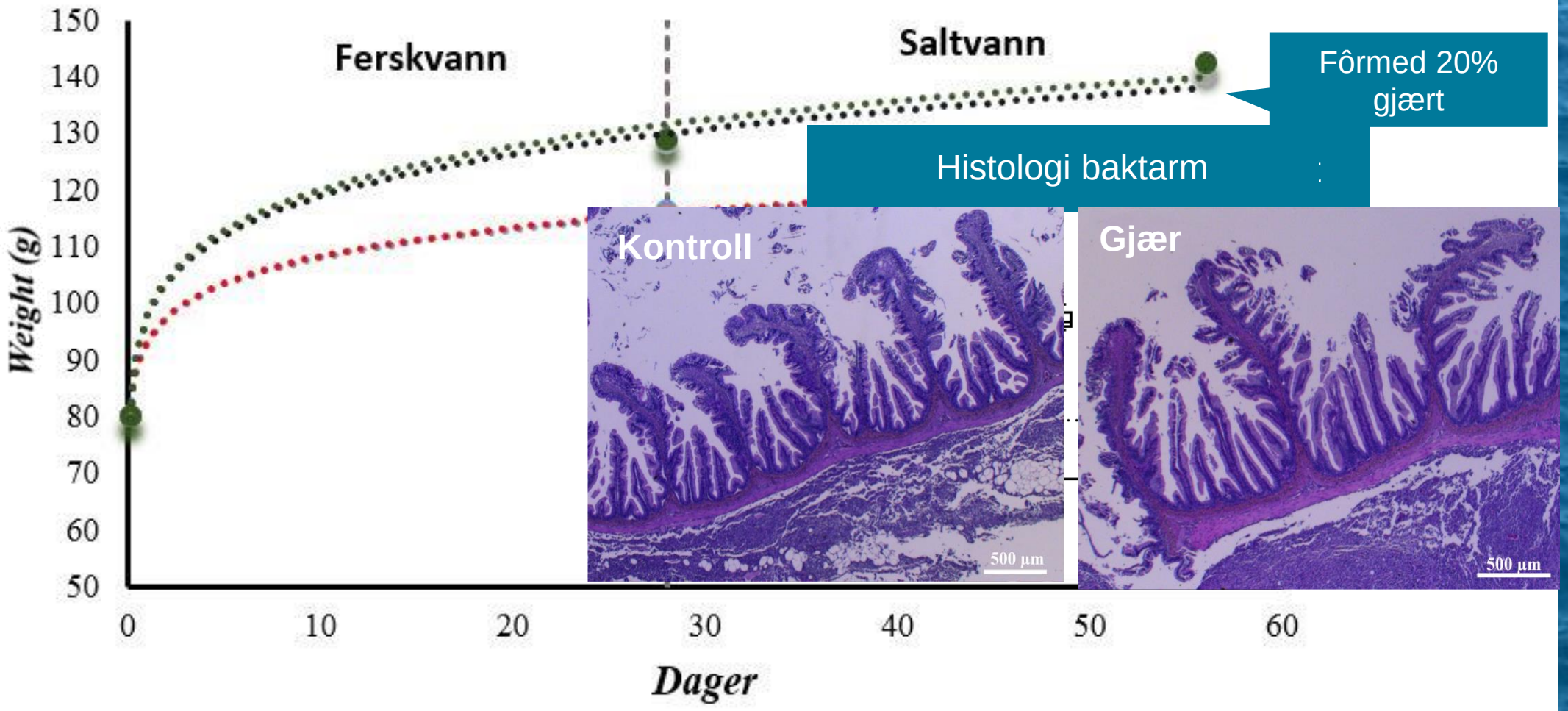
C. Jadinii gjær i fôr til laks ved utsett i sjøvann



Fersk vann, t = 12°C

Sjøvann, t = 7°C

Gjær i fôr til laks ved utsett til sjøvann
Tilvekst



Source: Sahlmann, Djordjevic et al., 2019, Aquacuture, 513, 734396

Oppskalering av gjærproduksjon

Borregaard

LALLEMAND

Foods of Norway achieves large-scale production of yeast from trees

VIKEN SKOG

Borregaard

NMBU

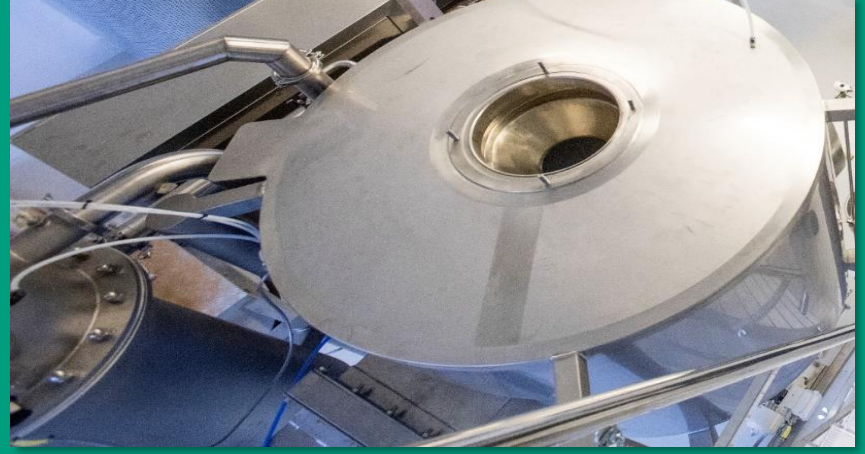
LALLEMAND

BioMar

Felleskjøpet

FOODS OF NORWAY

Feltforsøk med gjær i fôr til laks ~2.2 til 6 kg



Gjær i fôr til smågris

Forsøk med smågris

Hva undersøker vi?

- **Produksjon:** tilvekst, fôropptak, fôrutnyttelse
- **Helse:** tarmfunksjon og diaré

Gjær i fôr til smågris – produksjon og tarmhelse

Resultater

- Høgt fôropptak, vekst og god fôrutnyttelse
- God tarmfunksjon og struktur
- Redusert forekomst av diarré
- Positiv effekt på tarmflora
- Økt immunforsvar etter avvenning

Photo:Felleskjøpet

Feltforsøk med smågris

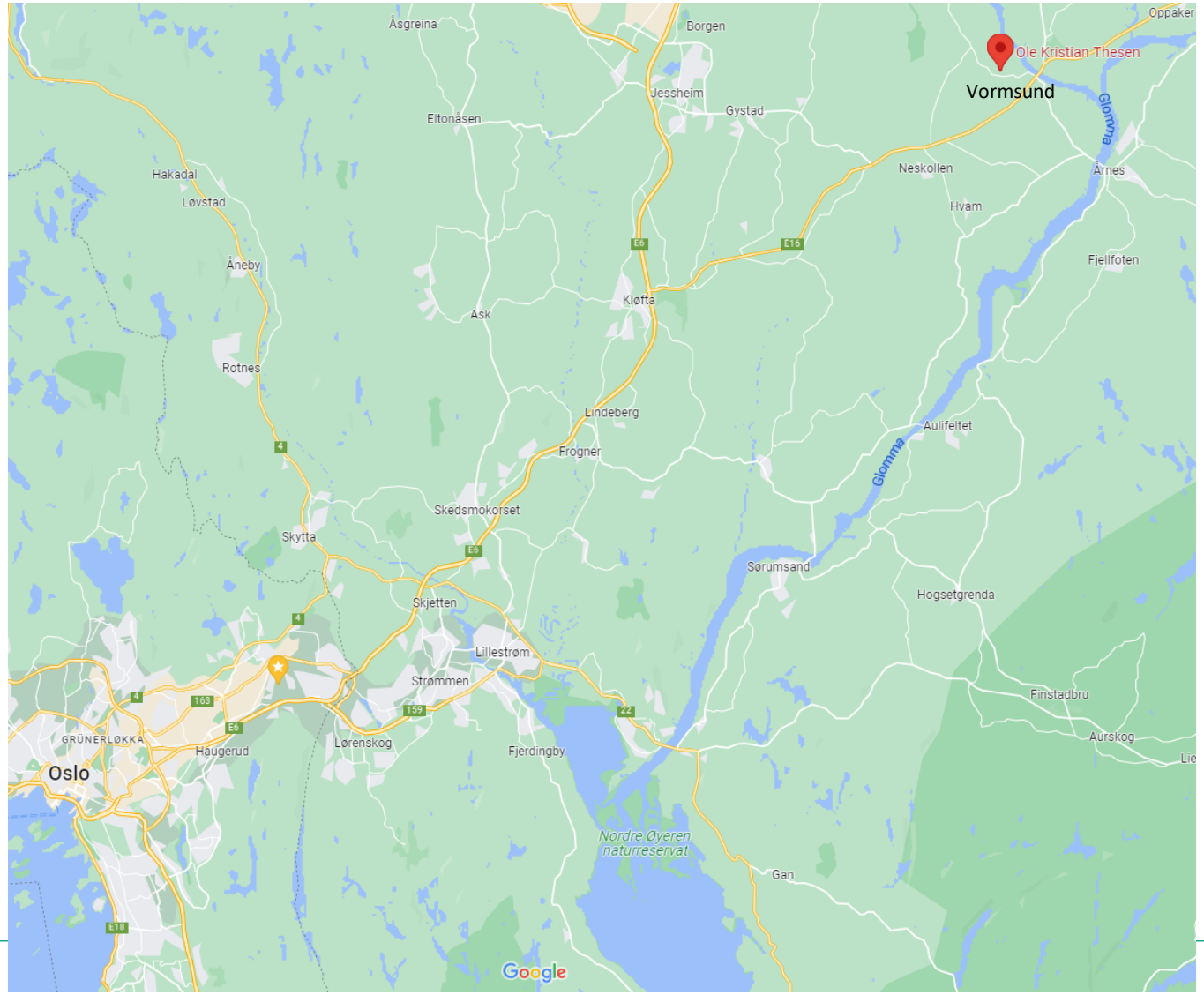
Undersøkte effekten av gjær fra Norske grantrær

FOODS OF NORWAY

NMBU

Felleskjøpet

Thesen Gård



Ole Kristian Thesen, Johan Fredrik Thesen

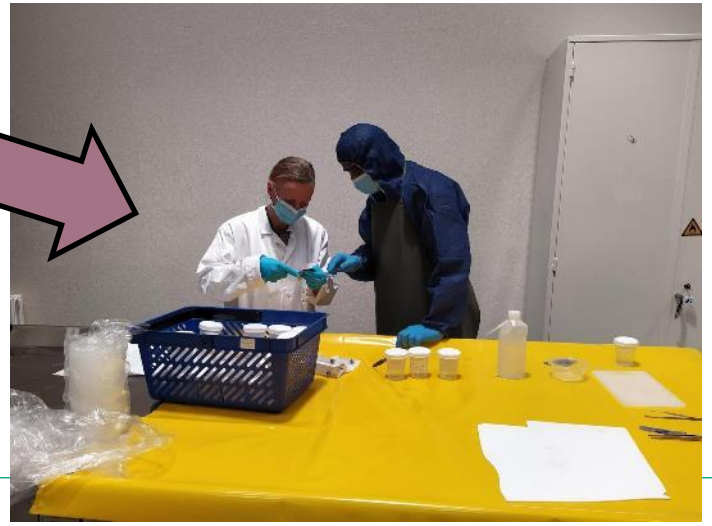
TOPPRESULTATER: Felleskjøpet setter pris på sine dyktige kunder og Thesen har flere år mottatt diplom som toppbesetning.

Prøveuttak ved slakting

Genuttrykk fra tarm

Tarmmikrobiota

Histologi



Gjær i fôr til slaktekylling

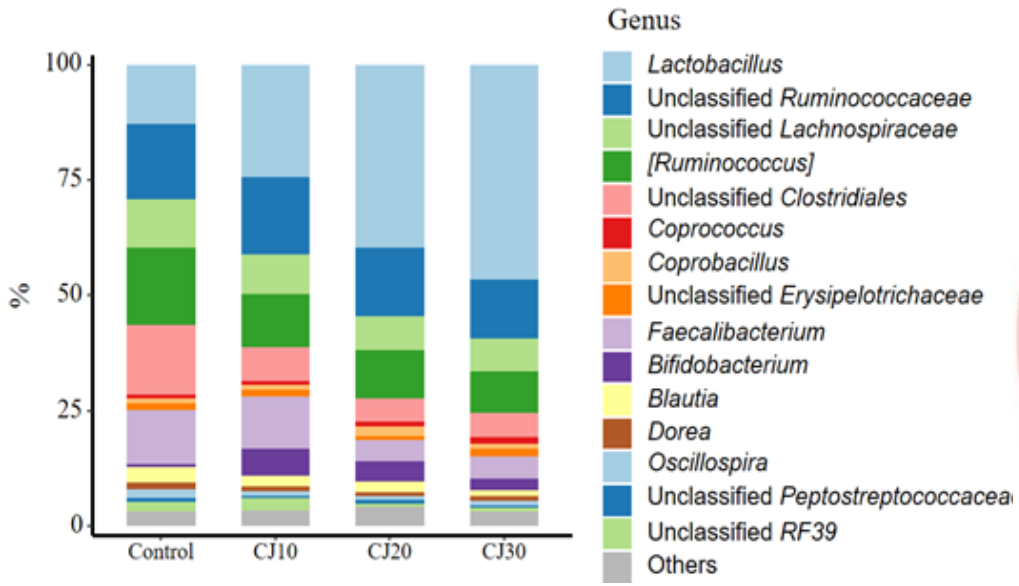
Gjær i fôr til slaktekylling

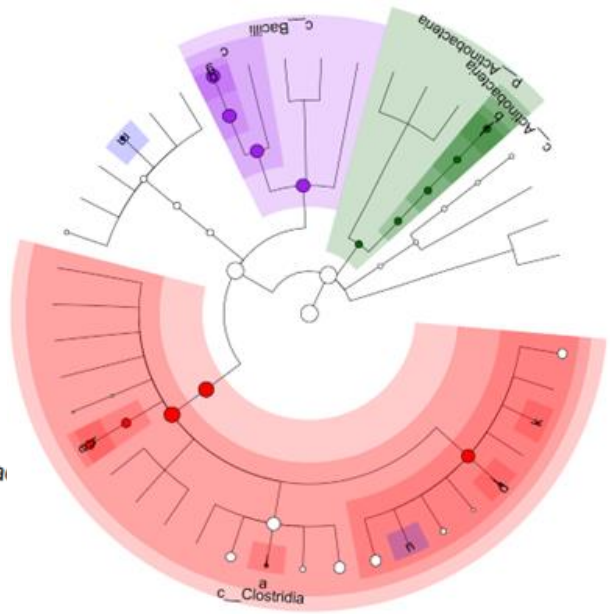
- ✓ 360 kyllinger
- ✓ Varighet: 34 dager
- ✓ Paramtre: Produksjonsytelse, strøkvalitet, tarmmorfologi, tarmmikrobiota

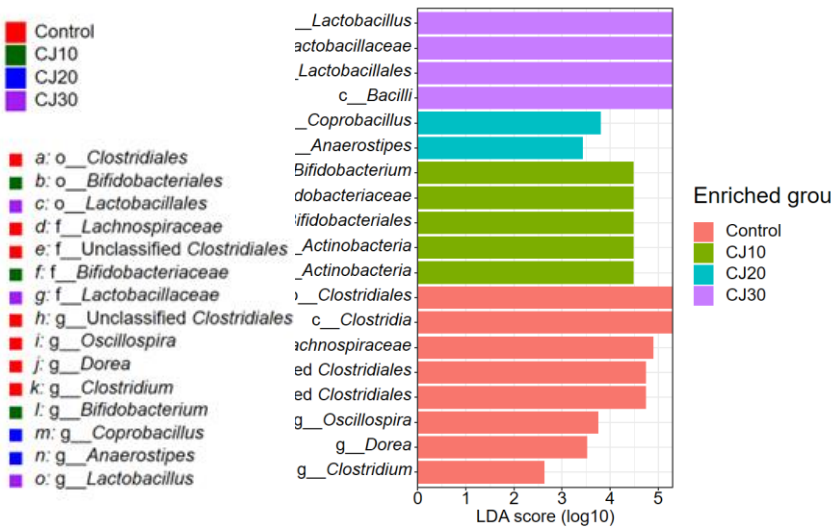
Fôropptak	3160	3179	3225	3387
Tilvekst	2612	2507	2557	2588
Fôrutnyttelse	1.212[b]	1.269[ab]	1.261[ab]	1.309[a]

Kilde: Itani, Marcussen et al., 2023, submitted

Effekt av gjær på tarmmikrobiota, cecum



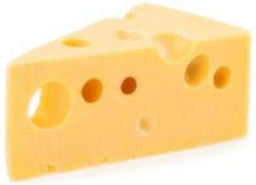




Kilde: Itani, Marcussen et al., 2023, submitted

Forsøk med melkeku

Melkekuforsøk med gjær



- Fôreffektivitet
- Ku-helse

Kvalitet av melk

Kvalitet av ost

Gruppe 1: Soyabasert fôr

Gruppe 2: Gjærbasert fôr

Vi ønsket å undersøke om gjær fra gran påvirket melkeytelse og kvaliteten av melk og ost

Fungus / gjær
Mikroalger
Bakterier
Mikrober
LCA analyser
Hydrolyse
Fermentering
Sentrifugering
Filtrering
Tørking
Bioraffineri
Celle-toksisitet
Bioaktive egenskaper
Screening
Norwegian University of Life Sciences
Vitenskaps-baserte produkter
Nye market
Marktsføring
Tecknoøkonomisk analyse
Skogsråstoff
Slakte-biprodukter
Tare
Organisk rest-strømmer
Biomasse
Förproduksjon
Næringsinnhold
Fôr
Fôropptakg vekst, fôrutnyttelse
Merverdi (immunitet, helse)
Dyreforsøk

FOODS OF NORWAY

Mykoprotein - PEKILO® *(Paecilomyces variotii)*

Næringsverdi

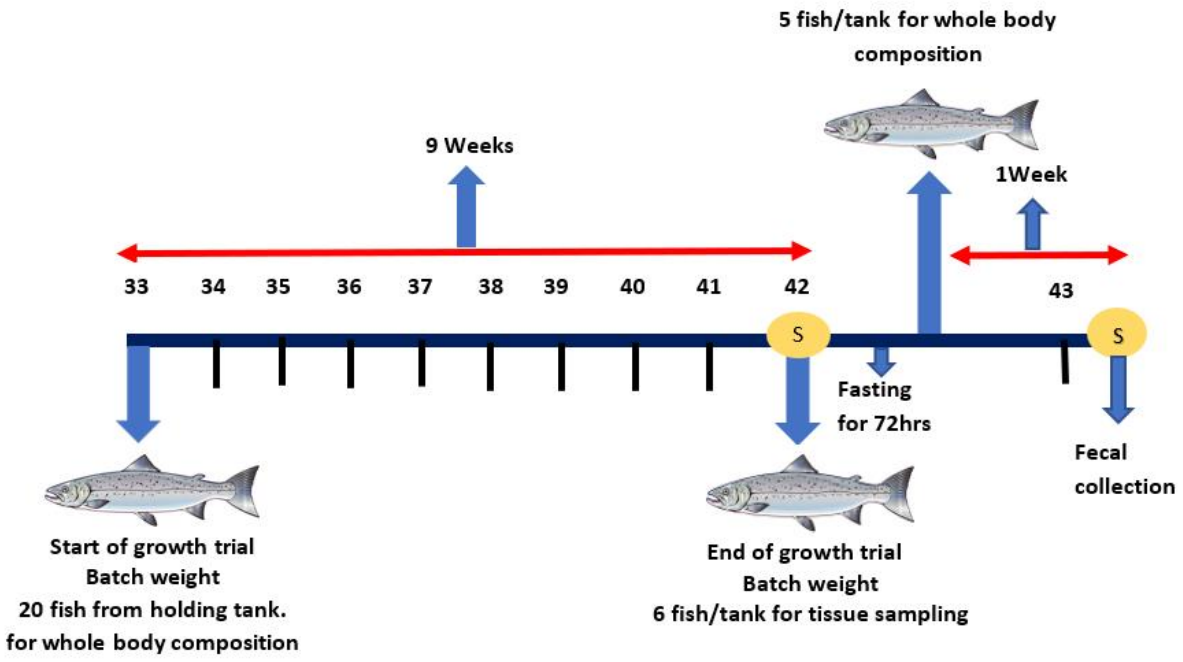
- ✓ Råprotein ~ 65%
- ✓ Gunstig aminosyresammenseting
- ✓ Råfett 6-7%
- ✓ Aske 7%
- ✓ Proteinfordøyeighet 89%

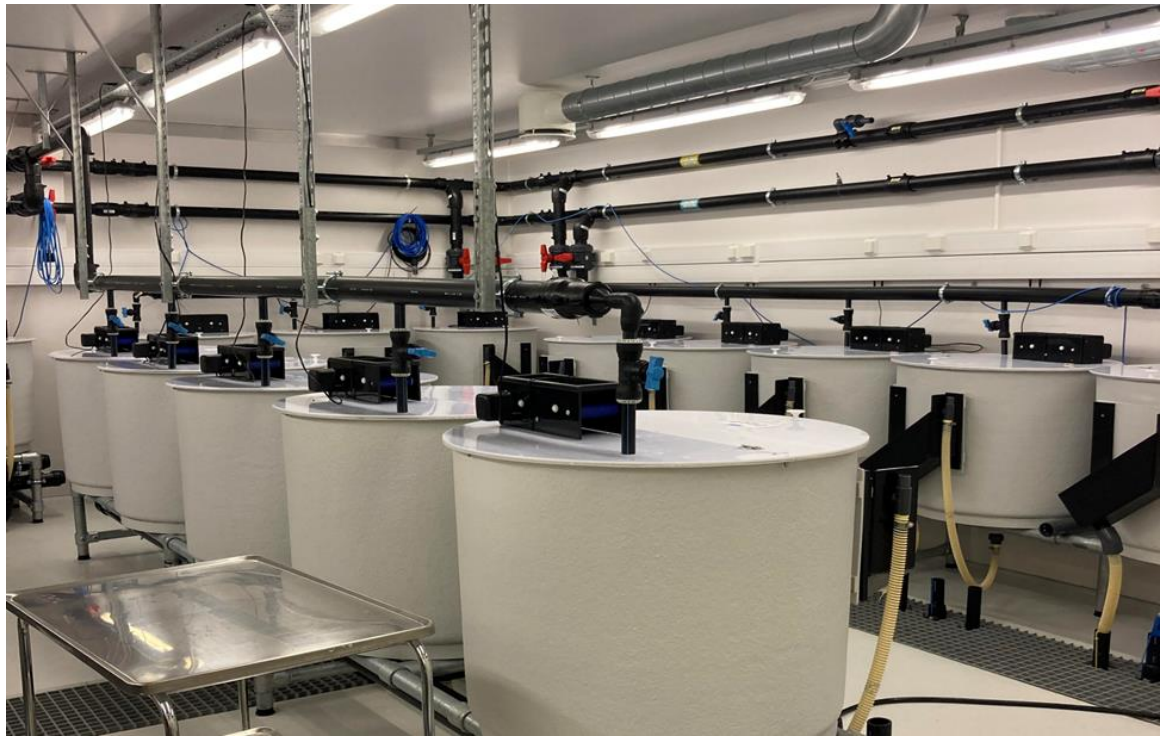
Kilde: Hoft et al., 2023, Aquaculture America/ WAS Meeting 17.02,2023, New Orleans, USA

Vekstforsøk med V. Pariotii til laks i ferskvann

Laks i ferskvann

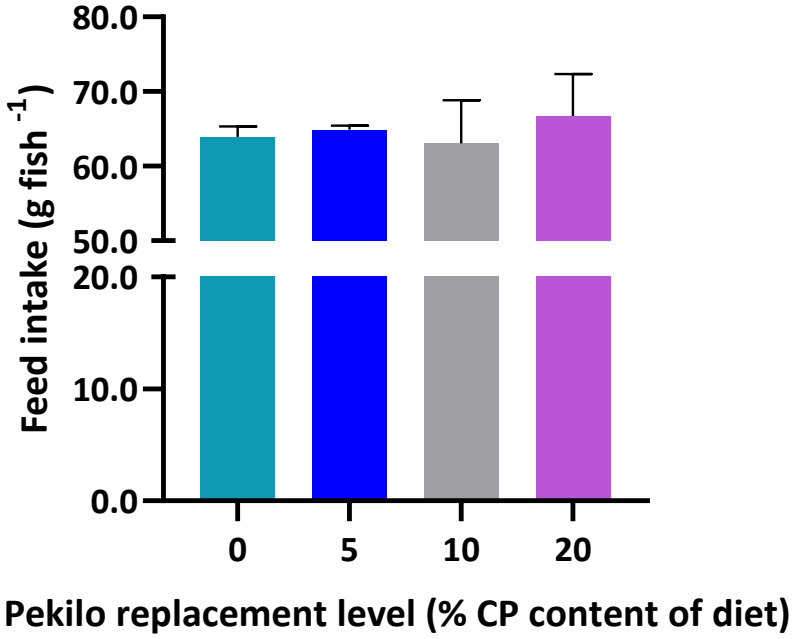
- 9 uker forsøksperiode
- Økt innhold av p. variotii fra 0, 5, 10 og 20%
- Erstattet LT-fiskemel, soy (SPC) og hvetegluten



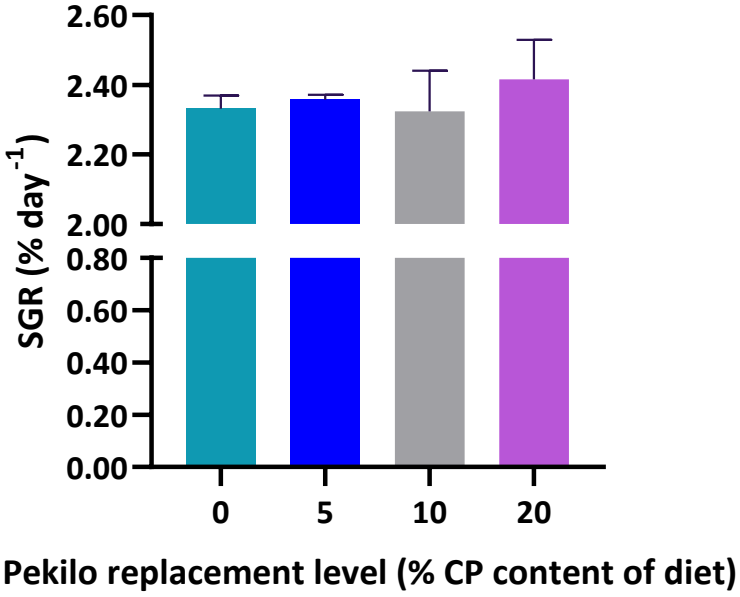


Produksjonsforsøk med *P. variotii hos laks*

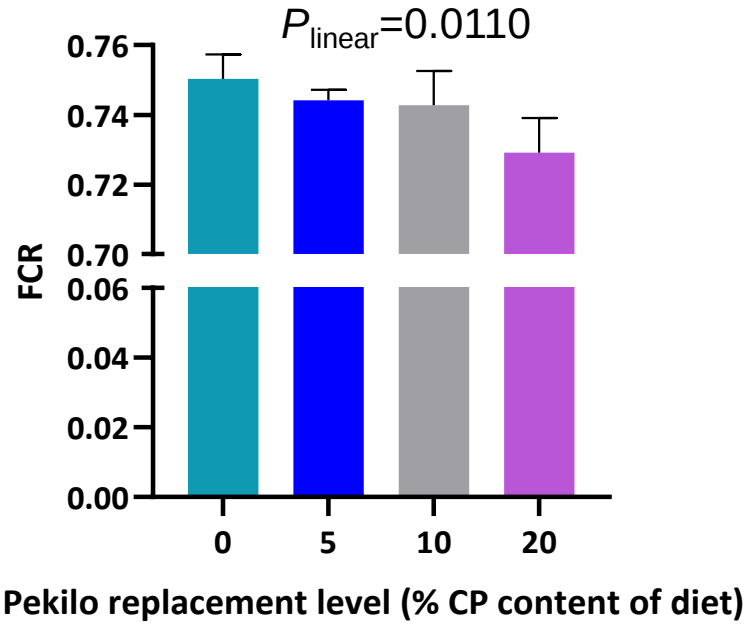
Fôropptak, g/fish



Tilvekst, %/dag



Fôrutnyttelse, kg/kg



Kilde: Hoft m fl., 2023, manus in prep

Mikrobielle fôrråvarer - prosjekter og trender

Pågående prosjekter:

NordicFeed: 2019-2025

1, 2, 3

NordForsk

Oil4Feed: 2019-2025

1, 2

Støtta av Forskingsrådet

ForestFeed: 2023-2027

1

Bioeconomy in the North

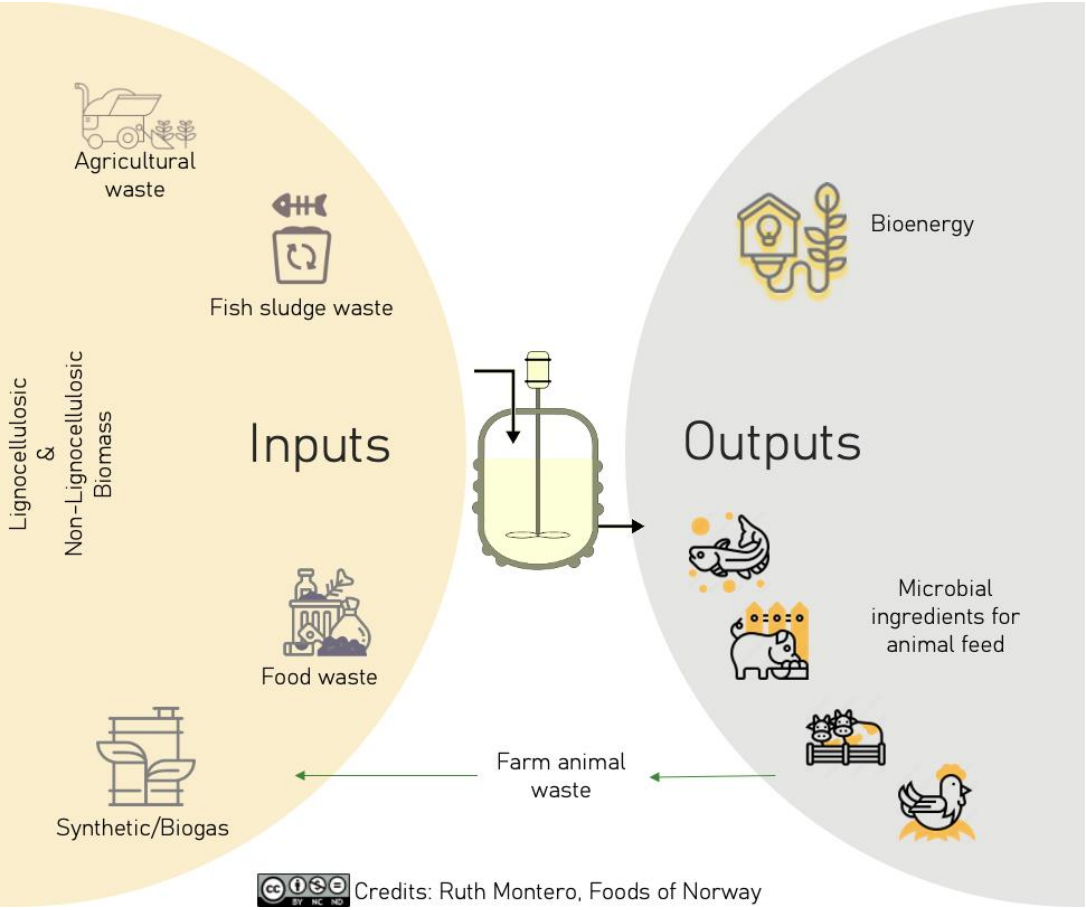
Innsatsfaktorer:

1

2

3

Trender:

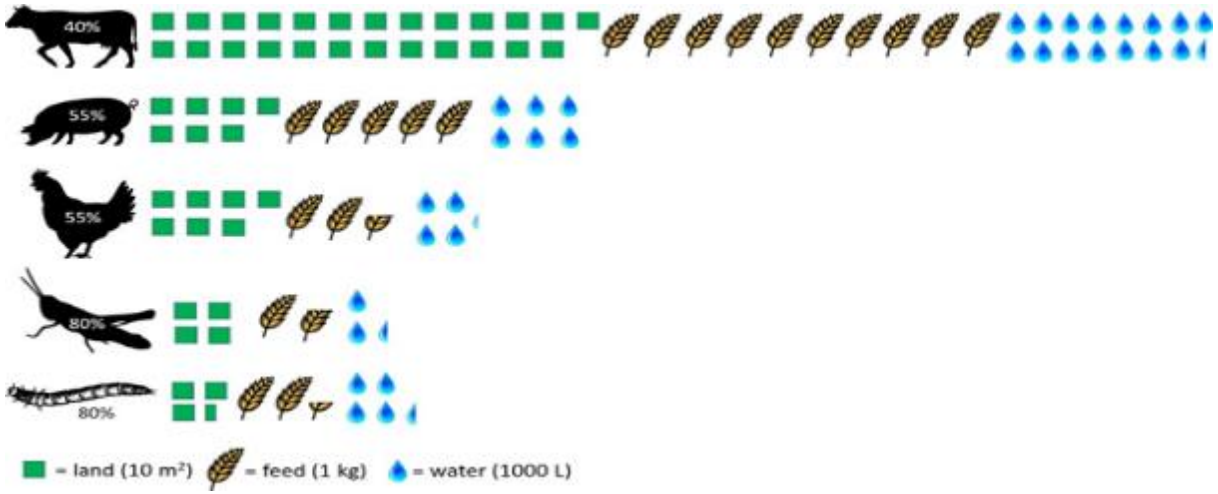


NordicFeed: PL, SLU, Biovit-NMBU, eniferBio, Biomar. **Oil4Feed:** Pl, RealTek-NMBU, KBM-NMBU, Biovit-NMBU, Borregaard, Norilia, UCSD, Californina
ForestFeed: PL, Biovit-NMBU, SLU, eniferBio, Biomar, Institute for Food and Environmental Research e.V. Germany, AV Group Inc, Canada

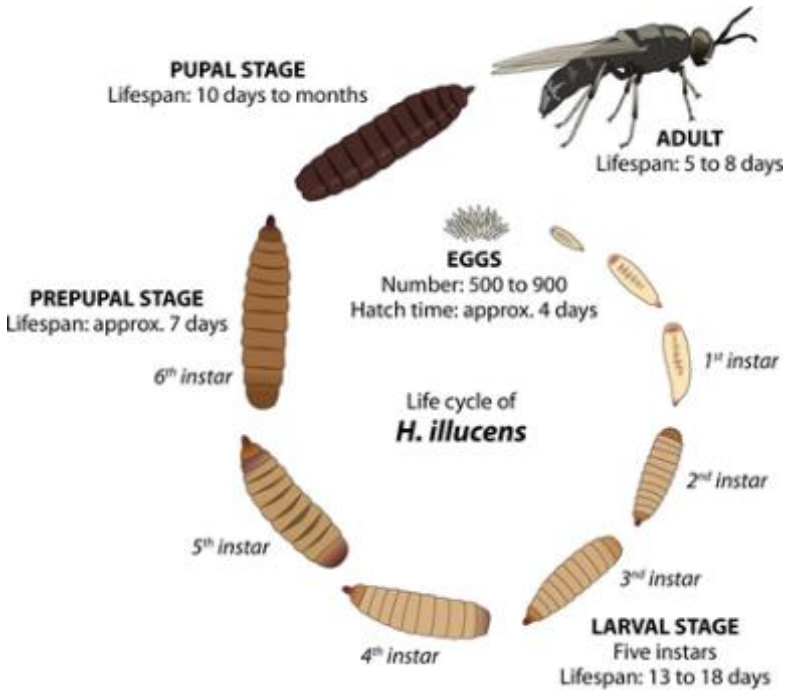
Insekter – en bærekraftig fôrressurs

Kilde: NRK, Nordland

Insekter – effektiv omdanning av organisk materiale



Behov for landareal, fôr og vann for å produsere 1 kg av insekter



Livssyklusen til svartesoldatfluer (*Hermetia illucens*).
Kilde: De Smet et al., 2018

Kilde: Weththasinghe, PhD avhandling, 2021, https://hdl.handle.net/11250/2977556/etter *Dobermann et al., 2017*

FOODS OF NORWAY

Insekter

Insekter kan være en verdifull fôrressurs dersom regelverket åpner for alternative innsatsfaktorer

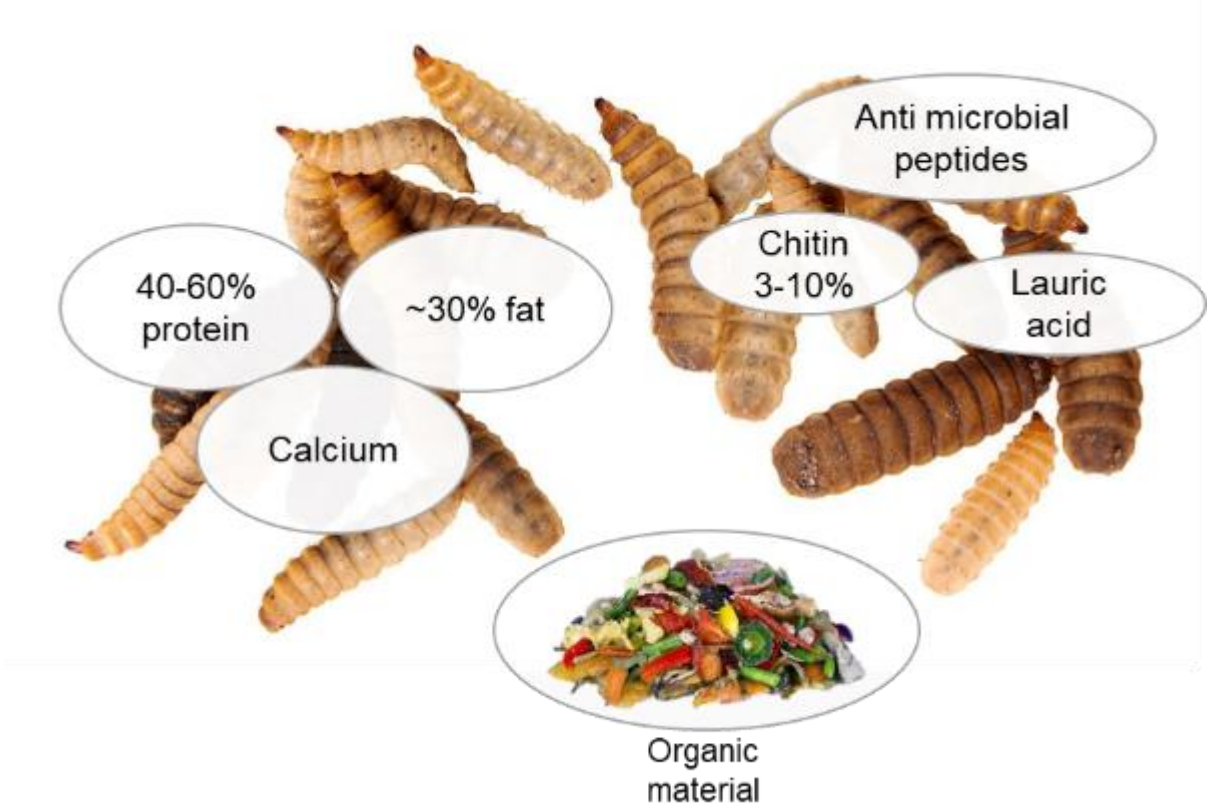
Fordeler

- Høgt innhold av protein og fett
- Bidrar til en sirkulær akvakultur basert mat system ved å oppsirkulere reststrømmer
- Lavt klimafot avtrykk pga areal og vann besparende effekt
- Etablert teknologi for insektproduksjon
- EU godkjent i fôr til fisk, kylling, og gris
- Lavt avfallsutslipp, frass kan brukes som organisk gjødsel

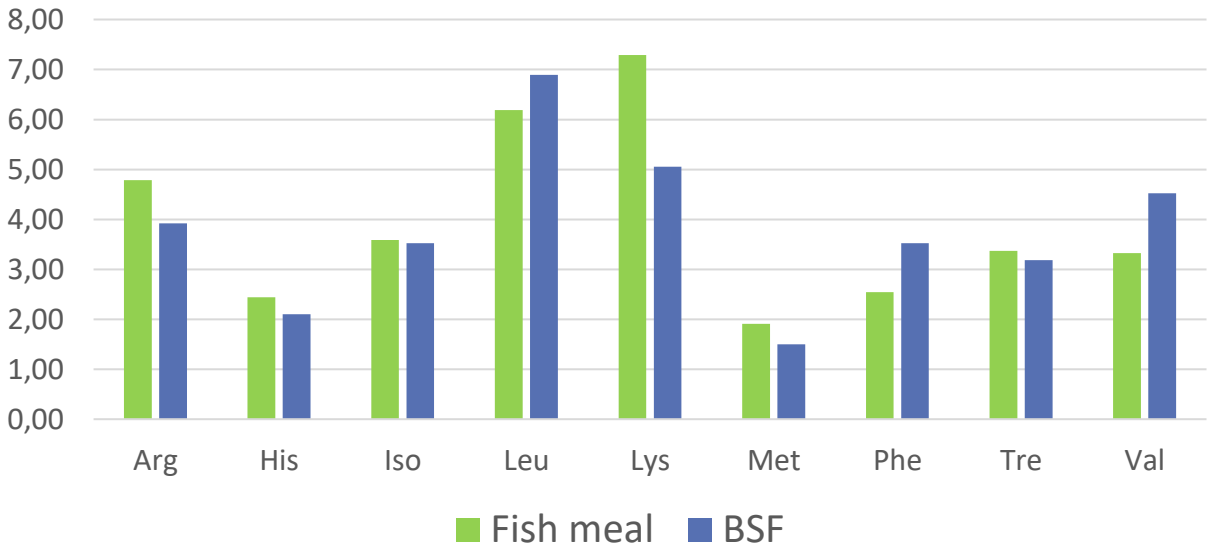
Ulemper

- Lave produksjonsvolumer og høg pris
- Stengt EU regelverk hemmer bruk av alternative innsatsfaktorer som fiskeslam og matavfall
- Lovgivningen følger samme regel som for tradisjonelle husdyrproduksjon
- Møter ikke nødvendig krav til kvalitet på grunn av lav fordøyelighet
- Energi-krevende prosess

Næringsverdi av svarte soldatfluelarver



Essensielle aminosyrer i avfetta insektmel sammenlignet med LT-fiskemel (g/100 g protein)



Bidrar til en sirkulærøkonomi og en bærekraftig akvakultur og husdyrproduksjon

FOODS OF NORWAY

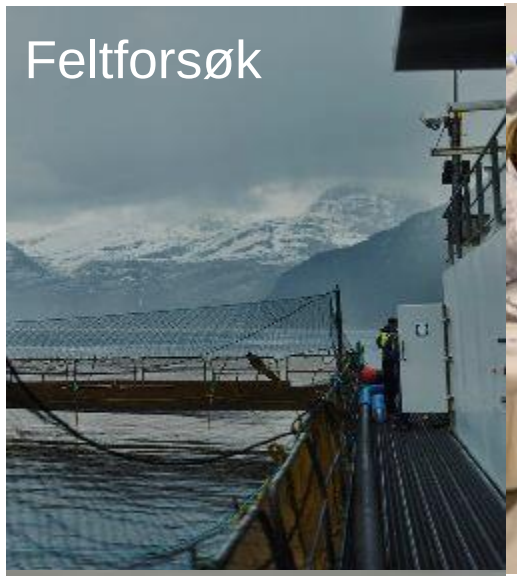
Forsøk med svarte soldatflue larver til laks

Produksjonsresultat

God effekt på fôropptak, vekst og fôrutnyttelse i småskalaforsøk og i feltforsøk i sjøvann

Positiv effekt på helse

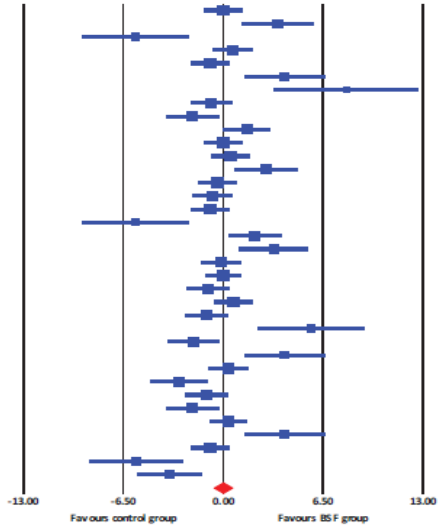
Gunstig effekt på tarmhelse
Redusert risiko for betennelse
Økt antioksidantstatus
Ingen negative lang-tidseffekter på helse



Svarte soldatfluer til laksefisk
Meta-analyse

Forest plot. Effekt på tilvekst
Kontroll vs. insektfôr.

Fish species	Study name	Hedges' g	p-Value	Fishmeal replacement level (%)	Inclusion level (%)
Atlantic salmon	Weththasinghe et al. (2021a)_1	0.000	1.000	19	5
Atlantic salmon	Weththasinghe et al. (2021a)_2	3.538	0.004	19	5
Atlantic salmon	Belghit et al. (2019a)_1	-5.714	0.001	33	5
Rainbow trout	Roques et al. (2020)_1	0.632	0.351	0	5
Rainbow trout	Melenchón et al. (2021)_1	-0.870	0.182	14	6
Rainbow trout	Randazzo et al. (2021)_1	4.000	0.003	0	8
Rainbow trout	Randazzo et al. (2021)_2	8.000	0.001	0	8
Atlantic salmon	Weththasinghe et al. (2021a)_3	-0.769	0.265	7	8
Atlantic salmon	Weththasinghe et al. (2021a)_4	-2.000	0.022	34	8
Atlantic salmon	Weththasinghe et al. (2021a)_5	1.538	0.051	34	8
Atlantic salmon	Belghit et al. (2019a)_2	0.000	1.000	67	10
Atlantic salmon	Fisher et al. (2020)_1	0.483	0.441	0	10
Rainbow trout	Roques et al. (2020)_2	2.807	0.007	0	10
Rainbow trout	Terova et al. (2019)_1	-0.372	0.574	10	10
Rainbow trout	Cardinaletti et al. (2019)_1	-0.706	0.302	25	11
Rainbow trout	Melenchón et al. (2021)_2	-0.870	0.182	30	11
Atlantic salmon	Belghit et al. (2019a)_3	-5.714	0.001	100	15
Atlantic salmon	Unpublished_1	2.057	0.020	17	15
Rainbow trout	Roques et al. (2020)_3	3.293	0.004	0	15
Atlantic salmon	Weththasinghe et al. (2021a)_6	-0.154	0.814	14	16
Atlantic salmon	Fisher et al. (2020)_2	0.000	1.000	0	20
Rainbow trout	Józefiak et al. (2019)_1	-1.000	0.161	30	20
Rainbow trout	Renna et al. (2017)_1	0.669	0.294	25	20
Rainbow trout	Terova et al. (2019)_2	-1.098	0.131	20	20
Atlantic salmon	Unpublished_2	5.714	0.001	17	20
Rainbow trout	Cardinaletti et al. (2019)_2	-1.900	0.026	50	21
Rainbow trout	Randazzo et al. (2021)_3	4.000	0.003	0	23
Rainbow trout	Stadtlander et al. (2017)_1	0.320	0.628	46	28
Atlantic salmon	Fisher et al. (2020)_3	-2.899	0.002	0	30
Rainbow trout	Terova et al. (2019)_3	-1.098	0.131	30	30
Atlantic salmon	Weththasinghe et al. (2021a)_7	-2.000	0.022	29	32
Rainbow trout	Renna et al. (2017)_2	0.334	0.590	50	40
Rainbow trout	Randazzo et al. (2021)_4	4.000	0.003	0	45
Atlantic salmon	Belghit et al. (2018)_1	-0.870	0.182	83	60
Atlantic salmon	Belghit et al. (2018)_2	-5.652	0.000	83	60
Atlantic salmon	Belghit et al. (2018)_3	-3.478	0.001	83	60
		-0.014	0.963		



Received: 19 July 2021 | Revised: 26 October 2021 | Accepted: 31 October 2021
DOI: 10.1111/raq.12635

REVIEW

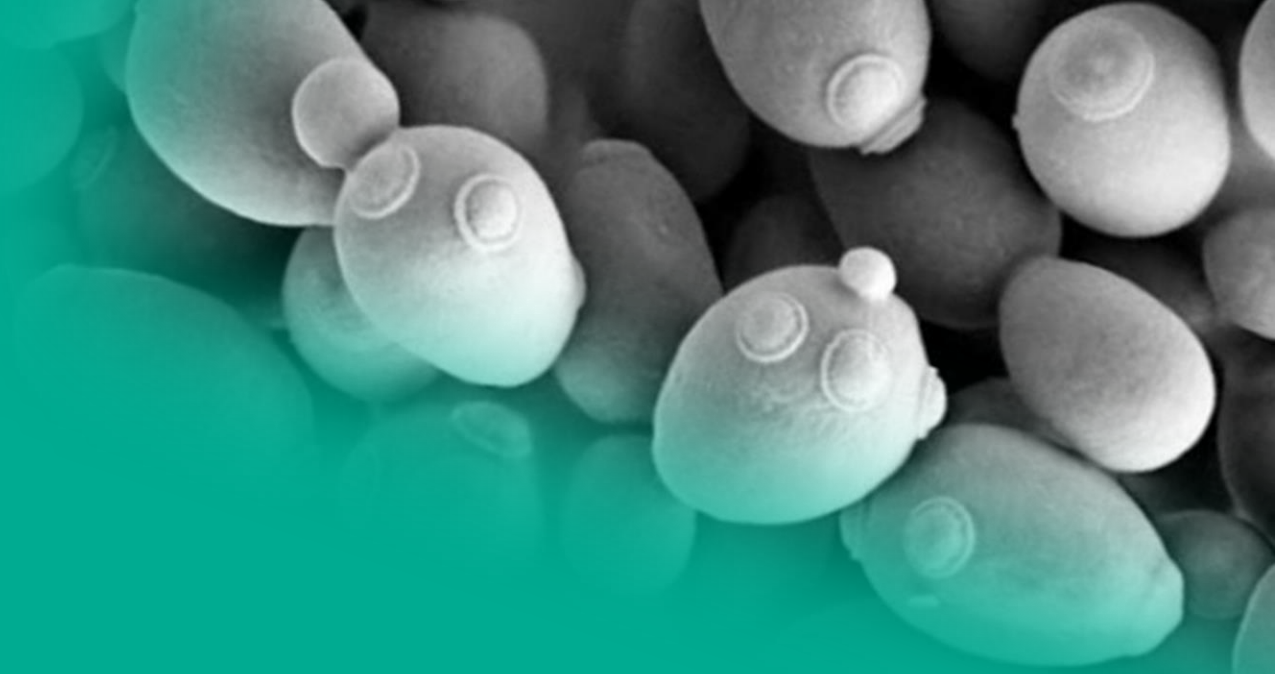
REVIEWS IN Aquaculture

A systematic meta-analysis based review on black soldier fly (*Hermetia illucens*) as a novel protein source for salmonids

Pabodha Weththasinghe | Jon Øvrum Hansen | Liv Torunn Mydland | Margareth Øverland

Statistisk analyse basert 42 forsøk og 2056 observasjoner fra 1939 til 2021 for å kartlegge effekten av insekter i fôr til laksefisk

ELSEVIER Scopus® WEB OF SCIENCE™ THOMSON REUTERS



NMBU

FOODS OF NORWAY

Norwegian Centre for Research-based Innovation

Vil du vite mer?

foodsofnorway.net