

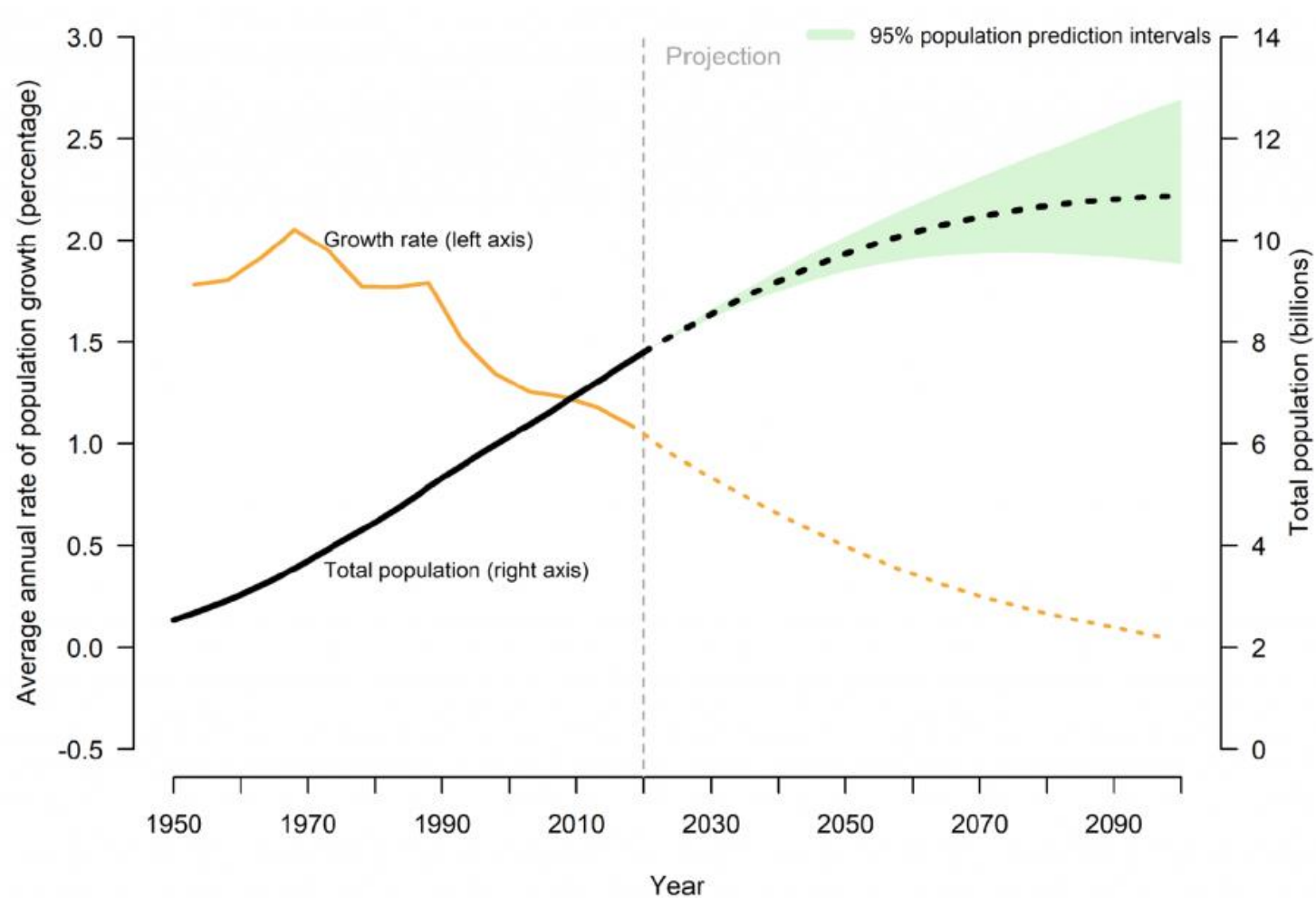
LABORATORIEFREMSTILLET KØD OG MÆLK – ER DET KUNSTIGT OG HVOR LANGT ER VI?

AF MARGRETHE THERKILDSSEN, INSTITUT FOR FØDEVARER, AU

AGENDA

- Hvorfor er ”laboratoriefremstillet” kød og mælk interessant, når vi taler om bæredygtighed/væredygtighed?
- Hvad er processen for laboratoriefremstillet/kultiveret kød og mælk
- Præsentation af ”CleanPro” – AU forskningsprojekt om kultiveret kød og mælk
- Produkterne – hvad kan vi forvente?
- Forbrugerne

HVORFOR?

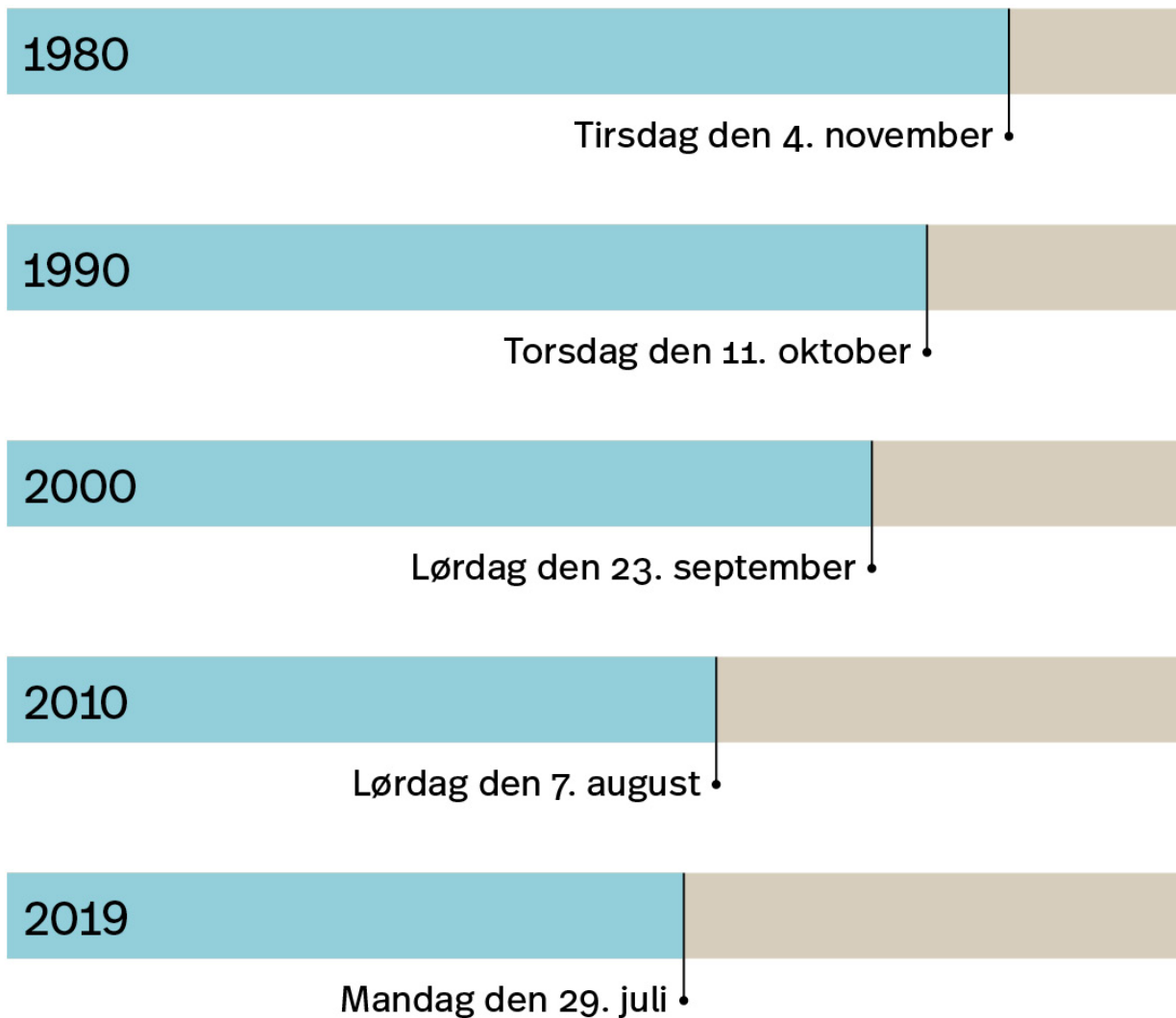


- ❖ Befolkningstilvækst og dermed behov for fødevarer

Data source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019*.

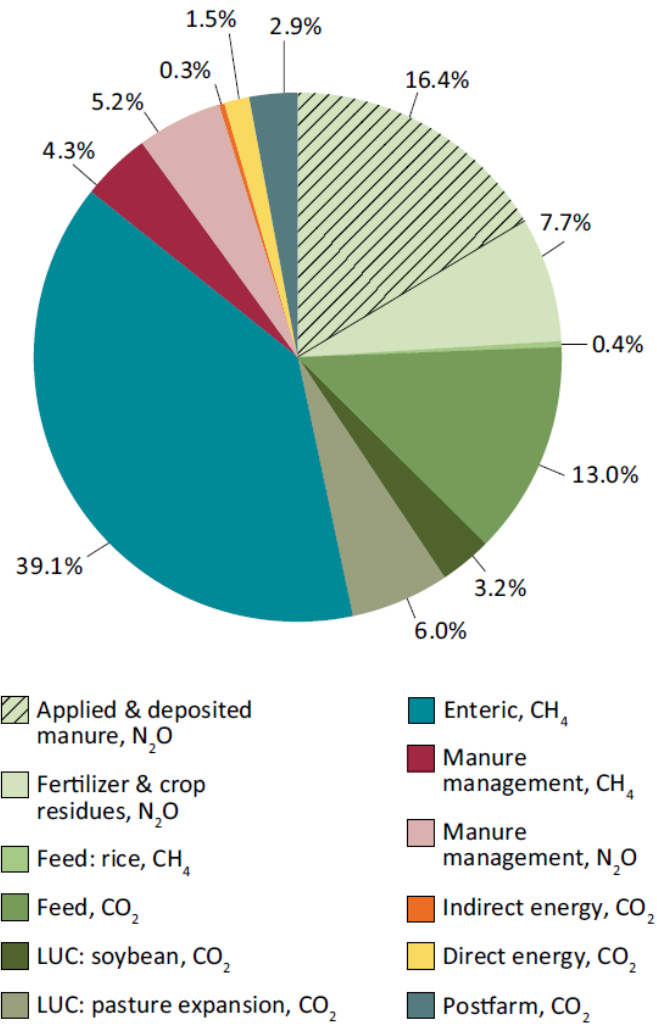


Earth Overshoot Day falder tidligere og tidligere



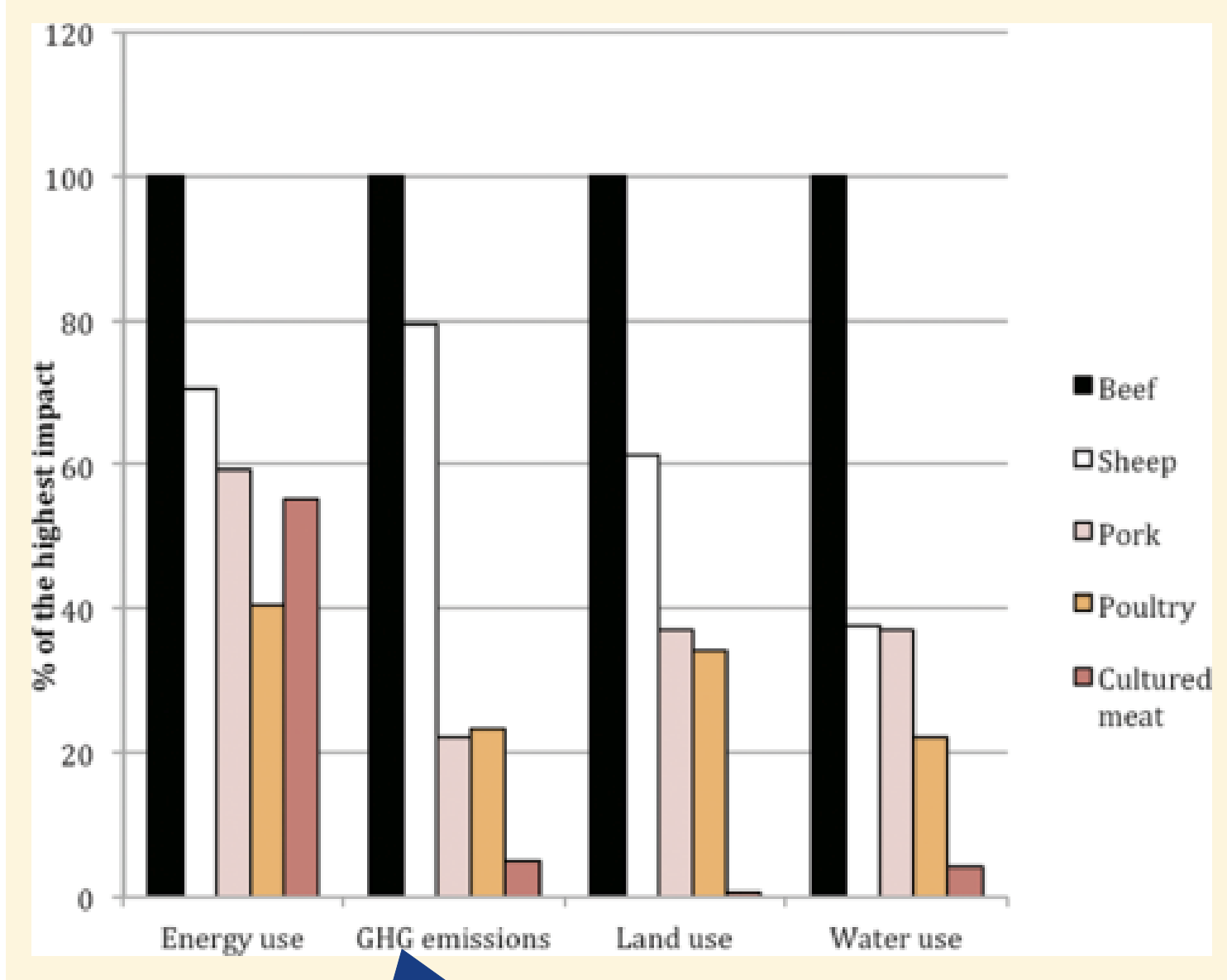
❖ Vi overforbruger jordens ressourcer – derfor skal vi blive mere effektive

FIGURE 4. Global emissions from livestock supply chains by category of emissions



❖ Ifølge FAO (Gerber et al. 2013) bidrager husdyrproduktionen med 14,5 % af menneskeskabt drivhusgasudledning, hvoraf oksekød står for 41 % og komælk for 20 %

LIVSCYKLUS-ANALYSE (LCA)



Drivhusgasudledning

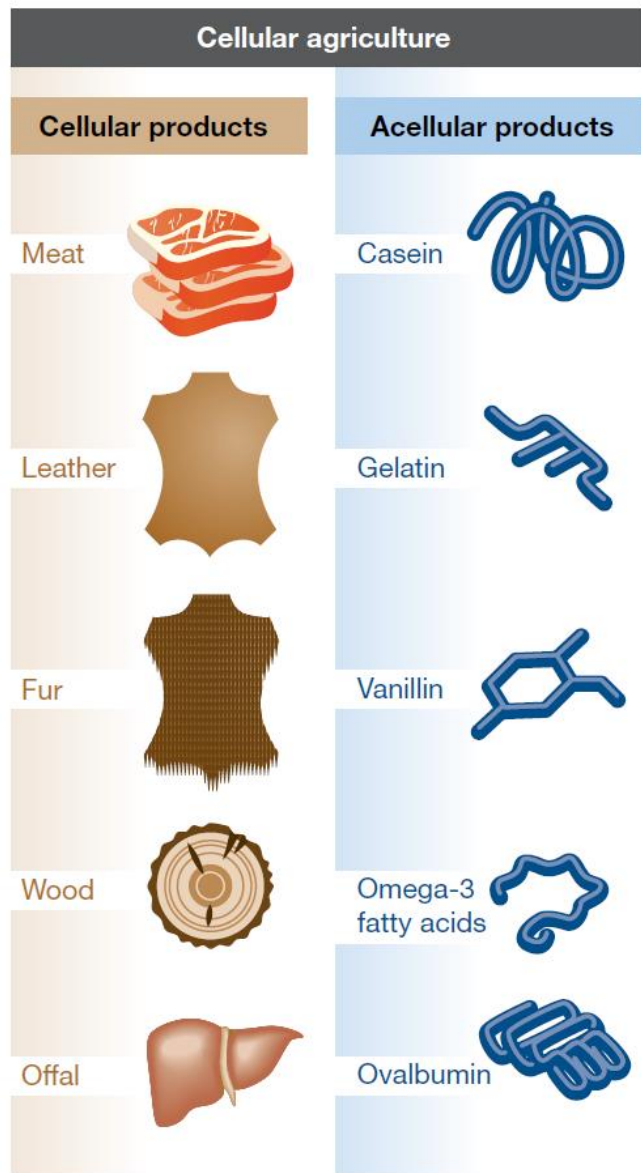
Tuomisto et al. 2011

DEN FØRSTE BØF I 2013



The Good food institute, 2019

MULIGHEDER FOR AT PRODUCERE PROTEIN



- ❑ Plantebaserede produkter – Sojadrik, mandeldrik, havredrik, Naturli' Hakket
- ❑ Produktion af protein til fødevarer via gær, svampe og bakterier – det sker allerede f.eks. ved produktion af enzymer – som er proteiner
- ❑ Cellebaseret produktion af kød og mælk med udgangspunkt i animalske celler (Clean Meat, Clean Milk/laboratoriedyrket kød og mælk)

Tuomisto 2019

VIDEN OM INDHOLDSTOFFER I MÆLK

- **Kaseiner og valleproteiner** α S1, α S2, β -CN, κ -CN, γ -CN, α -LA, β -LG, LF, OPN, Ig, ...
- **Enzymer** LP, SOD, PAF-AH, Lysozyme, AP, ...
- **MFGM-proteiner** Lactadherin, PP3, + 160 mindre proteiner, ...
- **Fedtsyrer** SFA, MUFA, PUFA, SCFA, MCFA, LCFA, TransFA, ...
- **Mineraler og vitaminer** Ca, P, J, K, Vit B2, Vit B12, ...

- **Hormoner og vækstfaktorer +60 forskellige**
GnRH, GRF, SS, GH, FSH, LH, PRL, TSH, Oxytocin, ACTH, Glucagon, T3, T4, Calcitonin, PTH, Estrone, 17α -E2, 17β -E2, Prog, Test, Kortisol, INS, IGF-I, IGF-II, IGFBP2,3, 4, 5, EGF, Betacellulin, TGF- β 1, TGF- β 2, FGF-1, FGF-2, KGF, Leptin, ...

- **Planteøstrogener:**
Formononetin, Daidzein, Equol, Biochanin A, Genistein, Glycitein, Prunetin, Naringenin, Coumestrol, Seco, Mata, Lariciresinol, Hydroxymatairesinol, ...

Kilde: Grovenor et al. 1992; Koldovsky, 1996; Blum & Baumrucker, 2008; Chatterton et al. 2013; Purup et al. 2007; Purup & Nielsen 2012; Sejrsen et al 2001; Steinshamn et al 2008

VIDEN OM INDHOLDSTOFFER I MÆLKEN



Perfect Day "mælk"

- Nogle kaseiner og valleproteiner
- Plantebaserede ingredienser
- Evt. tilsat fedt, kulhydrat, Ca^{2+} , P



Laboratoriedyrket mælk

- Mange kaseiner og valleproteiner
- Enzymer
- MFGM-proteiner
- Fedtsyrer
- Vitaminer
- Mineraler
- Hormoner
- Vækstfaktorer
- Planteøstrogener
- Andre bioaktive stoffer

<https://perfectdayfoods.com/>

Lawrie, R. A. 1991. Meat Science. Pergamon Press.

Components		Wet % weight	
1. WATER		75.0	
2. PROTEIN		19.0	
(a) Myofibrillar		11.5	
myosin ¹ (H- and L-meromyosins and several light chain components associated with them)	5.5	}	
actin ¹	2.5		
connectin (titin)	0.9		
N ₂ line protein (nebulin)	0.3		
tropomyosins	0.6		
troponins, C, I and T	0.6		
α, β and γ actinins	0.5		
myomesin, (M-line protein) and C-proteins	0.2		
desmin, filamin, F- and I-proteins, etc.	0.4		
(b) Sarcoplasmic			5.5
glyceraldehyde phosphate dehydrogenase	1.2	}	
aldolase	0.6		
creatine kinase	0.5		
other glycolytic enzymes	2.2		
myoglobin	0.2		
haemoglobin and other unspecified extracellular proteins	0.6	}	
(c) Connective tissue and organelle			2.0
collagen	1.0		
elastin	0.05	}	
mitochondrial etc. (including cytochrome c and insoluble enzymes)	0.95		
3. LIPID		2.5	
neutral lipid, phospholipids, fatty acids, fat-soluble substances		2.5	
4. CARBOHYDRATE		1.2	
lactic acid	0.90	}	
glucose-6-phosphate	0.15		
glycogen	0.10		
glucose, traces of other glycolytic intermediates	0.05		
5. MISCELLANEOUS SOLUBLE NON-PROTEIN SUBSTANCES		2.3	
(a) Nitrogenous		1.65	
creatinine	0.55	}	
inosine monophosphate	0.30		
di- and tri-phosphopyridine nucleotides	0.10		
amino acids	0.35		
carnosine, anserine	0.35		
(b) Inorganic		0.65	
total soluble phosphorus	0.20	}	
potassium	0.35		
sodium	0.05		
magnesium	0.02		
calcium, zinc, trace metals	0.03		
6. VITAMINS			
Various fat- and water-soluble vitamins, quantitatively minute.			

¹Actin and myosin are combined as actomyosin in post rigor muscle

VIDEN OM INDHOLDSTOFFER I KØD

- Vand 70-75 %
- Protein 19-20 %
- Fedt 1-5 %
- Kulhydrater 1 %
- Opløselige ikke-protein forbindelser 1 %
- Salte 1 %



VIDEN OM INDHOLDSTOFFER I KØD

Protein fra gærceller

- + Enkelte muskelproteiner

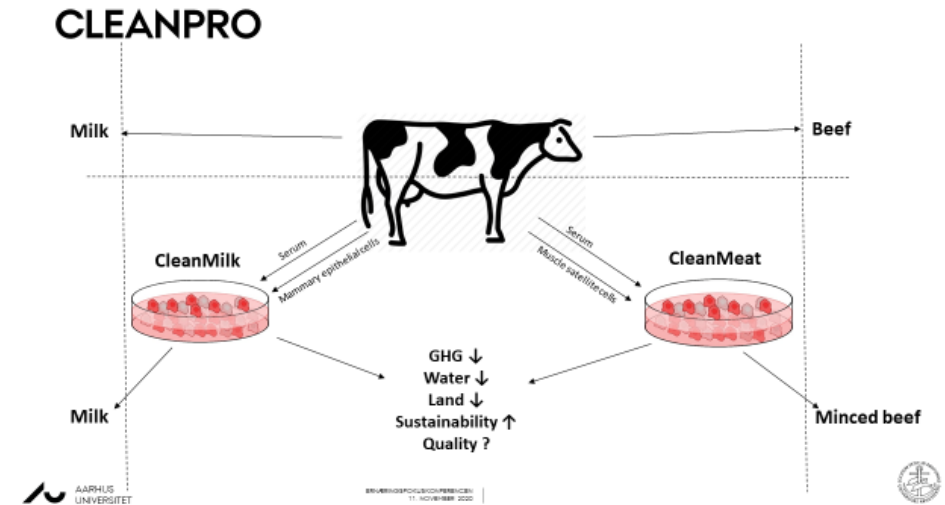


Laboratorie dyrket kød

- + Alle muskelproteiner, og dermed også peptider med bioaktivitet
- + Nukleotider fra DNA
- + Enzymer
- + Umættet fedt
- + Jern i myoglobin

- B12
- ?

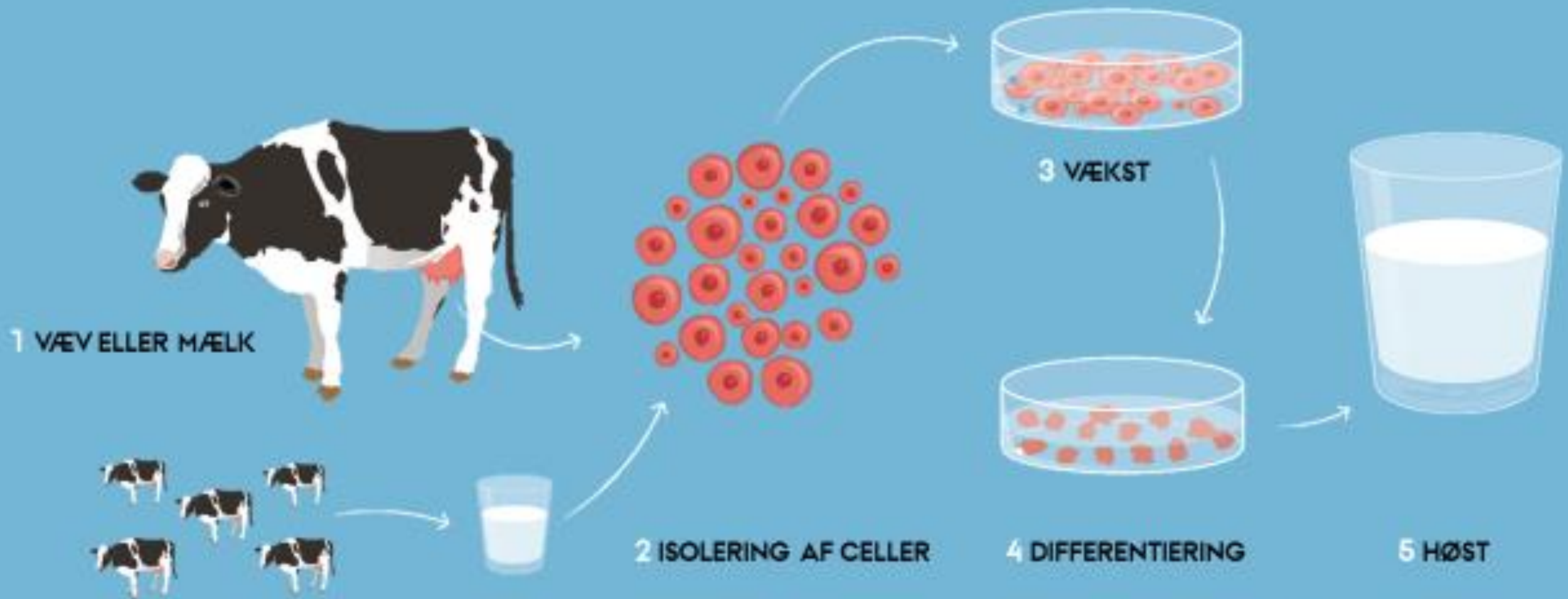
FORSKNINGSPROJEKT PÅ AARHUS UNIVERSITET



CleanMeat and CleanMilk – Future Sustainable Food Production [Cleanpro]

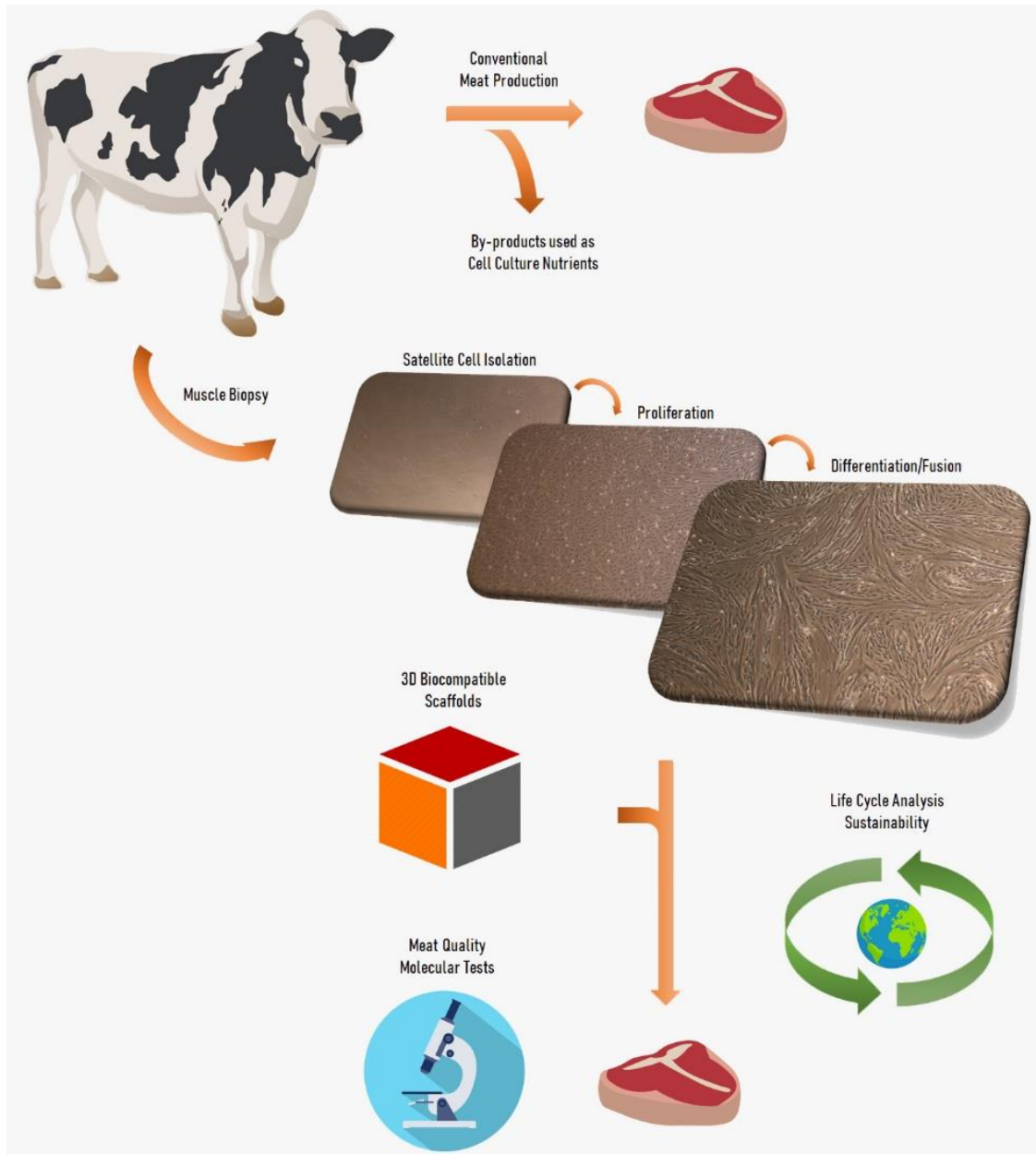
BEVILLING FRA KLIMAFORSKNINGSINDSATSEN I LANDBRUGET 2019
(LANDBRUGSSTYRELSEN)

IN VITRO MÆLKEPRODUKTION



© 2019 Danisco A/S. All rights reserved. Danisco, Danisco logo, and Danisco A/S are trademarks of Danisco A/S.

LABORATORIEDYRKET KØD



- 500 mg væv $\xrightarrow{35 \text{ delinger}}$ 5000 kg kød (Melzener et al. 2020)

LABORATORIE-DYRKET KØD

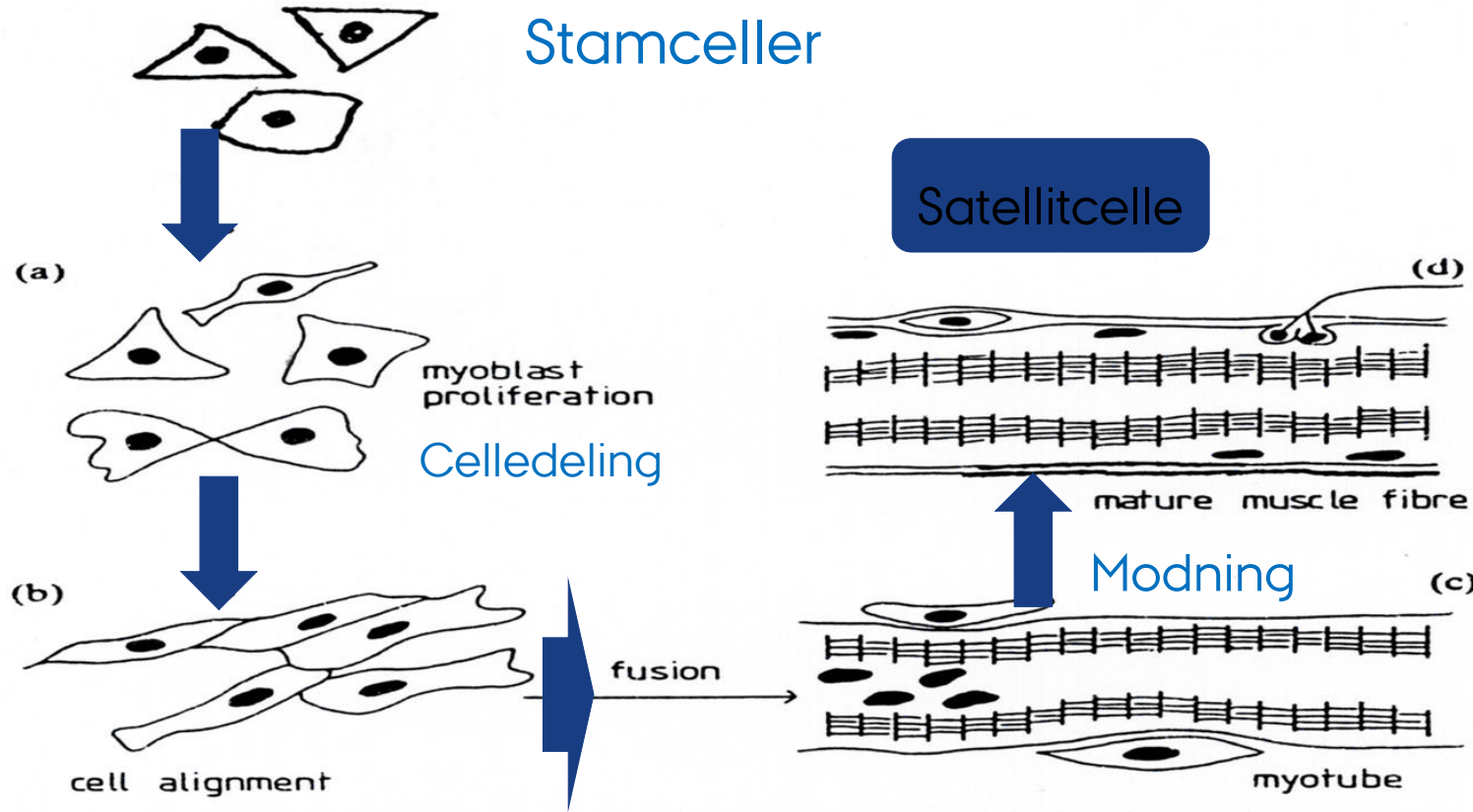
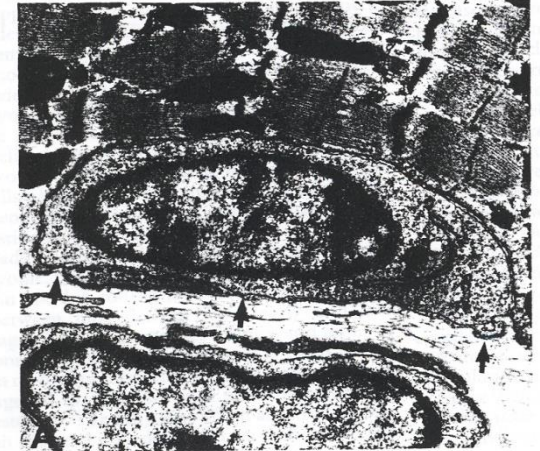


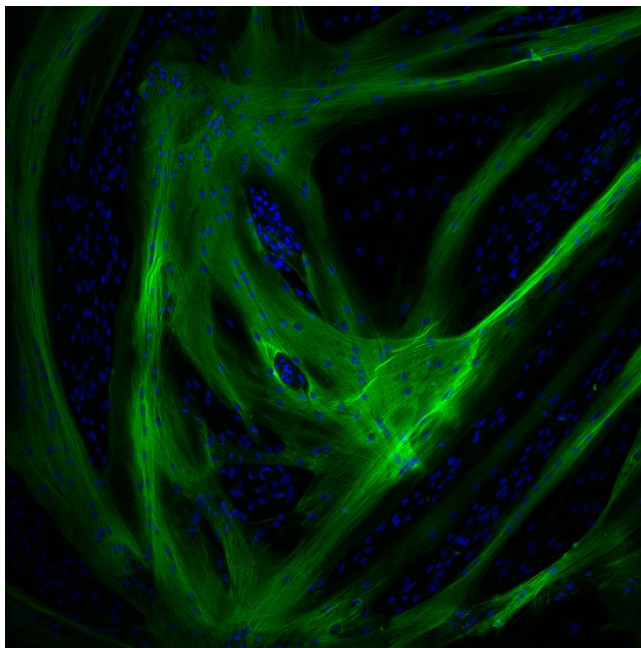
FIG. 1. The growth and differentiation of skeletal muscle.

Celledeling og differentiering af muskler

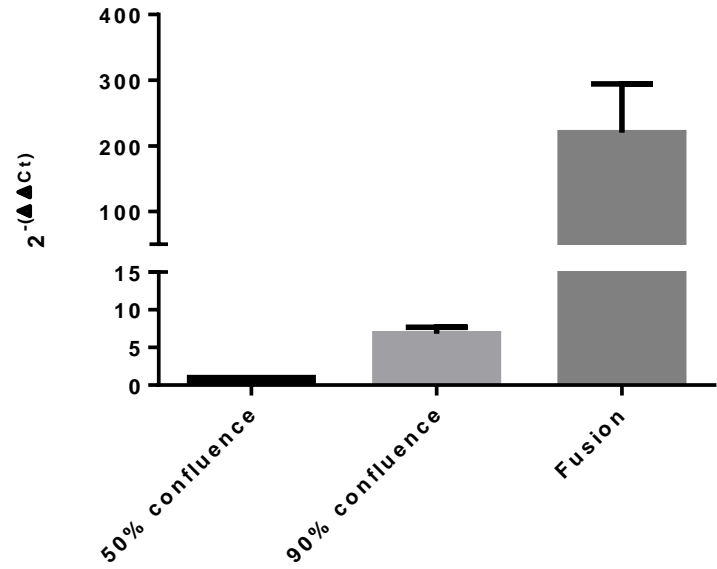
(J.M.M. Harper and P.J. Buttery, 1988)



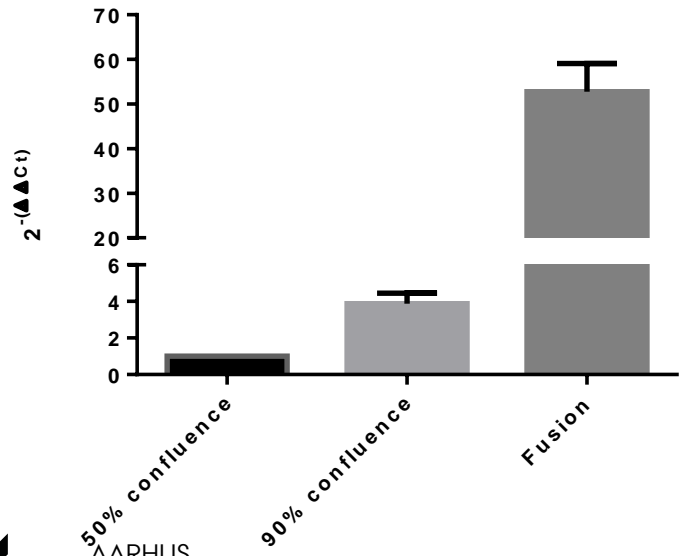
UDVIKLING AF MUSKELFIBRE



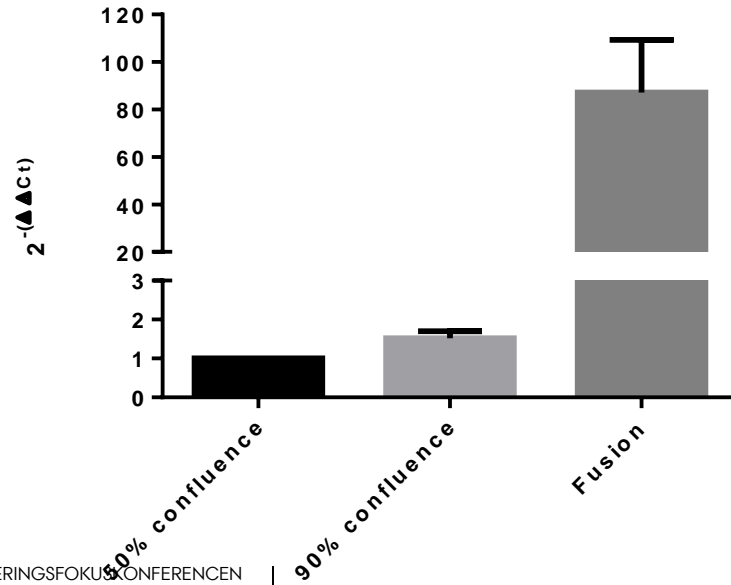
MYOSIN

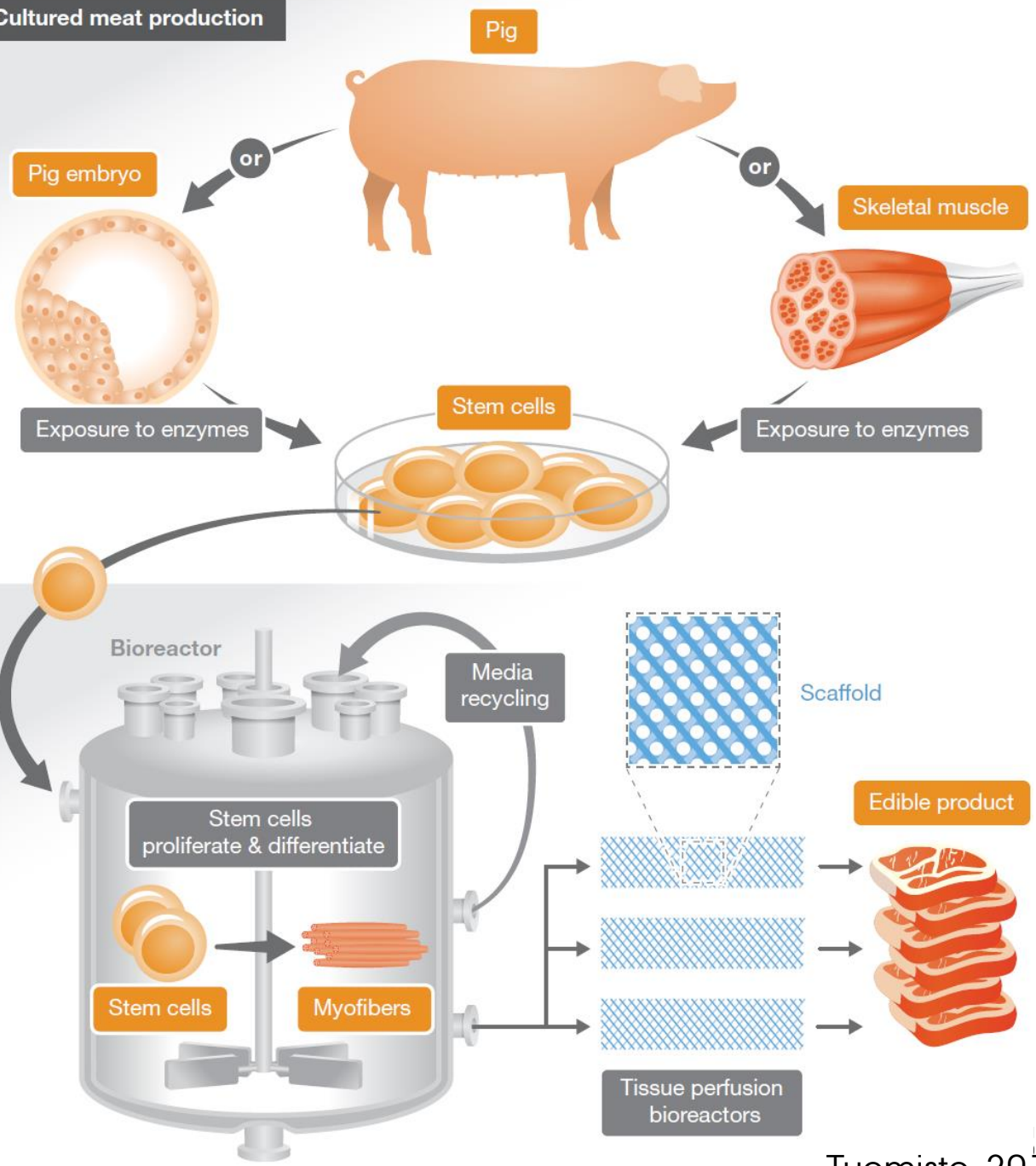


DESMIN



M B MYOGLOBIN



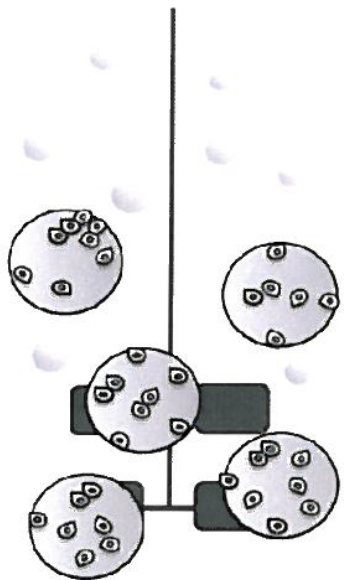
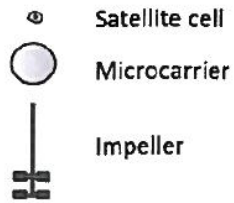


FRA MUSKELCELLER TIL KØD

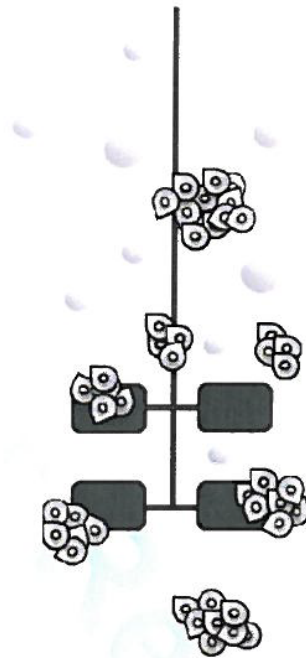
1. Isolation af celler fra muskelvæv
2. Celledeling (proliferation)
3. Udvikling og vækst af muskelfibre



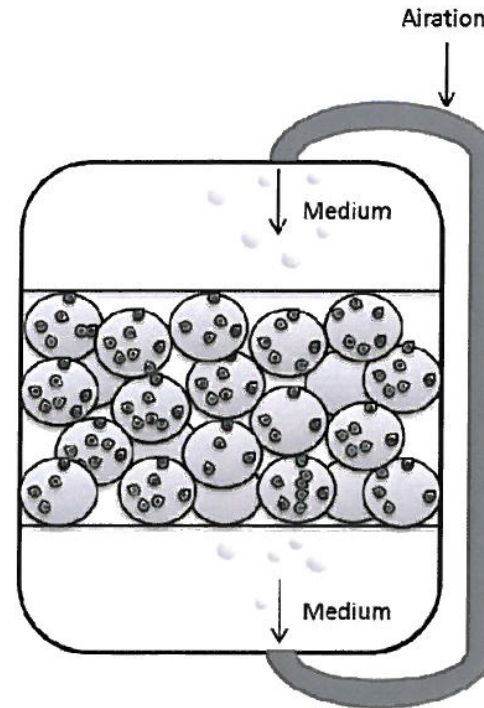
MUSKELFIBRENE SKAL HAVE NOGET AT VOKSE PÅ



Cells on microcarriers



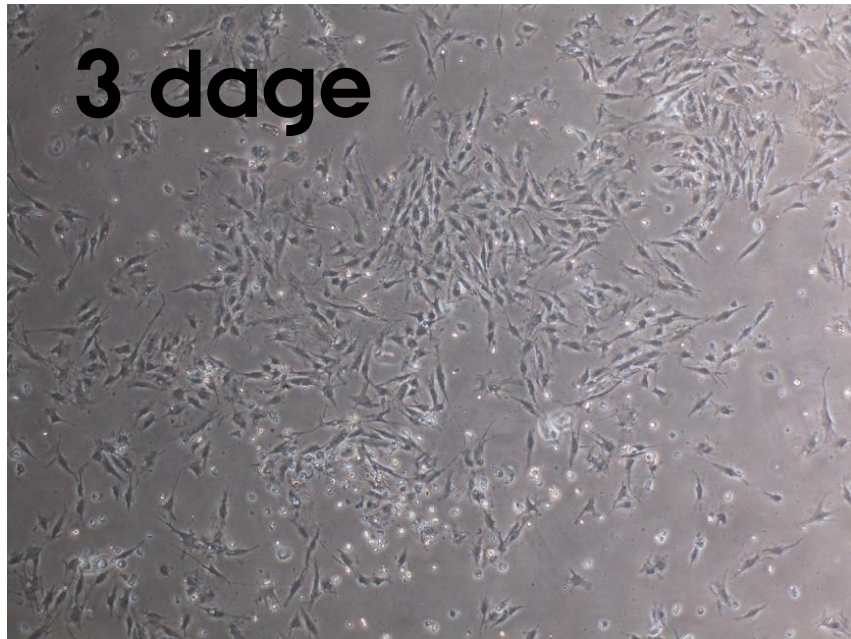
Aggregated cells



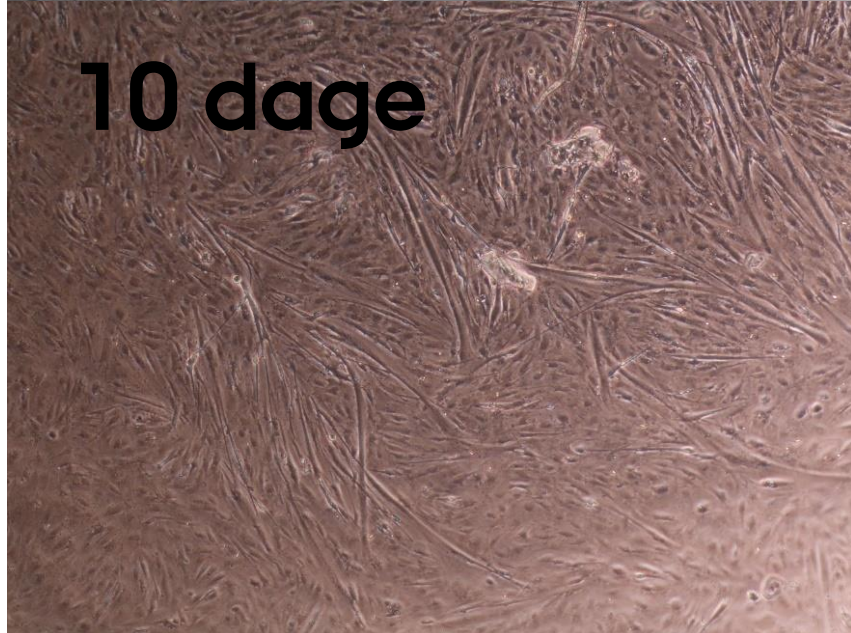
Packed bed bioreactor

Moritz et al. 2015

3 dage



10 dage



MATERIALE TIL AT VOKSE PÅ - F.EKS. GELATINE

MUSKELFIBRENE SKAL HAVE NOGET AT VOKSE AF

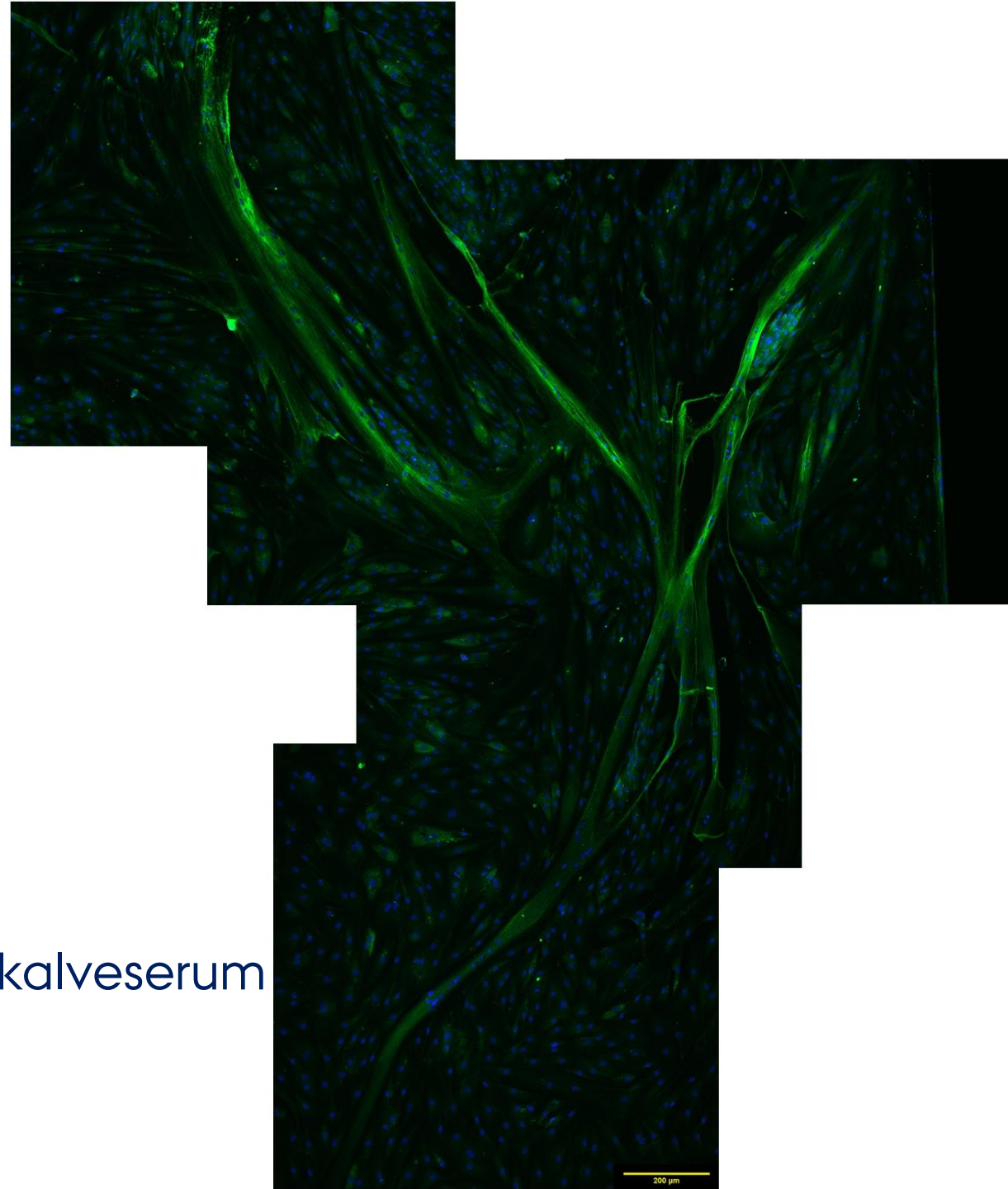
Proteinkilder

- Cyano bakterier/blå-grøn alger, andre proteinkilder

Vækstfaktorer (Serum)

- IGF-I, IGF-II
- Transforming growth factor (TGF- β)
- Fibroblast growth factor
- Mulig produktion i E. Coli eller fra foster/kalveserum

Mineraler og vitaminer



UDFORDRINGER – VÆKST OG OPSKALERING

- Satellitceller kan dele sig – men ikke uendeligt, dvs. der skal bruges væv fra levende dyr
- Væksten af celler kræver vækstfaktorer og næringsstoffer – det fås i øjeblikket fra kalveserum. For at blive bæredygtig skal der findes alternative vækstmedier og næringsstoffer
- Væksten af muskelfibre kræver ”stillads” – spiseligt?
- Opskalering - infrastruktur

UDFORDRINGER SPISEKVALITET OG ERNÆRINGSVÆRDI

- ❑ Fedt i kød er afgørende for den karakteristiske kødsmag - hvordan får vi fedt i CleanMeat?
- ❑ Dyrke fedtceller eller tilsætte fedt efterfølgende?
- ❑ Post mortem processen er afgørende for mørhed og smag af kød – hvordan skal den foregå i CleanMeat?
- ❑ Simulering af en slagte- og modningsproces?



FORBRUGERHOLDNINGER TIL CLEANMEAT

Historien afgør holdningen – 16-66 % vil prøve CleanMeat – afhængig af den fortalte historie

TABLE 2 | Text and images presented to participants in each condition.

Societal benefits

Clean meat has many benefits for society like reducing harm to the environment and helping animals.



High-tech

Clean meat is made using highly advanced technology in a state of the art laboratory.



Same meat

Clean meat tastes like conventional meat, is increasingly affordable and can be healthier to eat.



Bryant & Barnett, 2019; Bryant & Dillard, 2019

HVAD ER PERSPEKTIVERNE FOR KULTIVERET KØD?

- Produkter med kød proteiner på markedet
- Laboratoriefremstillede kødprodukter på markedet – som ”hakkekød”
- Pris
- Smag
- Sikkerhed
- Opfattelsen af naturlighed

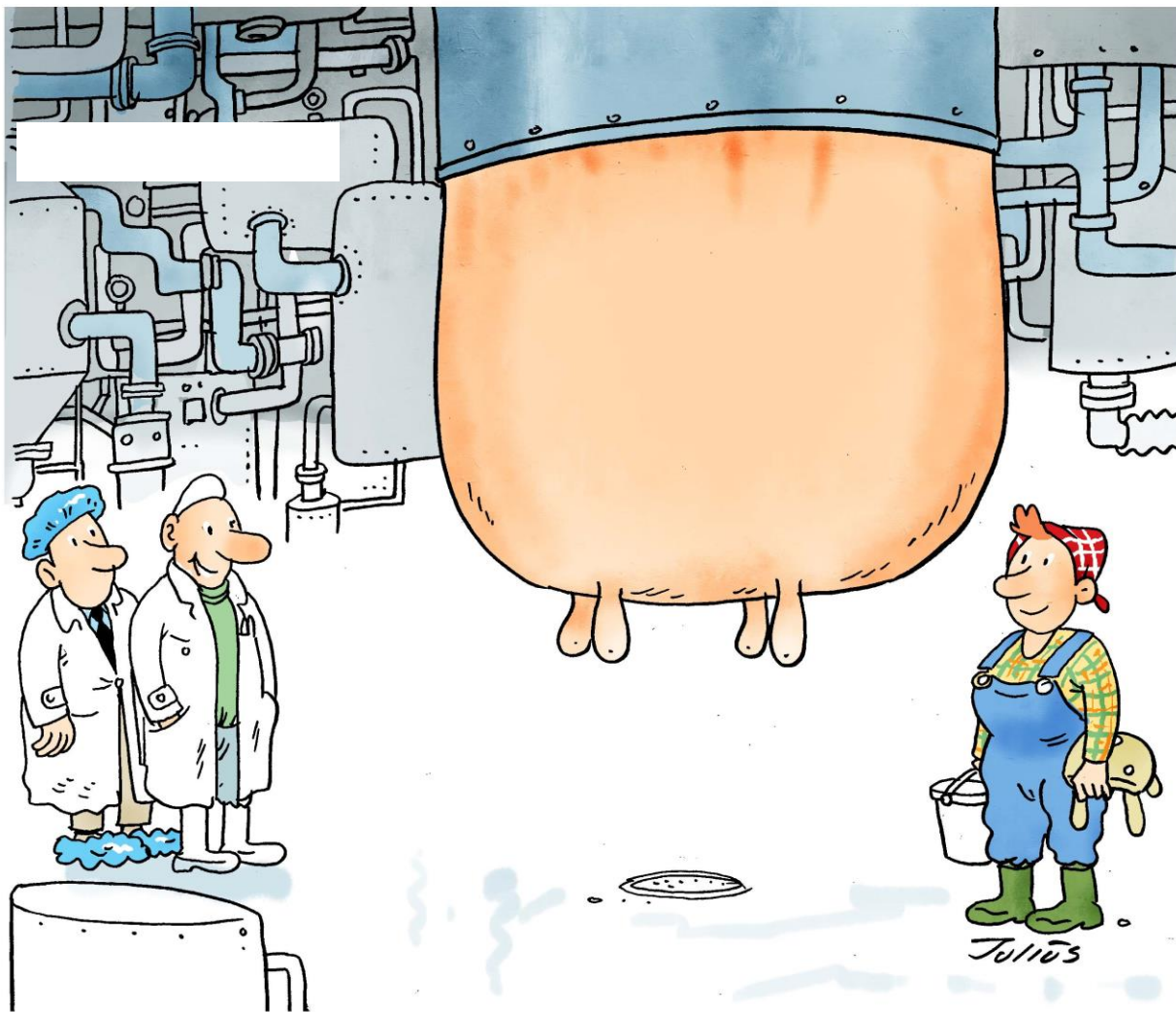
HVOR LANGT ER VI FØR PRODUKTERNE ER PÅ MARKEDET?

Udfordringer

- Teknologiuudvikling
- Ressourcer til vækst
- Infrastruktur ved opskalering
- Lovgivning og regulering
- Bæredygtighed
- Forbrugeraccept

Behov

- Forskning
- Udvikling
- Investeringer
- Samarbejde
- Kommunikation



22,01,20 Forskere fra Aarhus Universitet er i gang med,
at forsøge at dyrke mælk i et laboriemiljø.

- =g det er så her det færdige resultat kan tappes.

Kilde: Julius, Nordjyske Stiftstidende
23-1-2020

Tak til
Projektgruppen bag CleanPro ved Aarhus Uiniversitet

- Lisbeth Mogensen, AgroØkologi
 - Stig Purup, Husdyrvidenskab
 - Zahra Zadari, Husdyrvidenskab
 - Lotte Bach Larsen, Fødevarer
 - Nina Aagaard Poulsen, Fødevarer
 - Martin Krøyer Rasmussen, Fødevarer
 - Jette F. Young, Fødevarer
 - Stig Skrivergaard, Fødevarer
 - Christian Perti, ASE
 - Dang Quang Svend Le, Klinisk
-
- Samt støtte fra klimaforskningsindsatsen i landbruget 2019 (landbrugstyrelsen)



AARHUS
UNIVERSITET