

Vurdering og uddybning af metanreduktionspotentiale for stoffet X2, bioaktive stoffer fra tang samt uddybning af forventninger til en eventuel additiv effekt.

Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Mette Olaf Nielsen

Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Aarhus Universitet

Datablad

Titel:	Vurdering og uddybning af metanreduktionspotentiale for stoffet X2, bioaktive stoffer fra tang samt uddybning af forventninger til en eventuel additiv effekt
Forfatter(e):	Professor Mette Olaf Nielsen, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab,
Fagfællebedømmelse:	Lektor Jan Værum Nørgaard, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab
Kvalitetssikring, DCA:	Chefkonsulent Klaus Horsted, DCA Centerenheden
Rekvirent:	Fødevarestyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM)
Dato for bestilling/levering:	24.10.2022 / 01.11.2022
Journalnummer:	2022-0452592
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 22-H5-11 i "Ydelsesaftale Husdyrproduktion 2022-2025".
Ekstern kommentering:	Nej.
Eksterne bidrag:	Nej.
Kommentarer til besvarelse:	Notatet præsenterer meget foreløbige resultater uden tilstrækkelig dokumentation fra dyreforsøg, da disse enten ikke er afsluttet eller endnu ikke udført. Dermed baserer indholdet af notatet omhandlende stof X2 og nordiske makrolager sig på et meget spinkelt grundlag, og ved notatets udgivelse har resultater ikke været i eksternt peer review eller publiceret andre steder. Ved opgørelse af data fra igangværende eller kommende dyreforsøg vil der dermed kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Nielsen MO. 2022. Vurdering og uddybning af metanreduktionspotentiale for stoffet X2, bioaktive stoffer fra tang samt uddybning af forventninger til en eventuel additiv effekt. 8 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 01.11.2022.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Baggrund og formål med opgaven

Tekst fra bestillingen: "Der er stor bevågenhed på metanreducerende fodertilsætningsstoffer, hvilket blandt andet udtrykkes i Landbrugsaftalen fra 2021. AU har i 2021 leveret henholdsvis et notat vedr. det tekniske reduktionspotentiale for stoffet X samt et notat vedr. fravær af additiv effekt på baggrund af forsøg med kombinationen af Bovaer, nitrat og fedt. Forskningen på området udvikler sig hurtigt og løbende; forskningen i stof X er siden udskiftet med Stof X2 og der er kommet øget fokus på potentialerne i bioaktive stoffer fra tang. Derfor er der nu behov for et opdateret notat omkring det tekniske reduktionspotentiale, der dels giver en status på forskningen i Stof X2 og bioaktive stoffer fra tang og dels vurderer det tekniske reduktionspotentiale inklusiv en beskrivelse af baggrunden for vurderingen samt forbehold i forhold til estimeringen af reduktionspotentialet for hhv. Stof X2 og bioaktive stoffer fra tang. Herudover er der behov for en mere generel vurdering af et eventuelt additivt potentiale ved at anvende flere typer metanreducerende foder samtidigt."

Kort beskrivelse af opgaven

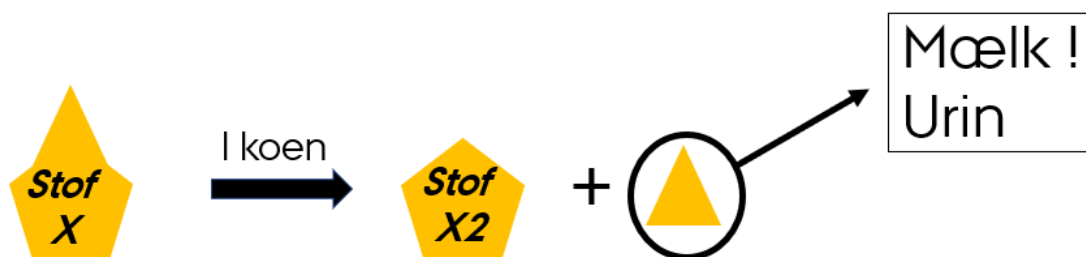
Tekst fra bestillingen: "I notatet ønskes følgende spørgsmål besvaret: 1) Vedr. Stof X2 - Hvad er status på forskningen i Stof X2? - I tidligere notat fra AU fra 2021 vedr. det tekniske reduktionspotentiale for stoffet X har AU angivet følgende: "Reduktionspotentialet for stoffet "X" er 20-30 % mindre metan fra vommen, og potentielt op til 40 % i kombination med andre virkemidler". Hvad er potentialet for Stof X2? Hvis der også her angives en højere effekt ved kombination med andre virkemidler, så bedes det beskrevet, hvad der præcist menes med udtrykket "i kombination med andre virkemidler": - I bedes desuden uddybe, hvad der lægger til grund for vurderingen. - Beskriv forbeholdene i forhold til at opnå det tekniske reduktionspotentiale frem mod 2030. 2) Vedr. bioaktive stoffer fra tang - Hvad er status på forskningen i metanreducerende, bioaktive stoffer fra tang? - Hvad er AUs vurdering af det tekniske reduktionspotentiale af bioaktive stoffer fra tang? Det er OK at angive et spænd. - I bedes uddybe, hvad der lægger til grund for, og hvad vurderingen tager udgangspunkt i. - Beskriv forbeholdene i forhold til at opnå det tekniske reduktionspotentiale frem mod 2030. 3) Vurdering af additivt, teknisk reduktionspotentiale ved kombination af flere typer metanreducerende foder - I notat fra 2021 beskriver AU på baggrund af forsøg med kombination af Bovaer, fedt og nitrat, at der ikke er additiv effekt ved anvendelse af disse typer metanreducerende fodertyper i den anvendte dosis i forsøget. Der ønskes i dette notat en mere generel vurdering og uddybende forklaring vedr. et eventuelt teknisk potentiale i at kombinere flere typer metanreducerende foder. Fødevarestyrelsen forestiller sig, at hele besvarelsen vil kunne rummes i et notat på ca. 6 sider."

Besvarelse

1) Status på forskningen i Stof X2 og forventet metanreduktionspotentiale

I 2021 blev der udarbejdet et notat (Nielsen, 2021), der angav et forventet metanreduktionspotentiale for stoffet X på 20-30%. Som led i et Innovationsfond støttet projekt, No-Methane, er der udført to forsøg med malkekøer ved Aarhus Universitet, der sandsynliggør et reduktionspotentiale for stof X af den størrelsesorden og uden negative effekter på mælkeydelse eller foderoptagelse, forudsat at stof X tildeles jævnt over døgnet opblandet i malkekøers fuldfoderration (Nielsen et al., 2022).

Som led i forsøgene blev det undersøgt om, og i så fald hvordan, stof X omsættes og udskilles fra koen. Det blev i den forbindelse påvist at stof X indenfor den første 1,5 time efter tildeling omdannes fuldstændigt i vommen. Herved spaltes en mindre del af molekylet fra (se Figur 1), og denne del bliver udskilt i blandt andet mælken. Det er et stof der er ønskeligt i mælk i passende lave koncentrationer, men koncentrationen blev uønsket høj efter fodring med stof X. Det blev derfor vurderet, at stof X næppe vil kunne godkendes som metanreducerende virkemiddel til lakterende drøvtyggere, men potentielt nok til unge dyr i vækst, da det baseret på andre undersøgelser ikke forventes, at det fraspaltede restprodukt akkumuleres i dyrenes væv.



Figur 1: Stof X omsættes hurtigt i vommen til stof X2 og et restprodukt, der udskilles i mælk og urin

Den resterende del af stof X, kaldet stof X2, kunne påvises i vommen i flere timer efter tildeling af stof X. Det førte til en hypotese om, at den væsentligste del af den metanreducerende effekt af stof X formodentligt kunne tilskrives stof X2, og at stof X2 dermed potentielt ville kunne anvendes til metanreduktion uden de samme uønskede konsekvenser for mælkens kvalitet til konsum.

For at teste den hypotese blev der i første omgang udført et dosis-respons forsøg i et in vitro system, der simulerer omsætningen i vommen hos drøvtyggere. I forsøget blev stof X og X2 sammenlignet, og det blev fundet at stof X2 var en lige så potent inhibitor af metandannelsen i vommen som stof X.

Dernæst blev stof X2 afprøvet i et pilotforsøg med 2 malkekøer, hvor det blev tildelt i 2 døgn opblandet i køernes daglige fuldfoderration. Her blev der observeret en reduktion i metanemissionen på knap 25%.

Vurdering af det tekniske reduktionspotentiale af Stof X2

Det forventes at stof X2 har det samme reduktionspotentiale som stof X, nemlig 20-30%, uden negative effekter på mælkeydelse eller foderoptagelse, forudsat det tildeles jævnt over døgnet opblandet i dyrenes daglige foderration.

Forbehold i forhold til at opnå det tekniske reduktionspotentiale frem mod 2030.

Det er en forudsætning for at stof X2 kan tages i brug som virkemiddel, at det bliver godkendt som metanreducerende foderadditiv af det europæiske fødevarer sikkerhedsagentur, EFSA. Det kræver at den fornødne funding kan fremskaffes til at kunne gennemføre de påkrævede 3 store forsøg med kvæg, der skal tilvejebringe dokumentation vedrørende stoffets effektivitet og sikkerhedsaspekter omkring dets brug for dyr og forbrugere. De forsøg vil kunne gennemføres indenfor en tidshorizont på 2(-3) år, mens selve EFSA godkendelsen meget vel kan tage minimum 1 år.

Det forventes at Innovationsfonden vil godkende, at fokus i No-Methane projektet skifter fra stof X til stof X2. Den resterende funding i No-Methane projektet er dog øremærket studier for at afdække kombinationseffekter mellem stof X/X2 og mikrobielle virkemidler, jvf afsnit 3 nedenfor.

2) Status på forskningen i metanreducerende bioaktive stoffer fra tang

Det er kendt at visse arter af tang (makroalger) producerer bioaktive stoffer, som kan have en hæmmende effekt på det særlige domæne af mikroorganismer i drøvtyggers vom, arkæer, der danner metan fra CO₂ og H₂, som stammer fra bakteriers forgæring af foderet i vommen.

De hidtil mest potente og bedst undersøgte tangarter i den sammenhæng er tropiske rødalger tilhørende *Asparagopsis* familien. Denne type af rødalger har i forsøg kunnet hæmme emissionen af metan fra vommen hos intensivt opdrættede stude fra 40 til 98% ved tilsætning af kun 0,10% hhv. 0,20% af *Asparagopsis* i fodertørstoffet, og samtidigt blev dyrenes tilvækst forbedret med 53% hhv. 42% uden forringelse af fodereffektiviteten (Kinley et al., 2020). I Sverige blev der i år udført et mindre pilotforsøg i en kommerciel slagtekalvebesætning, hvor man efter sigende opnåede en reduktion i metanemissionen på omkring 80% fra 10 tyre, der i en 3 måneders periode fik tilsat ca. 0,6% *Asparagopsis* i deres fodertørstof. Kødet fra disse dyr blev forhandlet kommercielt i COOP butikker i Sverige som Low Methane (LOME) kød.¹ Dette var muligt idet det er tilladt at anvende *Asparagopsis* som fodermiddel til drøvtyggere i EU.

Malkekøer lader generelt til at være mere følsomme over for påvirkning af vommiljøet. I et kontrolleret forsøg med malkekøer blev der tildelt 0,5% eller 1,0% *Asparagopsis* i fodertørstof, hvilket reducerede metanemissionen med 26,4% hhv. 67,2%, men ved den højeste tildeling faldt mælkeydelse og foderoptagelse også med 12% hhv. 38% (Roque et al., 2019).

Asparagopsis er på nuværende tidspunkt reelt det eneste foderadditiv (bortset fra det langt mindre potente virkemiddel foderfedt), der vil kunne udnyttes i økologisk jordbrug til at reducere metanudledning. Begrænsningen her og nu ligger i at få etableret en kommerciel dyrkning af denne type tang. Et svensk firma, Volta GreenTech (<https://www.voltaagreentech.com/>) og et dansk start-up firma, Maripure Seaweed ApS, har på nuværende tidspunkt startet udvikling af en landbaseret produktion i Norden.

De bioaktive stoffer i *Asparagopsis*, der hæmmer dannelsen af metan i vommen, er såkaldte halometaner, hvoraf bromoform, dibromnitrometan og dibromometan er de dominerende (Norskov et al., 2021). Nogle af de dannede halometaner er ozonlagsnedbrydende og potentielt kræftfremkaldende, og ikke specielt ønskværdige at få ind i fødekæden. I de to ovennævnte forsøg af Kinley et al. (2021) og Roque et al. (2019) blev der dog ikke målt signifikant forhøjede niveauer af bromoform i hverken kød eller mælk. I et andet forsøg af Muizelaar et al. (2022) blev der tildelt højere doser, op til 333 g *Asparagopsis* tørstof/dag i foderet til malkekøer, svarende til knap 2% af fodertørstof ved forsøgets start, og det medførte markant forhøjede

¹<https://www.lomefoods.com/>

niveauer af bromoform i mælk og urin visse dage i forsøgsperioden, og der blev også observeret skader på vomvæggen i form af afstødte papiller, sår og bylder.

Ved en eventuel fremtidig anvendelse af *Asparagopsis* som metanreducerende virkemiddel bør der derfor være fokus på korrekt dosering af de bioaktive stoffer for at undgå afledte negative effekter på køernes sundhed og den sundhedsmæssige kvalitet af mælk, hvorimod de bioaktive stoffer ikke ser ud til at akkumuleres i kød i nævneværdigt omfang.

Der findes andre arter af tang, der er naturligt forekommende på vore breddegrader. Effekt af disse arter på metandannelse i vommen har primært været undersøgt i laboratorieforsøg, og kun ganske få forsøg er udført med levende dyr.

Ingen af de mere end 20 nordiske arter, der er undersøgt som led i et projekt støttet af Innovationsfonden, ClimateFeed, har indeholdt målbare niveauer af de førnævnte halometaner (Norskov et al., 2021).

To af de nordiske arter har vist et tilstrækkeligt interessant metanreducerende potentiale in vitro (Pandey et al., 2022; upublicerede resultater) til at der på AU netop er igangsat et kontrolleret fodringsforsøg med 4 malkekøer i regi af ClimateFeed projektet. Udfaldet af dette forsøg kendes først ultimo 2022. Den metanreducerende effekt af de to arter evalueret in vitro er væsentligt mere begrænset end *Asparagopsis*, og det vides endnu ikke hvilke bioaktive stoffer, der er ansvarlige for den metanreducerende effekt. Det undersøges i igangværende projekter ved Aarhus Universitet med henblik på potentielt at kunne udnytte disse stoffer som mere sikre metanreducerende foderadditiver.

Vurdering af det tekniske metanreduktionspotentiale af bioaktive stoffer fra tang

Hvad angår *Asparagopsis* vurderes reduktionspotentialet til malkekøer at være i størrelsesordenen 25-35%, mens et væsentligt større reduktionspotentiale formodentligt kan opnås hos ungt kvæg i vækst, måske op til 50-80%. Der mangler dog viden om reduktionspotentialet under danske forhold, ikke mindst hos kvier og intensivt opdrættede slagtekalve.

Hvad angår nordiske tangarter er det ikke muligt at udtale sig på nuværende tidspunkt, da eksperimentelle data endnu ikke er til rådighed.

Forbehold i forhold til at opnå det tekniske reduktionspotentiale frem mod 2030.

Det vil principielt være tilladt allerede nu at udfodre *Asparagopsis* og andre arter af tang til kvæg, både i kommercielle og økologiske besætninger. Den væsentligste begrænsning for at kunne udnytte tang som metanreducerende fodermiddel består i at udvikle skalerbare produktionssystemer for de relevante arter.

Der findes endnu ikke en etableret kommerciel produktion af hverken *Asparagopsis* eller de to nordiske tangarter, der på nuværende tidspunkt testes i forsøg med malkekøer.

Det danske start-up firma Maripure Seaweed ApS arbejder på at udvikle en skalerbar landbaseret produktion i Danmark af et *Asparagopsis* baseret produkt med kendt og deklareret indhold af de kvantitativt væsentligste halometaner. Hvorvidt det vil indebære procesteknik, der gør det påkrævet at opnå en egentlig godkendelse som foderadditiv af det europæiske fødevarerikkerhedsagentur, EFSA, er endnu uvist. Det vil i så fald kræve omkostningstunge, kontrollerede dyreforsøg for at fremskaffe den fornødne dokumentation til EFSA for produktets effektivitet og sikkerhed for dyr og forbrugere.

De to nordiske arter, der på nuværende tidspunkt er under afprøvning, dyrkes ikke kommercielt, og som det er tilfældet med *Asparagopsis* vil der kræves et betydeligt udviklingsarbejde at få en produktion skaleret til

at kunne tilfredsstille behovet til danske malkekøer, som ved en tilsætning af blot 0,5% af en daglig ration på 20 kg fodertørst til 500.000 malkekøer beløber sig til godt 18.000 tons algetørstof årligt.

3) Teknisk reduktionspotentiale ved kombination af flere typer metanreducerende foderadditiver

I No-Methane projektet forventes det, at Innovationsfonden godkender, at fokus skifter fra stof X til stof X2. I den resterende del af projektet vil det så være formålet at undersøge om der kan opnås synergi mellem stof X2 og nye mikrobielle virkemidler.

I tidligere forsøg på Aarhus Universitet har det som bekendt ikke været muligt at påvise synergivirkninger mellem de 3 metanreducerende virkemidler Bovaer, nitrat og fedt. Både nitrat og fedt har imidlertid generelle anti-bakterielle effekter i vommen, som ikke er befordrende for dyrenes foderoptagelse og -fordøjelse.

Til forskel herfra er de mikrobielle virkemidler, der fokuseres på i No-Methane projektet, specifikt målrettet undertrykkelse af aktiviteten af de metandannende mikroorganismer i vommen, arkæer, og via andre virkningsmekanismer end stof X2. Det drejer sig om tilsætning til foderet af bakterier og virus, der specifikt undertrykker de metandannende arkæer, samt tilsætning af hydrogenspisende bakterier, der kan udkonkurrere arkæerne ved at forbruge deres energikilde, brint, mens stof X2 specifikt undertrykker det specifikke arkæ-enzym, der er ansvarligt for syntesen af metan. Det triple-action foderadditiv, det er planen at udvikle, vil dermed potentielt kunne nå op på et reduktionspotentiale omkring 40%.

Referencer

- Kinley, R.D., Martinez-Fernandez, G., Matthews, M.K., de Nys, R., Magnusson, M., Tomkins, N.W. (2020). Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner Production* 259, 120836. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120836>.
- Muizelaar, W., Groot, M., van Duinkerken, G., Peters, R., Dijkstra, J., 2021. Safety and transfer study: Transfer of bromoform present in asparagopsis taxiformis to milk and urine of lactating dairy cows. *Foods* 10, 584. <https://doi.org/10.3390/foods10030584>.
- Nielsen, M.O. (2021) Vurdering og uddybning af metanreduktionspotentiale for stoffet X. Antal sider: 9. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet
- Nielsen, M.O., Thorsteinsson, M., Rønn, M., Nørskov, N., Lund, P., Weisbjerg, M., Hellwing, A.L.F., Hansen, H.H. (2022) Stof X reducerer køers metan emission - uden forringelse af mælkeproduktion eller fodereffektivitet? Indlæg ved Fodringsdag 2022, Herning, Danmark. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/3/8/d/fd22_stof_x_reducerer_koernes_metan_emission_uden_forr_af_maelkeprod_el_fodereff_mette_olaf_nielsen.pdf
- Norskov, N.P., Bruhn, A., Cole, Nielsen, M.O. (2021) Targeted and untargeted metabolic profiling to discover bioactive compounds in seaweeds and hemp using gas and liquid chromatography-mass spectrometry. *Metabolites* 11, 259. <https://doi.org/10.3390/metabo11050259>.
- Pandey, D., Hansen, H.H., Dhakal, R., Aryal, N., Rai, S.P., Sapkota, R., Nielsen, M.O., Novoa-Garrido, M., Khandal, P. (2022) Interspecies and seasonal variations in macroalgae from the Nordic region: Chemical composition and impacts on rumen fermentation and microbiome assembly. *Journal of Cleaner Production* 363, 132456. <https://doi.org/10.1016/j.clepro.2022.132456>.

Pandey, D., Mansouryar, M., Novoa-Garrido, M., Næss, G., Kiron, V., Hansen, H.H., Nielsen, M.O., Khanal, P. (2021) Nutritional and anti-methanogenic potentials of macroalgae for ruminants. Burleigh Dodds Science Publishing Limited. Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2021.0091.14>.

Roque, B.M., Salwen, J.K., Kinley, R., Kebreab, E. (2019). Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production* 234, 132-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>.