

Kan koen blive klimavenlig?

Køer og andre drøvtyggere producerer metan, men gennem fodringsstrategier kan emissionen reduceres.

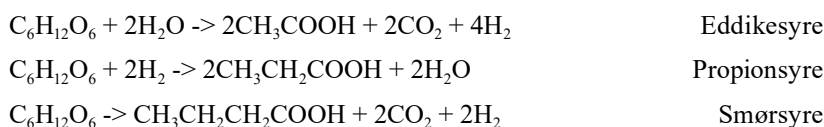
Af Peter Lund¹, Ole Højberg¹, Christian F. Børsting¹, Mette Olaf Nielsen¹, Trine Willumsen² og Martin R. Weisbjerg¹

¹ Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, Aarhus Universitet

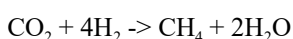
² Center for Kvantitativ Genetik og Genomforskning, Aarhus Universitet

Drøvtyggere (kvæg) er i langt højere grad end enmavede dyr (grise) afhængige af mikroorganismer i mave-tarmkanalen for at omsætte og udnytte deres foder. Vommen fungerer således som en bioreaktor, hvor mikroorganismene nedbryder svært tilgængelige, strukturelle kulhydrater (fibre) og mere let nedbrydelig stivelse til mindre sukkerenheder, der efterfølgende forgæres til organiske syrer - især eddikesyre, propionsyre og smørsyre. Disse kortkædede fedtsyrer optages så over vomvæggen og indgår i koens stofskifte.

Ved forgæringsprocesserne dannes der også kuldioxid (CO₂) og brint (H₂). Med udgangspunkt i glukose (C₆H₁₂O₆) kan følgende forgæringsligninger opskrives:



Ved dannelsen af propionsyre forbruges brint, mens der ved dannelsen af eddikesyre og smørsyre dannes både kuldioxid og brint. Hvis den dannede brint ophobes i vommen, kan den, på grund af termodynamiske forhold, hæmme visse forgæringsprocesser og dermed koens foderudnyttelse. En særlig gruppe bakterielignende mikroorganismer, såkaldte metandannende arkæer eller blot metanogener, kan imidlertid omdanne kuldioxid og brint til metan (CH₄) ved følgende proces:



I modsætning til brint påvirker den dannede metan ikke processerne i vommen, men den kan heller ikke omsættes, og afgår derfor gennem munden via opræbning eller udånding, mens en mindre del af det metan, der dannes ved forgæring i blind- og tyktarm,



Foto: Wikimedia

udskilles via anus. Den succesfulde symbiose mellem koen og forskellige typer af mikroorganismer, som igennem evolutionen har udviklet sig i vommen, har været til gavn for koen i forhold til at kunne udnytte svært nedbrydelige

kulhydrater. En højtstående malkeko producerer dagligt cirka 700 liter metan og det udskilte metan er dels tab af energi for dyret og desuden et velkendt problem for klimaet. Emission af metan fra mave-tarm-systemet (kaldet enterisk metan) fra kvæg udgør således omkring en tredjedel af udledningen af de direkte landbrugsmæssige drivhusgasser (metan og lattergas) i Danmark, og er dermed den klart største enkeltkilde i landbruget.

Hvordan måler man emission af metan?

Når en række fodermidler eller foderadditiver skal evalueres for deres potentielle metanreducerende effekt, vil dette ofte først ske i laboratorieforsøg (in vitro), inden de afprøves i dyreforsøg (in vivo). I sådanne laboratorieforsøg efterlignes omsætningen i koens vom. Dette gøres ved, at en given mængde

foder inkuberes sammen med vomvæske, buffer og eventuelt foderadditiv under iltfrie forhold og ved 39°C i små glasflasker. Mængden af produceret metan registreres løbende og denne metode giver mulighed for screening af mange forskellige fodermidler eller foderadditiver på én gang.

Den daglige produktion af enterisk metan fra dyr måles typisk i såkaldte respirationskamre, som for eksempel er beskrevet detaljeret for mere end 100 år siden af Mølgaard & Andersen (1917) [1]. Metoden er baseret på, at koen opbindes i et lukket kammer, som i vores udgave er en stor kasse beklædt med transparente polycarbonatplader (figur 1). Ud fra koncentrationen af metan i indsugnings- og afgangsluft samt mængden af luft som suges ud af respirationskammeret per tidsenhed, er det muligt løbende at beregne produktionen af enterisk metan fra det pågældende dyr. Dette system giver mulighed for måling af enterisk metan fra fermentering både i vommen og i blind- og tyktarmen, samt beregning af tidsserier for produktionen af metan, for eksempel hen over døgnet.

Denne målemetode giver samlet set mulighed for meget præcise målinger om end på et lille antal dyr, og betegnes som "Golden standard" inden for måling af emission hos husdyr.

Der er imidlertid ofte behov for måling på et betydeligt højere antal

dyr, og til dette anvendes ofte et system kaldet GreenFeed. Det er en avanceret kraftfoderautomat, hvor koen tildeles en lille portion kraftfoder som loddemad, og hvor mængden af produceret metan samtidig måles. Denne metode måler ikke produktionen af metan kontinuerligt som i respirationskamrene, men er afhængig af, at antallet af besøg er tilstrækkeligt til, at målingerne af metan er repræsentative for et helt døgn emission. Metoden måler kun metan udskilt gennem munden, og vil derfor svagt underestimere den samlede produktion af metan fra koens omsætning af foderet.

Reduktion i enterisk metan via ændring i rationens sammensætning

Reduktion af enterisk metan kan ske ved at optimere på egenskaberne af visse komponenter af koens foderration, som vil blive beskrevet i det følgende.

Fedt

Fedtsyrer forgæres ikke i vommen, og ombytning af fermenterbart organisk stof som for eksempel stivelse eller fiber



Figur 1. Malkekøer i respirationskamre på Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet.

med fedt vil derfor direkte reducere produktionen af enterisk metan. Samtidig har fedt en inhiberende effekt på særligt de fibernedbrydende og metanproduce-

rende mikroorganismer i vommen. Da fermentering af fiber hovedsageligt er koblet til produktionen af eddikesyre, vil denne inhibering medføre et fald i produktionen af brint og kuldioxid og dermed mindre substrat for metanogenerne, jf. overstående reaktionsligninger.

På tværs af en række forsøg er det beregnet, at 20 gram fedtsyrer per kilo foder tørstof kan reducere produktionen af enterisk metan med cirka 8 procent. Om dette fedtniveau er økonomisk optimalt, afhænger af forholdet mellem prisen for tilskudsfeedt, mælk og i fremtiden også klimagasser. I Danmark anvendes blandt andet palmefedt og danskavlede rapskager. Klimaaftrykket af palmefedt er cirka det tredobbelte af rapskager, hvis klimaeffekten af regnskovsrydningen regnes ind. Ved brug af importeret palmefedt i stedet for danskavlede rapskager vil den nationale emission således reduceres væsentligt, mens den globale emission kun vil blive reduceret lidt eller eventuelt være uforandret, da reduktionen i produktionen af enterisk metan helt eller delvist modsvares af øgede emissioner ved dyrkning af palmefedt.



**STOLT
DANSK
PRODUCENT**



info@gram-bioline.com | www.gram-bioline.com



Biostorage you can depend on

Grovfodertype

Som nævnt hænger produktionen af enterisk metan blandt andet sammen med nedbrydning af foderets fibre i vommen. Hvis græs høstes på et tidligt udviklingsstrin og med et lavere indhold af fibre, så falder produktionen af enterisk metan per kilo fodertørstof. Hvis græsensilage, som indeholder meget fiber, erstattes af majsensilage, som indeholder meget stivelse, sker der en forskydning i forgæringsprocesserne i vommen, således at der produceres forholdsvis mere propionsyre og mindre eddikesyre, og dermed er der også mindre brint til rådighed for metanogenerne. Men når der også tages hensyn til, at klimaaftrykket er lavere ved dyrkning af græs end majs, så bliver det samlede klimaaftryk nogenlunde det samme, omend det samlede klimaaftryk er meget afhængigt af udbytteforholdet mellem dyrkning af græs og majs.

Forholdet mellem grovfoder og kraftfoder

En udskiftning af fiberrigt grovfoder med kraftfoder vil medføre, at produktionen af enterisk metan reduceres. Dette skyldes, at kraftfoder typisk indeholder mere fedt og stivelse end grovfoderet, hvorved forgæringsmønsteret i vommen ændres mod en højere andel propionsyre og en mindre andel eddikesyre, hvilket jf. ovenstående ligninger medfører mindre brint, som ellers ville indgå i dannelsen af metan. For at køerne kan opretholde deres normale drøvtygningsfunktion, er der dog grænser for kraftfoderets andel af rationen.

Reduktion i enterisk metan via brug af foderadditiver

3-Nitrooxypropanol

3-Nitrooxypropanol (3-NOP) er en kemisk forbindelse, som har vist sig effektiv til at reducere produktionen af enterisk metan med op til 30 procent hos malkekøer under danske forhold. Stoffet hæmmer et særligt enzymesystem, som kun findes i de metanogene mikroorganismer, og det vil derfor ikke hæmme de bakterier, der er ansvarlige for forgæringen i vommen. Stoffet er netop blevet godkendt i EU under navnet Bovaer og kan derfor nu tages i brug på konventionelle bedrifter, men det vil sandsynligvis ikke blive en accepteret mulighed i den økologiske produktion.

Nitrat

Nitrat er en anden forbindelse, som kan reducere produktionen af enterisk metan. Her er den primære virkningsmekanisme imidlertid anderledes end

for 3-NOP. Nitrat omsættes således af særlige bakterier i vommen til ammoniak ved en proces, hvor der forbruges brint, som dermed ikke er tilgængelig for de metanogene mikroorganismer. Den dannede ammoniak vil efterfølgende kunne indgå i den mikrobielle proteinsyntese i vommen. Brugen af nitrat kan føre til øget kvælstofudledning i gødningen, hvis ikke rationens øvrige proteinkilder reduceres tilsvarende. Desuden kan nitrat omdannes til nitrit, som potentielt kan hæmme hæmoglobins evne til transport af ilt i dyret. Vores forsøg tyder dog på, at denne bekymring er ubegrundet.

Tang/makroalger

Der arbejdes forskellige steder i verden på at udvikle dyrkningssystemer til en tropisk makroalge ved navn *Asparagopsis*. Denne alge har i forsøg kunnet hæmme emissionen af metan fra vommen hos stude og får med op til 90 procent. Malkekøer er mere følsomme over for påvirkning af vommiljøet, og hos malkekøer har man ikke kunnet reducere emissionen af metan med mere end 30 procent, før det begyndte at give markant negative udslag på foderoptagelse og mælkeydelse.

De bioaktive stoffer i *Asparagopsis*, der hæmmer dannelsen af metan i vommen, er såkaldte halometaner, som for eksempel bromoform og kloroform, som det ikke er specielt ønskværdigt at få ind i fødekæden. Det er imidlertid tilladt at anvende alger, herunder *Asparagopsis*, som foder til drøvtyggere i EU, og *Asparagopsis* er på nuværende tidspunkt reelt det eneste foderadditiv, bortset fra fedt, der vil kunne udnyttes i økologisk jordbrug til at reducere metan. Begrænsningen her og nu er at levere tilstrækkelige mængder til markedet. Dansk forskning har vist, at der findes andre arter af makroalger, der er naturligt forekommende, som kan dyrkes på vore breddegrader, og som har en vis metanreducerende effekt og som ikke indeholder førnævnte halometaner.

Stof X

Danske foderstofvirksomheder arbejder på at få patenteret et stof, kaldet X, der har vist sig at kunne reducere aktiviteten af metanogenerne. Stof X virker sandsynligvis ved at blokere et nøgleenzym hos metanogenerne, der er nødvendigt for at danne metan ud fra kuldioxid og brint. Der er på nuværende tidspunkt udført tre intensive forsøg med malkekøer i Danmark, og på den baggrund er det realistisk at forvente, at stof X vil kunne reducere emission af

metan fra malkekøer med 30-40 procent uden at påvirke køernes mælkeydelse og foderoptagelse negativt. Der vil formodentlig gå et par år, før stoffet har været igennem den nødvendige godkendelsesproces. Der er dog stor optimisme i forhold til, at godkendelsen vil blive givet, da stoffet allerede er godkendt til brug i fødevarerindustrien, bare ikke som foderadditiv.

Brint er en udfordring

En af udfordringerne ved flere af de meget potente metanreducerende foderadditiver er, at reduktionen i metan er ledsaget af en markant øgning i produktionen af brint i vommen, og der forskes i, om dette har sammenhæng til de markante fald i foderoptagelse, som er set ved brug af flere af disse foderadditiver i høje koncentrationer. En hypotese er, at ophobningen af brint i vommen har en negativ tilbagekobling på den mikrobielle fermentering, som dermed går langsommere, hvorved også foderoptagelsen reduceres. En anden hypotese er baseret på, at metanogenerne omsætter fem gasmolekyler (fire brint og en kuldioxid) til et gasmolekyle (metan), og når denne reaktion hæmmes, sker der rent volumenmæssigt en øget ophobning af gas i vommen, som er til gene for koen enten direkte fysisk eller fysiologisk via ændring i de fysiske og kemiske ligevægte i vommen.

Konklusion

Som beskrevet findes der forskellige strategier for at reducere køers metanemission via foder og foderadditiver. Men ud over foder, spiller genetik også ind på metanemissionen. Disse ned- arvede egenskaber har blandt andet indflydelse på vommens kapacitet og foderets opholdstid i vommen og dermed fordøjelsen i vommen, og hvorledes forskellige typer af mikroorganismer klarer sig i vommen. Flere studier, blandt andet i Danmark, har vist, at der er en arvbarehed på omkring 0,2 for metanproduktion hos malkekvæg. Så hvor tilsætning af effektive foderadditiver giver en øjeblikkelig effekt på produktionen af enterisk metan, er avl efter køer, der producerer mindre metan, en langsommere proces. Denne artikel er en modificeret version af en artikel, der tidligere har været bragt i Vand & Jord.

E-mail:

Peter Lund: peter.lund@anivet.au.dk

Referencer

1. Møllgaard, H. & A.C. Andersen (1917): Et pettenkofersk respirationsapparat til forsøg med malkende kvæg. Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole Aarsskrift 1917, 195-307.