



Möjlighet att praktiskt utfodra rödalger till mjölkkor

-med syftet att minska metanutsläpp

The possibility of feeding red seaweed to dairy cows -with the aim of reducing methane emissions

Ida Frankenberg

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Agronomprogrammet - husdjur
Uppsala 2023



Möjligheten att praktiskt utfodra rödalger till mjölkkor -med syftet att minska metanutsläpp

The possibility of feeding red seaweed to dairy cows -with the aim of reducing methane emissions

Ida Frankenberg

Handledare: Rebecca Danielsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator: Sophie Krizsan, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap, G2E
Kurskod: EX0865
Program/utbildning: Agronomprogrammet -husdjur
Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2023
Omslagsbild: Författarens egen

Nyckelord: *Asparagopsis taxiformis*, *Asparagopsis armata*, mjölkkor, utfodring, metan

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Sammanfattning

De senaste åren har flera olika metoder för att minska metanutsläpp från idisslare undersökts, en av dessa är att blanda rödalger i fodret. Rödalger *Asparagopsis spp.* (främst *Asparagopsis taxiformis* och *Asparagopsis armata*) har ett högt innehåll av bromoform vilket verkar metanhämmande i våmmen. Hittills har enbart korta in vivo försök genomförts men för att kunna tillämpa metoden i praktiken behöver flera utmaningar lösas. Syftet med denna litteraturstudie är att sammanställa de utmaningar som hittills identifierats och eventuella lösningar på dessa. Ett problem är till exempel förvaring och inblandning av rödalger på gårdsnivå. Rödalger är känsliga för värme och luftexponering, vilket kan sänka bromoformkoncentrationen. Även att producera tillräcklig mängd rödalger för att tillgodose behovet behöver utvecklas. Alger skördade i havet har främst använts i försöken, men en varierande halt bromoform samt hög halt jod, gör att landodlade rödalger kan vara ett bättre alternativ. Inblandning av rödalger till mjölkkor riskerar sänka mjölkproduktionen, vilket förmodligen beror på smakligheten.Utfodring av rödalger i olja har på senare tid visat sig mer rationellt, då går det att ge till mjölkkor oavsett grovfoderutfodringssystem. Det gör det även tillämpbart i praktiken och gör att de kan förvaras utan sänkt bromoformkoncentration. För att kunna tillämpa användning av rödalger på gårdsnivå krävs även ekonomiska incitament för lantbrukare. Men, i alla led krävs fler försök för att utvärdera eventuella lösningar.

Nyckelord: Asparagopsis taxiformis, Asparagopsis armata, mjölkkor, utfodring, metan

Abstract

During the last years several methods for reducing methane emissions from ruminants have been investigated. One of them is mixing red seaweed with the feed. The red seaweed *Asparagopsis spp.* (mainly *Asparagopsis taxiformis* and *Asparagopsis armata*) contains high concentrations of bromoform which reduces the production of rumen methane. Up until now all in vivo tests has been quite short. To be able to commercially apply feeding of algae several challenges needs to be solved. This literature study aims to describe current challenges and possible solutions to these. One problem is how the farmers will be able to store and mix the seaweed on the farm. Distribution and storing while maintaining the same bromoform concentration are a challenge since the red seaweed is sensitive to heat and air exposure. Producing enough seaweed might also be a problem. This far only seaweed harvested in the ocean has been used, but since the bromoform concentration varies a lot and the amount of iodine is high a need for land based grown seaweed increases. The motivation for using red seaweed on farm level might be low since it lowers the milk production. That is probably due to lower feed intake. To apply using red seaweed it also needs to be profitable for the farmer. Feeding red seaweed with oil is a new solution which makes it possible to feed dairy cows no matter what type of roughage feeding system the farm has. It also makes it practical to use but also to store without a decrease in bromoform concentration. But more research is needed in all parts of the chain to evaluate possible good solutions.

Keywords: Asparagopsis taxiformis, Asparagopsis armata, dairy cows, feeding, methane

Innehållsförteckning

Inledning	7
Litteraturgenomgång	9
2.1 Genomförda försök	9
2.2 Utfodringssystem	10
2.3 Tillverkning och transport.....	11
2.4 Förvaring	13
2.5 Ekonomi	14
Diskussion	16
3.1.1 Slutsats	18
Referenser.....	19

Inledning

Av de totala metanutsläppen globalt kan hela 44 % härledas till jordbruk (UNEP, 2021). Ungefär 40 % av dessa utsläpp kan härledas till fodersmältningens jäsning hos nötkreatur (Gerber, 2013). Metan har en hög uppvärmningspotential trots en relativt kort livslängd i atmosfären, ungefär 32 gånger så hög som koldioxid (International Energy Agency, 2023). För att på ett hållbart sätt kunna fortsätta producera livsmedel från idisslare behöver metanutsläppen minska. Det sker just nu mycket forskning på olika metoder för att minska idisslares metanutsläpp. En av metoderna för att minska metanutsläppen är att blanda i rödalgen *Asparagopsis spp.* i fodret (Beauchemin et al., 2022). Det har gjorts försök med både *Asparagopsis taxiformis* och *Asparagopsis armata* vilka har fått resultat som visar att metanutsläppen kan sänkas med upp emot 98 % av vad som normalt släpps ut från nötkreatur (Kinley et al., 2020). *Asparagopsis spp.* innehåller bromoform vilket blockerar metanbildningen hos arkéerna i våmmen och därmed förhindrar att vätgas och koldioxid blir till metan, en process som annars sker vid fodernedbrytning (Machado et al., 2016). Inblandning av *Asparagopsis spp.* har även i vissa studier visat sig kunna förbättra foderomvandlingsförmågan (Glasson et al., 2022).

Dock står utfodring av rödalger för att minska metanutsläpp inför en del praktiska utmaningar. I de försök som hittills har genomförts är det små mängder frystorkade alger som blandats med grovfoder (Roque et al., 2019, 2021, Kinley et al., 2020, Stefanoni et al., 2021, Krizsan et al., 2023). Det är viktigt att algerna blandas väl med övrigt foder för att inte riskera att enskilda djur får för hög koncentration (Muizelaar et al., 2021). Det finns därmed en del tekniska problem med att i praktiken kunna blanda algerna med grovfoder, speciellt i besättningar med mer extensiva system (Beauchemin et al., 2022). Även mindre gårdar utan fullfoderblandare har dessa problem. Att utfodra algerna tillsammans med kraftfoder skulle kunna vara en alternativ metod, dock tål algerna inte upphettning som många system för pelletering kräver (Tan et al., 2023). Ett alternativ för att ändå kunna utfodra rödalger med kraftfoder är att blanda dem med olja alternativt extrahera bromoform från algen i olja (Alvarez-Hess et al., 2023).

I de försök som är utförda hittills så är algerna som utfodrats skördade i havet, vilket ger en naturlig variation i koncentrationen av bromoform och jod (Roque et al.,

2019, Stefenoni et al., 2021, Krizsan et al., 2023). För att kunna uppnå inhibering av metanavgången är det viktigt att kunna säkerställa konstant koncentration av bromoform, vilket kan bli svårt att göra då rödalgern skördas i havet (Beauchemin et al., 2022). En annan utmaning är förvaring och säkerställande av att kvaliteten förblir densamma vid lagring på gården (Vijn et al., 2020). Dessutom finns det frågetecken kring incitamenten för lantbrukare att betala mer för ett fodermedel eller ett fodertillskott då mervärdesbetalning av produkten skulle behöva motivera utgiften för inköp (Jardstedt & Holmström, 2021).

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka vilka utmaningar och lösningar det finns vid utfodring av *Asparagopsis spp.* till mjölkkor under svenska förhållanden. Frågeställningen är därför följande: Vilka praktiska utmaningar finns det vid utfodring av *Asparagopsis spp.* och vilka lösningar finns det på dessa till dags datum?

Litteraturgenomgång

2.1 Genomförda försök

Flertalet försök där nötkreatur utfodrats med *Asparagopsis spp.* har genomförts i ett antal länder de senaste åren. Inblandningsnivån av rödalger har i försöken till mjölkkor varierat mellan relativt låg nivå på 0,05 % av total organisk substans (Kinley et al., 2020) och hög nivå på 2,48 % av total ts substans (Muizelaar et al., 2021). Gemensamt för de flesta försöken som genomförts är att det är alger som skördats i havet som använts samt att de sedan har frystorkats och blandats i en fullfoderblandning (Roque et al., 2019, 2021; Kinley et al., 2020; Stefenoni et al., 2021; Krizsan et al., 2023).

En hög bromoformkoncentration i rödalger som används medför en högre metanreducering (Kinley et al., 2020). Generellt sett är metanutsläppen lägre ju mer kraftfoder och mindre grovfoder en foderstat till idisslare innehåller (Janssen 2010). Foderstater med en hög andel spannmål och en inblandning av 0,2 % *Asparagopsis taxiformis* visar en reduktion av metanutsläppen motsvarande 98 % hos växande nötkreatur (Kinley et al., 2020). Även att öka andelen *Asparagopsis spp.* i fodret visar sig ge en större metanreducerande effekt (Stefenoni et al., 2021). Det finns dock risker med att ge en för hög daglig dos rödalger. Det har visat sig resultera i reducerat foderintag (Stefenoni et al., 2021). Flertal av de genomförda försöken har visat på lägre foderintag vid inblandning av rödalger, det kan vara upp emot 38 % lägre baserat på totalt torrsbstansintag (Roque et al., 2019). För att öka smakligheten och därmed foderintaget har rödalger i vissa fall blandats med melass innan inblandning med grov-/fullfoder (Roque et al., 2019, 2021). En hög inblandning av rödalger i fodret misstänks även kunna resultera i skador på våmväggen (Muizelaar et al., 2021). Vidare beskriver Muizelaar et al. (2021) att det är därför viktigt att kunna blanda rödalger med grov- eller fullfoder väl, annars finns en risk att enskilda djur får i sig för hög koncentration av rödalger.

Det har även gjorts in vivo studier på den metanreducerande effekten av att utfodra rödalger blandade med rapsolja för att sedan utfodra tillsammans med kraftfoder

(Alvarez-Hess et al., 2023). I försöken av Alvarez-Hess et al. (2023) blandades oljan, innehållande *Asparagopsis armata* alternativt olja som rödalger silats bort från, med kraftfoder och utfodrades vid mjölkning två gånger om dagen. Den metanreducerande effekten kvarstod och utsläppen minskade med upp emot 44%. Att kunna utfodra rödalger tillsammans med kraftfoder gör det möjligt att använda sig av fodertillskottet i system utan grovfoderblandare.

2.2 Utfodringssystem

De försök som gjorts med *Asparagopsis spp.* in vivo har utförts med fullfoder (TMR), alltså system där grovfoder blandas med kraftfoder och övriga tillsatser och utfodras därmed som huvudsakliga eller enda fodermedel (Roque et al., 2019, 2021; Kinley et al., 2020; Stefenoni et al., 2021; Krizsan et al., 2023). Alla svenska mjölkgårdar har inte system för att blanda foder. För gårdar där utfodring av grovfoder sker utan foderblandare finns för närvarande inte möjligheten att blanda in *Asparagopsis spp.* i grovfodret. Av de mjölkgårdar som är anslutna till Växas MinGård uppger Karlsson¹ att det är ungefär 40 % som säger att de har möjlighet att blanda fodermedel eftersom de har någon typ av blandfodersystem (fullfoder, blandfoder/fullfoder eller blandfoder). Under svenska förhållanden utfodras mjölkkor generellt sett med grov- och kraftfoder året om vilket öppnar upp för att addera andra fodermedel så länge möjligheten att blanda dessa finns.

Om ett fodermedel, i detta fall rödalger, istället extraheras i olja för att kunna utfodra det med kraftfoder räknas det som ett fodertillskott. Det skiljer sig mellan djurslag ifall något räknas som ett fodermedel samt om det är tillåtet att utfodras med eller inte (Jordbruksverket, 2023). Inom EU krävs tillstånd för att utfodra fodertillskott, för att dessa tillstånd ska ges behövs en vetenskaplig utvärdering (European Feed Safety Authority u.å.). Ett fodertillskott med metanreducerande effekt som är tillåtet för idisslare är Bovaer®10 vilket innehåller den aktiva substansen 3-nitrooxypropanol (Fouts et al., 2022). I Europa blev detta fodertillskott tillåtet i februari 2022 (Fouts et al., 2022). Enligt Printz² kan Bovaer®10 blandas i mineralfoder vilket för närvarande sker hos foderföretagen som tillhandahåller dessa fodermedel. Bovaer®10 är i form av granulat vilket gör det enkelt att blanda det med mineraler. Men även för Bovaer®10 krävs en foderblandare för att kunna utfodra korrekt mängd aktiv substans till djuren. När det kommer till *Asparagopsis spp.* kan det inte användas som granulat eftersom det

¹ Johanna Karlsson, Expert foder, Foderexpert på Växa Sverige, konversation 4 april 2023

² Stina Printz, Hållberhetschef Norrmejerier, samtal 30 mars 2023

är känsligt för ljus samt höga temperaturer (Stefenoni et al., 2021), det är även känsligt för luftexponering (Tan et al., 2023).

2.3 Tillverkning och transport

Rödalg är subtropiska växter som därmed växer i relativt varma vatten (Wasson et al., 2022). Som ovan nämnts, så har de flesta försök som hittills genomförts använt alger som växt och skördats i havet (Roque et al., 2019, 2021; Kinley et al., 2020; Muizelaar et al., 2021; Stefenoni et al., 2021; Alvarez-Hess et al., 2023; Krizsan et al., 2023). Beroende på var de växer och när de skördas kommer de att innehålla olika halter bromoform, men även olika mängder jod (Beauchemin et al., 2022). En hög koncentration bromoform är önskvärt medan en hög koncentration jod kan vara begränsande för inblandning i foder (Vijn et al., 2020; Krizsan et al., 2023). Alger odlade i landbaserade system har visat sig innehålla en mindre andel mineraler än de som skördats i havet (Wasson et al., 2022) vilket talar för att landodlade rödalger kan vara mer lämpade. Algernas aktiva komponent bromoform har inte en konstant nivå då de skördats i havet (Vijn et al., 2020). I de olika försöken som genomförts har bromoformkoncentration varierat stort och varit mellan 1,32 mg/g ts och 6,55 mg/g ts (Roque et al., 2019, 2021; Kinley et al., 2020). För att minska behovet av en hög andel rödalger i fodret bör de ha en konstant hög koncentration av bromoform (Magnusson et al., 2020).

Ett alternativ till att skörda alger från havet är att odla på land. Hittills är det enbart företaget Volta Greentech (www.voltagreentech.com) i Sverige som utvecklar metoder för att odla rödalger på land, med syfte att förse gårdar med metanreducerande fodertillskott. Företaget odlar för närvarande *Asparagopsis spp.*, framför allt *Asparagopsis armata*, i en anläggning i Lysekil meddelar Demeter & Tydinger³. Vidare förklarar Demeter & Tydinger³ att i anläggningen odlas alger, både inom- och utomhus, under kontrollerade former där havsvatten pumpas till bassänger. Eftersom systemen för landbaserad odling innefattar att en jämn mängd näring tillförs blir resultatet ett jämnare näringsinnehåll i produkten förklarar Demeter & Tydinger⁴. Odling i Sverige begränsas av årstidsvariationer och just nu kan odlingen utomhus enbart ske mellan april och september enligt Demeter & Tydinger⁴. Fortsatt förklarar Demeter & Tydinger⁴ att både tillföra näring samt att pumpa vatten till bassängerna gör processen energikrävande. Men processen av att

³ Angelo Demeter, Co-Founder och Chief Product Officer, och Hanna Tydinger, product manager, Volta Greentech, samtal 28 mars 2023

⁴ Angelo Demeter, Co-Founder och Chief Product Officer, och Hanna Tydinger, product manager, Volta Greentech, samtal 28 mars 2023

frystorka alger som skördas i havet är energikrävande och kan vara svårt att genomföra i stor skala (Magnusson et al., 2020).

Just nu är den vanliga metoden för hantering av rödalger efter skörd att de sköljs för att avlägsna saltvatten, torkas genom att först centrifugeras, frysas och sen frystorkas (Vucko et al., 2017). Vid försök som gjorts för att undersöka vilka metoder som är bäst för behandling av algerna efter skörd har olika alternativ testats. Sköljning skedde i studien genom att algerna dels sköljdes under olika lång tid och frysning skedde genom att algerna antingen frystorkades, torkades ur eller ugnstorkades. Om algerna inte sköljs efter skörd har de lägst andel organiskt material då den höga salthalten från vattnet på algernas yta minskar den (Vucko et al., 2017). En hög andel organiskt material är önskvärt då det medför en lägre andel oorganiskt material. En högre andel oorganiskt material medför en risk att halterna av oönskade ämnen så som jod, brom eller arsenik ökar. Dessa kan vara toxiska för djuren (Vijn et al., 2020), men halterna minskar vid sköljning. Samma studie av Vucko et al. (2017) visar att det inte fanns någon signifikant skillnad i innehåll av organiskt material mellan olika frysmetoder innan torkning. Algerna innehåller mellan 80 och 90 % vatten vid skörd och det kan vara svårt att på ett storskaligt sätt reducera den stora mängden vatten (Vijn et al., 2020). Vidare beskriver Vijn et al. (2020) att den stora andelen vatten kan göra transport från plats där skörd skett till där algerna processas svår.

För att foderföretag ska kunna tillhandahålla rödalger till lantbrukare finns det många utmaningar. De behöver till exempel kunna distribueras i torkad form om det ska levereras tillsammans med andra fodermedel (Vijn et al., 2020). Fortsättningsvis beskriver Vijn et al. (2020) att de aktiva ämnena behöver vara så pass koncentrerade att rödalger kan ges i små mängder, samt att de aktiva ämnena behöver behålla samma koncentration under lång tid vid lagring. Vid hantering av algerna bör den höga andelen bromoform tas i beaktning eftersom bromoform i hög koncentration visat sig vara cancerogent (US environmental protection agency, 1987). Det är något som kan bli viktigt vid storskalig produktion av rödalger som fodermedel. Eftersom rödalger är känsliga för höga temperaturer (Tan et al., 2023) finns en risk för att pelletering eller extrudering inte fungerar. Om pelletering eller extrudering är svårt att genomföra kan det kan leda till att hanteringen av rödalger kan försvåras, både för foderföretag och lantbrukare (Vijn et al., 2020). Eftersom rödalger är relativt känsliga för värme (Tan et al., 2023) kan även transport från produktion till lantbrukare vara ett problem.

2.4 Förvaring

De försök som hittills gjorts med *Asparagopsis spp.* har förutsatt att lagring av den frystorkade produkten sker i fryskåp eller kylskåp för att koncentrationen av bromoform inte ska minska (Wasson et al., 2022). Möjligheten att kunna förvara stora mängder foder på det sättet på gård är sannolikt begränsat (Wasson et al., 2022). När det kommer till frystorkade rödalger håller de allra bäst en hög bromoformkoncentration om de förvaras vid -20 °C (Tan et al., 2023). Vid förvaring av frystorkade alger i temperaturer högre än 40 °C minskar bromoformkoncentration signifikant, speciellt vid förvaring under längre tid (Tan et al., 2023), men enligt Tan et al. (2023) minskar koncentrationen redan vid 25 °C. En temperatur på 23°C under en kortare tid gav däremot inte en lika signifikant minskning i bromoformkoncentration (Stefenoni et al., 2021). Rödalger i olja har dock visat sig få en ökad bromoformkoncentration efter förvaring under en längre tid, ökningen har visat sig vara 8,4 % (Tan et al., 2023) respektive 26,7 % (Magnusson et al., 2020). Ökningen kan bero på att små partiklar av rödalger funnits kvar i oljan och fortsatt att avge bromoform under tiden förvaring skett (Tan et al., 2023).

I försök gjorda av Stefenoni et al. (2021) visade det sig att bromoformkoncentrationen i *Asparagopsis taxiformis* minskade med 75 % om det förvarades mörkt under fyra månader. Om det istället förvarades ljus under samma tid minskade bromoformkoncentrationen med 84 %. Detta var oberoende av temperatur vilken i försöket var -20 °C, 4 °C eller 23 °C. Vid förvaring av rödalger i vatten sker en minskning av bromoformkoncentration (Magnusson et al., 2020). När det kommer till *Asparagopsis spp.* i olja visar sig ljus vara det som påverkar mest negativt (Tan et al., 2023). Även exponering av luft har en negativ effekt på rödalger i olja, en minskning av bromoformkoncentrationen med upp till 50 % kan då ses (Tan et al., 2023). Att utfodra alger med olja medför inte samma problem med att behöva avvattna algerna i lika stor utsträckning. Det gör det även lättare att lagra eftersom kravet på kyla försvinner (Wasson et al., 2022).

Volta Greentech odlar rödalger *Asparagopsis taxiformis* och *Asparagopsis armata* i bassänger på land. De levererar sin produkt vakuumpförpackat och doserat i speciella påsar för att säkerställa hållbarheten. En påse är anpassad för 10 kor per dag förutsatt att koncentrationen är mindre än 1 % av totalt ts-intag förklarar Demeter & Tydinger⁵. Det systemet fungerar för nuvarande produktion vilket för närvarande innefattar försök på enstaka gårdar där enbart grupper om få djur utfodras med *Asparagopsis armata*. I större skala kan behov av att kunna dosera på

⁵ Angelo Demeter, Co-Founder och Chief Product Officer, och Hanna Tydinger, product manager, Volta Greentech, samtal 28 mars 2023

gård vara nödvändigt då djurgrupperna troligtvis är mycket större. Detta med tanke på att den genomsnittliga besättningsstorleken för mjölkkor i Sverige ligger på 106 kor (Jordbruksverket, 2023). Dessutom består många besättningar av ungefär lika stor andel ungdjur för rekrytering. En varierande besättnings- eller gruppstorlek medför även ett behov av att kunna dosera olika utefter hur mycket foder som ska blandas. Att kunna dosera korrekt är även viktigt för att inte riskera att enskilda djur får i sig för mycket rödalger, något som skulle kunna resultera i skador på våmväggen (Muizelaar et al., 2021). Volta Greentech har gjort egna studier med odlade rödalger på enstaka gårdar med resultat som visat på minskade metanutsläpp förklarar Demeter & Tydinger⁶. Men för att kunna utvärdera effekterna av odlade rödalger skulle fler försök behövas. De försök på landodlade rödalger som genomförts hittills har enbart innefattat växande nötkreatur för nötköttsproduktion och inga mjölkkor enligt Demeter & Tydinger⁶.

2.5 Ekonomi

För att kunna utfodra fodertillskott utan att det egentligen ger en ekonomisk vinst för lantbrukaren skulle andra incitament behövas. Inköspriset av rödalgerna måste därför betalas i form av högre avräkningspris på produkter så som kött och mjölk, eventuellt produktionsbortfall behöver också kompenseras för (Vijn et al., 2020). Försök har visat på en sänkt mjölmängd följt av ett sänkt foderintag vid utfodring av rödalger, dock är fodereffektiviteten per kg mjölk inte förändrad vid inblandning av *Asparagopsis taxiformis* (Stefenoni et al., 2021). Incitamenten för att i praktiken köpa fodertillskott behöver därför komma från merbetalning av produkterna (Jardstedt & Holmström, 2021). Norrmejerier som använder sig av Bovaer®10 som fodertillskott för att minska metanutsläppen har en modell av att ge mer betalt för mjölken, dels för att täcka utgifterna för fodertillskotten men även för andra insatser. Dessa ingår i konceptet av Norrmejeriers mer klimatanpassade mjölk Norrlogiskt enligt Printz⁷. Det är billigare att utfodra alger i olja än frystorkade alger eftersom det är krävs mindre energikrävande process då algerna inte måste frystorkas (Tan et al., 2023).

Mer kunskap behöver nå ut till foderföretagen för att system som förser lantbrukare med rödalger ska kunna utvecklas. Enligt en undersökning riktad till foderföretag gjord av Passetti och Hegarty (2022) har det visat sig att endast 14 % av foderföretagen globalt kände till *Asparagopsis taxiformis* metanminskande effekt.

⁶ Angelo Demeter, Co-Founder och Chief Product Officer, och Hanna Tydinger, product manager, Volta Greentech, samtal 28 mars 2023

⁷ Stina Printz, Hållberhetschef Norrmejerier, samtal 30 mars 2023

Samma undersökning, vars syfte var att ta reda på förståelsen och intresset av fodertillskott, visade att endast 14 % av de globala foderföretagen ansåg att en minskning i metanutsläpp är viktigt. Produktionskostnaderna för att framställa rödalgern är relativt höga och högre vid landbaserad odling än när de skördas i havet enligt Demeter & Tydinger⁸

⁸ Angelo Demeter, Co-Founder och Chief Product Officer, och Hanna Tydinger, product manager, Volta Greentech, samtal 28 mars 2023

Diskussion

Att utfodra rödalger för att minska metanutsläpp från idisslare är i teorin en bra lösning som skulle kunna öppna upp för att på ett mer hållbart sätt producera livsmedel från nötkreatur. Idisslare som är duktiga grovfoderomvandlare bidrar därigenom på många sätt till en hållbar produktion. En hög andel grovfoder i förhållande till kraftfoder kan dock leda till högre metanutsläpp (Phillips, 2018). Men, i praktiken finns det några utmaningar som skulle behöva lösas för att utfodring av rödalger ska fungera på svenska mjölkgårdar. Ska frystorkade rödalger blandas med grovfoder behöver det finnas välfungerande system för att blanda rödalger på gård, det vill säga grovfoderblandare. Det behöver även finnas system för distribuering och förvaring av rödalger på gården utan att förändring i den aktiva substansen bromoform sker. När det kommer till möjlighet att använda sig av grovfoderblandare är det något som dels kräver en stor investering om gården inte redan använder ett sådant system. Det är även något som begränsar möjligheten för de flesta små gårdar att kunna utfodra med rödalger. Att enbart 40 % av gårdarna som är anslutna till Växas MinGård använder någon form av grovfoderblandare talar för att det gäller en stor andel gårdar som inte kan blanda andra fodermedel med grovfoder. Det är viktigt att kunna blanda in den förhållandevis lilla mängden som rödalger utgör väl, dels för att en dålig inblandning skulle kunna ge skador på våmväggen hos korna (Muizelaar et al., 2021), men även för att minskat foderintag kan förekomma vid hög mängd rödalger (Stefenoni et al., 2021). Möjligheten att utfodra rödalger i olja tillsammans med kraftfoder öppnar både upp för att enklare förvara dem utan minskad bromoformkoncentration men även för att enklare utfodra utan grovfoderblandare. Dessutom är fett i sig något som hämmar metanproduktionen (Beauchemin et al., 2022). Men eftersom fett inte bör utfodras i större utsträckning än max 5 % av totalt torrsustansintag (Wiktorsson, 1988) kan det begränsa användningen av fett som metanhämmare. Däremot bör en kombination av olika metanhämmande ämnen i fodret undersökas i framtida försök.

De senaste åren har flertalet in vivo försök på både mjölkkor och växande ungnöt genomförts (Kinley et al., 2020; Stefenoni et al., 2021). Dock har försöken generellt varit relativt kortvariga och längre försök är något som skulle behöva genomföras för att utvärdera eventuella långvariga konsekvenser. Försök med mer fett, oavsett

alginblandning eller inte, för att minska metanproduktionen har inte heller pågått under längre tid vilket gör att långvariga effekter inte utvärderats (Gerber et al., 2013). Även långvarig förvaring och rationella system för utfodring storskaligt skulle behöva utvecklas. En lägre mjölmängd, även om den inte nödvändigtvis behöver innebära en lägre fodereffektivitet, skulle ändå för lantbrukaren kunna innebära en ekonomisk förlust (Vijn et al., 2020; Stefenoni et al., 2021). En betalningsmodell som ger tillräcklig ersättning till mjölkproducenter skulle därför behöva tas fram, där både hänsyn till utgifter vid inköp av rödalger men även där eventuellt produktionsbortfall kompenseras för. I framtida försök är ett avvägande av minskad metanproduktion och minskad produktion vid utfodring av rödalger något som skulle behöva utvärderas. En ytterligare sak att ta i beaktning för framtiden är de skillnader som finns mellan länder. Då de flesta studier genomförts i andra länder än Sverige finns en risk att produktionen skiljer sig åt så pass mycket att en del resultat inte är applicerbara på svenska mjölkgårdars förhållanden. Det kan vara viktigt att ta i beaktning att besättningsstorlek, övriga fodermedel och utfodringssystem kan skilja sig mellan där försöken genomförts och hur det är på svenska mjölkgårdar. Rödalger kan beroende på olika aspekter vara mer eller mindre lämpade till mjölkkor jämfört med andra idisslare. Dels förenklas utfodring av att mjölkkor ofta utfodras året om vilket gör att det går att blanda med grovfoder hela året. Mjölkcor som dessutom får relativt höga givor kraftfoder under hela laktationen kan även ges rödalger blandade med olja och kraftfoder. Dock finns det en risk för att bromoform övergår till mjölken vid utfodring av mjölkcor (Krizsan et al., 2023), något som inte varit över gränsvärdet men ändå bör studeras över tid.

Att odla rödalger på land för att förse lantbrukare med ett fodermedel eller fodertillskott som har en konstant koncentration av bromoform är något som för närvarande enbart sker för försök och i liten utsträckning. Enligt Demeter & Tydinger⁹ planerar det svenska företaget Volta Greentech dock för utökning med en storskalig fabrik för att kunna förse 5 000–10 000 kor per år med rödalger. En mängd som i nuläget och med aktuell inblandningsnivå enbart skulle förse en liten del av de ca 1 449 000 nötkreatur, varav 300 000 mjölkcor, som finns i Sverige (Jordbruksverket, 2022). En genomsnittlig mjölkko äter ca 17,4 kg ts per dag (Bertilsson, 2016). Med en inblandningsnivå på 0,5 % av totalt kg ts skulle det innebära att det går åt ca 32 kg ts rödalger per mjölkko och år, vilket för enbart alla svenska mjölkcor skulle innebära 9 600 ton torkade alger per år. Även om enbart 40 % av svenska mjölkgårdar har möjlighet att blanda rödalger i fodret skulle en mycket mer storskalig produktion krävas om algerna ska vara odlade på land. Odling utomhus av landbaserade rödalger i Sverige har dessutom begränsningen att det enbart kan odlas från april till september. Detta kräver en lösning på rationell

⁹ Angelo Demeter, Co-Founder och Chief Product Officer, och Hanna Tydinger, product manager, Volta Greentech, samtal 28 mars 2023

och hållbar förvaring under resterande del av året, alternativt produktion inomhus. Dessutom är det relativt få försök baserade på rödalger som odlats på land, de försök som gjorts har enbart varit på växande ungnöt. Eftersom de odlade rödalger innehåller en mindre andel oorganiskt material, till exempel jod (Wasson et al., 2022), bidrar de med stor sannolikhet till en annan påverkan på metanproduktionen. Detta för att mängden rödalger som kan blandas i fodret kommer begränsas av den höga halten jod. För att utvärdera dess effekt skulle fler in vivo försök behövas på alger som inte skördats i havet då de eventuellt har en konstant hög koncentration av aktiv substans. Ifall det istället skulle användas rödalger skördade i havet blir transport av dessa, både ur ett ekonomiskt perspektiv och med hänsyn till bromoformkoncentrationen som kan minska vid värme och luftexponering, något att ta i beaktning. De flesta försök har utgått från alger skördade i Portugal vilket gör transport till Sverige relativt kort men ändå betydande. För att kunna tillhandahålla rödalger till lantbrukare krävs även att svenska foderföretag har ett rationellt sätt att förvara och transportera dessa.

3.1.1 Slutsats

Rödalger öppnar på många sätt upp för att kunna producera livsmedel från mjölkkor med minskade metanutsläpp. För att i praktiken kunna göra detta krävs det att system i hela kedjan från produktion till inbladning på gård utvecklas. Det innefattar produktionen, oavsett om den är havsbaserad eller landbaserad, hantering efter skörd, transport, lagring och tekniken för att utfodra på gård. Men även de ekonomiska incitamenten för att lantbrukare ska tillämpa detta med hänsyn på både produktionsbortfall och kostnad vid inköp måste lösas. Att blanda rödalger med olja för att sedan kunna utfodra med kraftfoder är en lösning som öppnar upp för att kunna använda rödalger som metanhämmare oavsett system för grovfoderblandare. Då en minskning i bromoformkoncentration inte sker vid inblandning med olja, samt att förvaringen förenklas, kan göra det systemet till en bättre lösning än att använda sig av frystorkade rödalger. Dock skulle fler försök som utvärderar eventuella lösningar i alla led krävas innan rödalger är fullt tillämbart på svenska mjölkgårdar.

Referenser

- Alvarez-Hess, P.S., Jacobs, J.L., Kinley, R.D., Roque, B.M., Neachtain, A.S.O., Chandra, S. & Williams, S.R.O. (2023). Twice daily feeding of canola oil steeped with *Asparagopsis armata* reduced methane emissions of lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 297, 115579.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115579>
- Beauchemin, K.A., Ungerfeld, E.M., Abdalla, A.L., Alvarez, C., Arndt, C., Becquet, P., Benchaar, C., Berndt, A., Mauricio, R.M., McAllister, T.A., Oyhantçabal, W., Salami, S.A., Shalloo, L., Sun, Y., Tricarico, J., Uwizeye, A., De Camillis, C., Bernoux, M., Robinson, T. & Kebreab, E. (2022). Invited review: Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science*, 105 (12), 9297–9326.
<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>
- Bertilsson, J. (2016). Updating Swedish emission factors for cattle to be used for calculation of greenhouse gases. (292). Uppsala: Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet.
<https://res.slu.se/id/publ/76286>
- European Feed Safety Authority (u.å.). Feed additives.
<https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/feed-additives#efsa's-role> [2023-04-17]
- Europeiska kommissionen (u.å.) Search feed additives. <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/feed-additives/search> [2023-04-18]
- Gerber, P.J., Hristov, A.N., Henderson, B., Makkar, H., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A.T., Yang, W.Z., Tricarico, J.M., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. & Oosting, S. (2013). Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal*, 7, 220–234.
<https://doi.org/10.1017/S1751731113000876>
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Fouts, J.Q., Honan, M.C., Roque, B.M., Tricarico, J.M. & Kebreab, E. (2022). Enteric methane mitigation interventions. *Translational Animal Science*, 6 (2), txac041.
<https://doi.org/10.1093/tas/txac041>

- Glasson, C.R.K., Kinley, R.D., de Nys, R., King, N., Adams, S.L., Packer, M.A., Svenson, J., Eason, C.T. & Magnusson, M. (2022). Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed *Asparagopsis* in feed for the reduction of methane production from ruminants. *Algal Research*, 64, 102673. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102673>
- International Energy Agency (2023). Methane and climate change. <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/methane-and-climate-change> [2023-04-17]
- Janssen, P.H. (2010). Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Animal Feed Science and Technology*, 160 (1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.07.002>
- Jardstedt, M & Holmström, K. (2021). Rödalger som metanreducerande fodertillskott till nötkreatur. (52). Skara: Sveriges Lantbruksuniversitet. <https://res.slu.se/id/publ/110849>
- Jordbruksverket (2022). Lantbrukets djur i juni 2022. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2022-10-14-lantbrukets-djur-i-juni-2022> [2023-05-05]
- Jordbruksverket (2023). Fascinerande fakta om mjölkkor, mjölkföretag och mjölkproduktion de senaste 40 åren. <https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2023/02/01/fascinerande-fakta-om-mjolkkor-mjolkforetag-och-mjolproduktion-de-senaste-40-aren-2/> [2023-04-17]
- 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>
- Krizsan, S.J., Ramin, M., Chagas, J.C.C., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Singh, A., Schnürer, A. & Danielsson, R. (2023). Effects on rumen microbiome and milk quality of dairy cows fed a grass silage-based diet supplemented with the macroalga *Asparagopsis taxiformis*. *Frontiers in Animal Science*, 4, 1112969. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1112969>
- Machado, L., Magnusson, M., Paul, N.A., Kinley, R., de Nys, R. & Tomkins, N. (2016). Dose-response effects of *Asparagopsis taxiformis* and *Oedogonium* sp. on in vitro fermentation and methane production. *Journal of Applied Phycology*, 28 (2), 1443–1452. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0639-9>
- Magnusson, M., Vucko, M.J., Neoh, T.L. & de Nys, R. (2020). Using oil immersion to deliver a naturally-derived, stable bromoform product from the red seaweed *Asparagopsis taxiformis*. *Algal Research*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102065>
- 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 (3), 584. <https://doi.org/10.3390/foods10030584>

- Passetti, R. A.C., and Hegarty, R. S. (2022). “An assessment of industry preparedness for methane-lowering feed additives tract,” in 8th Annual Global Greenhouse Gas & Animal Agriculture Conference. 225.
- Phillips, C.J.C. (2018). *Principles of Cattle Production*. 3 uppl., Oxfordshire: CABI.
- 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.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>
- Roque, B.M., Venegas, M., Kinley, R.D., Nys, R. de, Duarte, T.L., Yang, X. & Kebreab, E. (2021). Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. *PLOS ONE*, 16 (3), e0247820.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247820>
- Stefenoni, H.A., Räisänen, S.E., Cueva, S.F., Wasson, D.E., Lage, C.F.A., Melgar, A., Fetter, M.E., Smith, P., Hennessy, M., Vecchiarelli, B., Bender, J., Pitta, D., Cantrell, C.L., Yarish, C. & Hristov, A.N. (2021). Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104 (4), 4157–4173. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19686>
- Tan, S., Harris, J., Roque, B.M., Askew, S. & Kinley, R.D. (2023). Shelf-life stability of *Asparagopsis bromoform* in oil and freeze-dried powder. *Journal of Applied Phycology*, 35 (1), 291–299. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02876-y>
- UNEP (2021). Methane emissions are driving climate change. Here’s how to reduce them. <http://www.unep.org/news-and-stories/story/methane-emissions-aredriving-climate-change-heres-how-reduce-them> [2023-05-31]
- US Environmental protection agency 1987
https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0214_summary.pdf [2023-04-21]
- Vijn, S., Compart, D.P., Dutta, N., Foukis, A., Hess, M., Hristov, A.N., Kalscheur, K.F., Kebreab, E., Nuzhdin, S.V., Price, N.N., Sun, Y., Tricarico, J.M., Turzillo, A., Weisbjerg, M.R., Yarish, C. & Kurt, T.D. (2020). Key Considerations for the Use of Seaweed to Reduce Enteric Methane Emissions From Cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 7.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.597430> [2023-04-03]
- Vucko, M.J., Magnusson, M., Kinley, R.D., Villart, C. & de Nys, R. (2017). The effects of processing on the in vitro antimethanogenic capacity and concentration of secondary metabolites of *Asparagopsis taxiformis*. *Journal of Applied Phycology*, 29 (3), 1577–1586. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1004-3>
- Wasson, D.E., Yarish, C. & Hristov, A.N. (2022). Enteric methane mitigation through *Asparagopsis taxiformis* supplementation and potential algal alternatives. *Frontiers in Animal Science*, 3.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fanim.2022.999338> [2023-03-30]
- Wiktorsson, H. 1988. Nya rekommendationer för utfodring av fett till mjölkkor. Svensk husdjursskötsel meddelande nr 152. Från utfodringskonferens mars 1987, Eskilstuna

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.