

Extruderat vallensilage för ökat kraftfoderintag och mjölkproduktion

Thomas Prade, Bengt Ove Rustas, Torsten Eriksson

Bakgrund

Grovfoder representerar den vikt­mässigt största andelen av fodret till svenska mjölk­kor, med vall som största gröda. Eftersom det finns begränsningar för hur mycket en ko kan äta kan grovfoder inte vara den enda energikällan för en högavkastande mjölkko. Kraftfoder behövs för att fylla kons behov av energi och protein, och i Sverige är spannmål det mest använda kraftfodermedlet.

Förutom konflikten med att använda potentiellt livsmedel som foder finns det också en begränsning i hur stora mängder spannmål som kan utfodras genom att ett högt stärkelseintag kan leda till snabb förjäsning och därmed lågt pH i våmmen. Om det vore möjligt att öka intaget av grovfoder skulle en större del av kons försörjning med energi och protein kunna komma därifrån. Det skulle då även minska behovet av proteinkraftfoder, som oftast utfodras utöver spannmål.

Protein i ensilerat grovfoder är till stor del lösligt och omsätts snabbt av mikroorganismerna i våmmen varvid mikrobprotein byggs upp som kon utnyttjar. Det är därför bara en liten del av foderprotein­et som ograverat leds vidare till tarmen där det kan tas upp. Den del av proteinet som inte utnyttjas av mikroberna tas upp av kon som ammoniak och utsöndras som urea vilket leder till en potentiellt högre miljöbelastning. En snabbare passage genom våmmen kan minska dessa förluster (Rode m. fl. 1985) och kan öka



Figur 1. Bioextrudern som har används för att förbehandla vallfodret i djurförsöket. Fotograf Thomas Prade.

mängden växtprotein som blir tillgänglig för kon.

Utflo­det från våmmen till övriga magar frigör utrymme och passage­hastigheten har därför en direkt inverkan på foderkonsumtionen. Eftersom det är partikelstorleken som styr hur snabbt fodret förs vidare i magtarmkanalen, kan en snabbare passage genom våmmen – och därmed ett högre intag av grovfoder – åstadkommas genom att grovfodrets partikelstorlek reduceras. I kon sker det genom tuggning och idissling. Högre passage­hastighet genom våmmen leder oftast till sänkt smältbarhet eftersom tiden för nedbrytning i våmmen blir kortare. För att nettotillförseln av energi skall öka krävs att smältbarhetssänkningen är begränsad så att den totala mängden smält foder/dag ökar, även om smält andel av konsumerat foder är något mindre.

Fodrets nedbrytnings­hastighet påverkas av dess kemiska sammansättning, men även av hur mycket

av dess yta som exponeras för mikroorganismerna i våmmen. Exponering förstärks av tuggning, men kan även förstärkas av att fodret processas genom för­behandling. Genom att finfördela fodret skulle nedbrytnings­hastigheten därför kunna öka vilket skulle kunna motverka risken för minskad nedbrytning pga ökad passage­hastighet.

Förbehandling av foder för att reducera partikelstorleken har funnits länge. Hackning av fodret till en längd på 10-20 mm är vanligt vid produktion av ensilage. En redu­cering av partikelstorleken i den storleksordningen minskar ät- och tuggtiden, men påverkar inte foderintaget hos nötkreatur (Rustas m. fl. 2010, Spörndly m. fl. 2012). En förklaring till denna effekt kan vara att kon, genom idissling, reducerar foderpartilarna i samma omfattning som hackningen gör (Bailey m. fl. 1990). För att uppnå en snabbare passage av våmmen behövs därför ännu mindre partikelstorlek. Tidigare studier har

visat på ett ökat foderintag, med 0,5 kg torrsbstans per dag, för foder med en genomsnittlig partikelstorlek på 6,7-10 mm (Nasrollahi m. fl. 2015, Nasrollahi m. fl. 2016).

För att nå mindre partikelstorlek i foder behövs andra processer än hackning. Sedan 1950-talet har pelletering används för att öka foderkonsumtionen av hö. För dagens ensilagefoder behövs en teknik som kan hantera högre fukthalter i fodret. Extrudering används t ex för förbehandling av gräs som substrat till biogas-anläggningar (Rodriguez m. fl. 2017). Extrudering är en process där skruvar blandar och skär materialet, vilket resulterar i en minskad partikelstorlek. Fibrer bryts ner och dekrystalliserar, vilket ökar tillgängligheten för bakterier och enzymer och detta leder därmed till en ökad effektivitet (Hjorth m. fl. 2011). Mot bakgrund av dessa erfarenheter bör en del kraftfoder kunna ersättas med förbehandlat grovfoder utan att påverka mjölkproduktionen negativt, snarare tvärt om.

En ökad grovfoderkonsumtion enligt ovan, skulle dock leda till att större mängder gödsel behöver hanteras. Dessutom skulle en lägre smältbarhet, på grund av den snabbare passagen genom våmmen, som förväntas med förbehandlingen av fodret leda till produktion av gödsel med en högre metanpotential. Detta kan leda till en potentiellt högre miljö- och klimatbelastning, men kan också ses som en möjlighet till en mer lönsam biogasprocess. Utnyttjandet av vallgrödan bör ses ur ett helhetsperspektiv, där en större eller mindre del av den organiska substansen utnyttjas av kon respektive för biogasproduktion.

I en parallell studie, finansierad av Lantmännen, har undersökts vilka effekter extrudering av vallensilage har på foderintag och produktion hos lakterande mjölkkor. I denna studie har påverkan av extruderat foder på gödselns metanpotential studerats. Frågan som undersöktes var om extrudering av grovfodret kan leda till en gödsel med högre metanpotential.

Material och metod

Vallensilage

Som foder i försöket användes första skörden av en gräsdominerad vall (70 % timotej, 26 % ängs-svingel, 3 % rödklöver och 1 % oidentifierade växter) som skördades den 13 juni 2019 (tidig skörd) och den 23 juni 2019 (sen skörd) nära Uppsala (58°83' N, 17°82' E). Vallens förtorkades i fält (45 % torrsbstans (ts) för den tidiga skörden och till 50 % ts för den sena skörden), balades i rundbalar och plastades för ensilering.

Extrudering

Inför utfodringen, hackades balarna i en foderblandare (SILOKING TrailedLine Classic Premium 14, Kverneland, Klepp, Norge). En del av det hackade ensilaget processades i en extruder (MSZ-B15e, Lehmann, Tyskland, Figur 1) med 50% av maximal rotations-hastighet, där skruvar skär materialet under tryck för att minska partikelstorleken ytterligare och öppna upp cell-strukturen.

Utfodringsförsök

Åtta mjölkkor (SRB) användes i ett utfodringsförsök med 2x2 faktoriell design, där alla kor omväxlande fick fyra olika foderstater (behandlings) under fyra försöksperioder. Varje period var tre veckor lång och under den tredje veckan gjordes data- och provinsamlingar. Foderstaterna utgjordes av tidigt eller sent skördat vallensilage som antingen utfodrades hackat eller extruderat, i fri tillgång. Ensilaget kompletterades med en konstant mängd kraftfoder bestående av ett färdigfoder (Komplett Norm 180, Lantmännen), sojamjöl och mineralerfoder.

Provtagning

Träckprover (2,5 dl) samlades in från varje ko morgon och kväll i 5 dagar under uppsamlingsveckan i varje försöksperiod. Proverna, som frystes in (-20°C) efter varje insamlingstillfälle, tinades senare upp och slogs samman till ett prov per ko och försöksperiod.

Metanpotentialen av gödseln från försöksdjuren testades med hjälp av fyra AMPTS II system (BPC Industries, Lund). Analyserna är genomförda av AMB-gruppen (Anaerobic Microbiology and Biotechnology) vid Institutionen för Molekylära Vetenskaper på Sveriges lantbruksuniversitet, SLU Uppsala. Frysta träckprover tinades inför invägning för analysen. Därefter har proverna förvarats vid 2°C. Analysen av torrsbstanshalten (ts) och halt av organiska beståndsdelar (VS) är gjord enligt standardmetod (APHA, 2540B respektive 2540D). Kort beskrivet värms det våta provet upp till 105°C i 8 timmar för att erhålla torrvikten (TS), därefter förbränns provet i 550 °C i 5 timmar för att erhålla ask-vikten (TFS). Den organiska fraktionen (VS) erhålls vidare genom differensen mellan torrfraktion och ask-fraktion. Det är motsvarande metoder som använts i foderanalyserna under utfodringsförsöket där gödseln producerades.

Ymp till metanpotentialanalysen hämtades färsk från Lövsta biogasläggningen och avgasades i 37 °C i 7 dagar innan försöket startades. Av vart och ett av de testade substraten vägdes in 1,2 g i enskilda reaktorer (500 mL). I varje AMPTS-system tillsattes en reaktor med endast ymp för att mäta ympens bakgrundsproduktion av metan, för att sedan kunna dra bort denna från de med träcksubstrat tillsatta försöken. Utöver detta sattes, till varje AMPTS-system, också en reaktor med ett kontrollsubstrat (cellulosa mediumfibrer, Sigma-Aldrich) för att bekräfta normal aktivitet hos ympen.

Analys

Metanpotentialdata analyserades för signifikanta skillnader i metanpotentialens storlek samt metanproduktionen över tid. Det senare gjordes med hjälp av regressions-analyser för de första 9 dagarna av försöket där kurvans lutning av metanproduktionshastigheten jämfördes i en två-vägs Anova. Försöken ansågs avslutade då den

Tabell 1. Analysvärden för de fyra fodertyper (behandlingar) som korna utfodrades med i försöket

Skörd	Behandling	ts-hal % av vv	aska	Råprotein g/kg ts	NDF	VOS %	OMD %	ME MJ/kg ts
Tidigt	Kontroll	45,8	8,0	12,5	54,8	79,9	69,9	10,0
Tidigt	Extruderat	47,7	8,0	12,4	54,9	80,1	70,1	10,0
Sent	Kontroll	50,5	7,1	10,6	55,1	71,3	62,2	8,8
Sent	Extruderat	52,4	6,9	10,5	55,2	72,2	63,0	9,0

vv=våtvikt; NDF=neutral detergent fiber, VOS=vomvätskelöslig organisk substans; OMD=organiska substansens smältbarhet; ME=omsättbar energi

dagliga metanproduktionen, under tre på varandra följande dagar, understeg 1 % av den ackumulerade metanvolymen.

Resultat och diskussion

Projektet har genomförts i en kontext av andra projektdelar som har undersökt in vitro smältbarheten av extruderat material (Elgemark 2019) och hur foderintaget in vivo smältbarhet och produktion hos mjölkkor förändras om fodret behandlats genom extrudering (Rustas m. fl. 2021).

Vallensilage

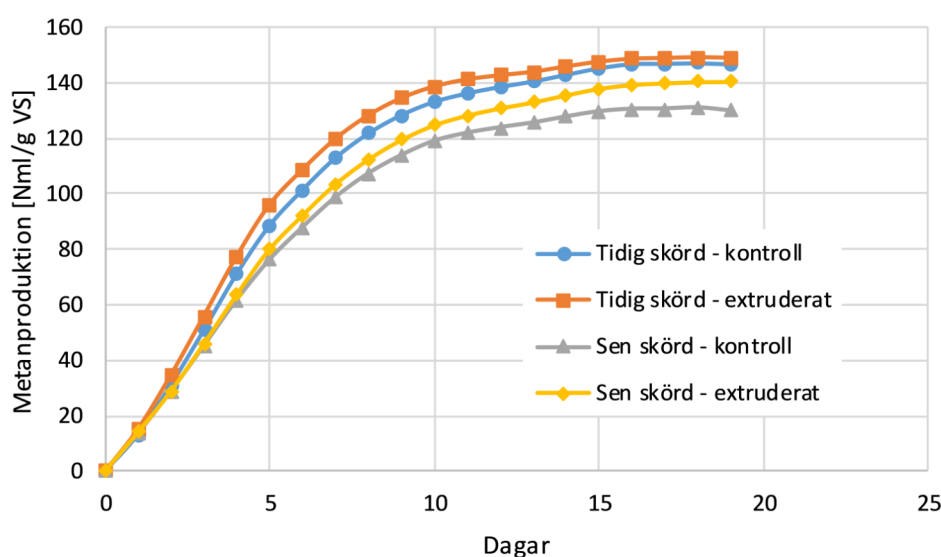
Som förväntat visade den tidigt skördade vallen en högre ask- och

råproteinhalt samt ett högre omsättbart energiinnehåll (Tabell 1). Extruderingen ökade ts-halten något, men påverkade de andra analysresultaten bara marginellt.

Smältbarhet och foderintag

Elgemark (2019) visade i ett labbförsök att extrudering av timotej och rödklöver ledde till en snabbare och större gasproduktion vid in vitro-inkubering med vomvätska. Efter 72 timmars inkubering återfanns en mindre mängd fiber i jämförelse med kontrollen, vilket tyder på en högre smältbarhet. Djurstudien visade dock på sänkt smältbarhet vid extrudering (Rustas m. fl. 2021). I denna studie togs även proverna för

biogasanalysen. Studien fann ett högre torrsustansintag för extruderat vallensilage och där effekten på sent skördad vall var större än på tidigt skördad vall. Samma effekt hittades också för mjölkavkastningen, som ökade med 1,8 kg ECM/dag. Som förväntat minskade extruderingen ättiden (med 0,5 timmar per dygn) och idisslingstiden (med 2 timmar per dygn) (Rustas m. fl. 2021). Den större foderkonsumtion orsakades förmodligen av att fodret passerade snabbare genom vommen vilket i sin tur ledde till en minskning av den totala smältbarheten (med 2,3 %) (Rustas m. fl. 2021), vilket var en förväntad bieffekt av extruderingen.



Figur 2. Metanproduktion över tid för de fyra behandlingar. Metanproduktionen uttrycks i Nml/g VS vilket är den normaliserade gasvolymen (vid 0 °C och atmosfärisk tryck) som producerats för varje gram VS som rötats. Medelfelet var 11-17 Nml vid maximal metanproduktion.

Metanpotential

Metanbildningen i träck efter de fyra olika behandlingar (korna utfodrade med obehandlat eller extruderat vallensilage; tidigt eller sent skördat) visade ett liknande förlopp (Figur 2). Resultaten för metanbildningen som visas i Figur 2 representerar den ackumulerade metanproduktionen över tid. Metanproduktionen uttrycks här i NmL/g VS vilket är den normaliserade gasvolymen (vid 0 °C och 1 atm tryck) som producerats för varje gram organisk torrsubstans (VS) som rötats. Den totala metanproduktionen från ympen varierade mellan de olika AMPTS-systemen, från 65-159 NmL.

Enligt försöket redovisat i Rustas m. fl. (2021) är smältbarheten lägre för extruderat ensilage. Det stämmer överens med hypotesen att högre konsumtion, som leder till högre passagehastighet, ger sänkt smältbarhet. Med sänkt smältbarhet öljär att mer smältbart material finns kvar i träcken. Därför borde en effekt ses på biogaspotentialen.

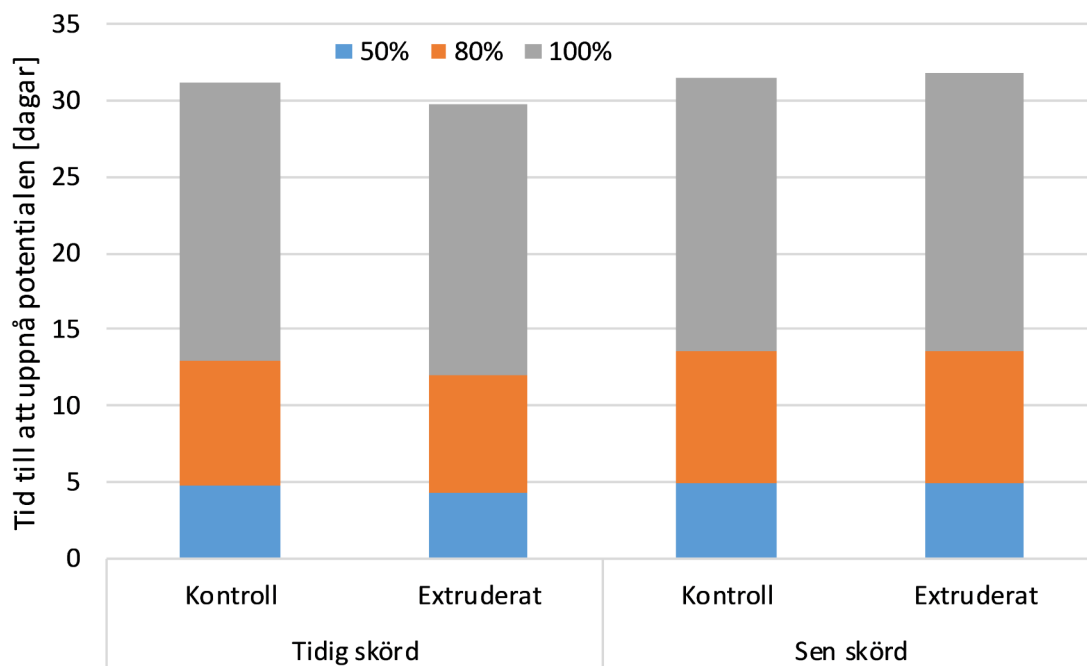
Det fanns dock ingen statistisk säkerställd skillnad i den maximala metanpotentialen mellan behandlingarna.

Snabbare metanproduktion

För en teknisk biogasprocess kan det även spela roll hur snabbt metanet bildas. En snabbare process kan betyda ett minskat behov för reaktorvolym, vilket medför en minskad investeringskostnad. Det fanns väldigt små skillnader mellan behandlingarna när det gäller den totala metanpotentialen och hastigheten i omsättningen. Den enda skillnaden som hittades var att tiden för att uppnå 50 % respektive 80% av metanpotentialen var 9 respektive 8 % kortare för tidigt skördat vall jämfört med metanpotentialen av sent skördat vall (Figur 3). En högre ligninhalt har tidigare visats påverka omsättningen i rötningsprocessen negativt (Triolo m. fl. 2011). Mekanisk förbehandling har visats ha stor effekt på metanpotentialen (Lindmark m. fl. 2012), och även tidigare försök med

extruder har lett till ökad metanavkastning (Odhner m. fl. 2015). Här kan en eventuell effekt maskeras av förändrat foderomsättning i mjölkorna.

I praktiken är en möjlig snabbare omsättning av gödsel för de första 50 % av metanpotentialen mindre relevant, då gödsel som substrat i biogasanläggningar oftast har ganska långa uppehållstider (Lindmark m. fl. 2012), i gårdsanläggningar runt 30 dagar för både mesofila och termofila processer (Berglund m. fl. 2015). Därmed hittade studien ingen speciell fördel med att behandla vallfoder med hjälp av extrudering för en senare användning av gödsel i en biogasanläggning. Dock har användbarheten av extrudering för ökat grovfoderintag i mjölkkor testats med framgång, bland annat med en ökad mjölkavkastning, och kan visa sig vara en metod för att t ex minska mängden kraftfoder som används i utfodringen.



Figur 3. Tid till att uppnå metanpotentialen för de fyra behandlingarna.

Slutsatser

Skulle extrudering användas för förbehandling av vallensilage, som i denna studie, så kan mängden träck som produceras öka på grund av det högre grovfoderintaget. Detta i sig kan vara en anledning att se över förutsättningarna för

lönsamheten av en biogasanläggning för att behandla gödseln vid en mjölkgård. En mer grundläggande kartläggning om effekter av extrudering på metanpotentialen skulle dock behövas för att bättre förstå under vilka förutsättningar extrudering av kornas vallensilage

kan leda till en fördel för gödselbehandlingen i en biogasanläggning. Helhetseffekterna, både ekonomiskt och miljömässigt, av att flytta delar av vallutnyttjandet från kon till biogasproduktion behöver då vara med.

Referenser

- Bailey, A. T., R. A. Erdman, L. W. Smith and B. K. Sharma (1990). "Particle size reduction during initial mastication of forages by dairy cattle." J Anim Sci **68**(7): 2084-2094.

- Berglund, M., S. Bergström Nilsson, A. Boij, A. Broberg, G. Hadders, S. Halldorf, D. Härsmar, L.-E. Jansson and H. Olsson (2015). Slutrapport - Utvärdering av biogasanläggningar på gårdsnivå. Stockholm, Hushållningssällskapens Förbund.

- Elgemark, E. (2019). Intensively processed silage using Bio-extruder – Effects on gas production and forage digestibility. Masters, Swedish University of Agricultural Sciences.

- Hjorth, M., K. Gränitz, A. P. S. Adamsen and H. B. Møller (2011). "Extrusion as a pretreatment to increase biogas production." Bioresource Technology **102**(8): 4989-4994.

- Lindmark, J., N. Leksell, A. Schnürer and E. Thorin (2012). "Effects of mechanical pretreatment on the biogas yield from ley crop silage." Applied Energy **97**: 498-502.

- Nasrollahi, S. M., M. Imani and Q. Zebeli (2015). "A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method

on feed intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows." Journal of Dairy Science **98**(12): 8926-8939.

- Nasrollahi, S. M., M. Imani and Q. Zebeli (2016). "A meta-analysis and meta-regression of the impact of particle size, level, source and preservation method of forages on chewing behavior and ruminal fermentation in dairy cows." Animal Feed Science and Technology **219**: 144-158.

- Odhner, P., S.-E. Svensson and T. Prade (2015). Extruder för ökad biogasproduktion – en praktisk utvärdering. LTV-fakultetens Faktablad. Alnarp, Sverige, Biosystem och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet: 4.

- Rode, L. M., D. C. Weakley and L. D. Satter (1985). "Effect of forage and amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial protein synthesis." Canadian Journal of Animal Science **65**(1): 101-111.

- Rodriguez, C., A. Alaswad, K. Y. Benyounis and A. G. Olabi (2017). "Pretreatment techniques used in biogas production from grass." Renewable and Sustainable Energy Reviews **68**: 1193-1204.

- Rustas, B. O., M. Managos and T. Eriksson (2021). "321 Extrusion of Grass Silage Increase Intake and Milk Yield in Dairy Cows." Journal of Animal Science **99**(Supplement_3): 176-177.

- Rustas, B. O., P. Nørgaard, A. R. Jalali and E. Nadeau (2010). "Effects of physical form and stage of maturity at harvest of whole-crop barley silage on intake, chewing activity, diet selection and faecal particle size of dairy steers." Animal **4**(1): 67-75.

- Spörndly, R. and T. Eriksson (2012). The influence of physical structure of silage on rumen metabolism, feed intake and milk production in dairy cows. The XVI International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland.

- Triolo, J. M., S. G. Sommer, H. B. Møller, M. R. Weisbjerg and X. Y. Jiang (2011). "A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: Influence of lignin concentration on methane production potential." Bioresource Technology **102**(20): 9395-9402.

- Faktabladet är utarbetat inom LTV-fakulteten och Institutionen för Biosystem och Teknologi, <https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/>
- Studien ingår som en mindre del i det Lantmännen-finansierade projektet "Milk production with extensively processes silage for increased forage intake and increase resource efficiency".
- Projektansvarig: Thomas Prade (thomas.prade@slu.se)