

Fodring af friske eller ensilerede sukkerroer til malkekøer

Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Af *D. W. Olijhoek, M. Lamminen, A. L. F. Hellwing, M. Larsen, M. R. Weisbjerg, K. E. Bach Knudsen, og P. Lund*

Institut for Husdyrvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG



Datablad

Titel:	Fodring af friske eller ensilerede sukkerroer til malkekøer
Forfatter(e):	Postdoc Dana W. Olijhoek, Post.doc Marjukka Lamminen, Akademisk medarbejder Anne-Louise Frydendahl Hellwing, Seniorforsker Mogens Larsen, Professor Martin Riis Weisbjerg, Professor Knud Erik Bach Knudsen og Professor Peter Lund, Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet
Fagfællebedømmelse:	Seniorrådgiver Christian Friis Børsting, Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Klaus Horsted, DCA Centerenheden, Aarhus Universitet
Rekvirent:	Fødevarestyrelsen
Dato for bestilling/levering:	10.02.2017 / 06.07.2021
Journalnummer:	2019-760-001135
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. 21-H3-03-01 "Ydelsesaftale Husdyrproduktion 2021-2024".
Kommentarer til besvarelse:	Notatet præsenterer resultater, som ved notatets udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Olijhoek, D. W., Lamminen, M., Hellwing, A. L. F., Larsen, M., Weisbjerg, M. R., Bach Knudsen, K. E. og Lund, P., 2021. Fodring af friske eller ensilerede sukkerroer til malkekøer. 23 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 06.07.2021.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Introduktion

Sukkerroer er et traditionelt foder til kvæg i Danmark, og dyrkning af sukkerroer giver ofte et højere udbytte pr. hektar end korn. Sukkerroer er traditionelt blevet opbevaret udendørs i overdækkede stakke og anvendt som kvægfoder i vinterhalvåret. En anden og ny opbevaringsmulighed er at ensilere roerne umiddelbart efter optagning, hvilket vil medføre at de kan anvendes som kvægfoder året rundt når ensileringsprocessen er afsluttet. Ensilering af sukkerroer er ikke velbeskrevet hverken i dansk eller international litteratur. Der har dog været enkelte forsøg med ensilering af sukkerroer (Hermansen, 1990) under danske forhold. Under ensileringsprocessen forgæres sukker til ethanol, hvilket medfører et tørstofstab, da der under ensileringsprocessen frigives CO₂ fra det forgærede sukker. Tilsætning af et syrebaseret ensileringsstofsætningsstof (f.eks. baseret på myresyre) sænker pH i ensilagen, således at sukker og andre næringsstoffer bevares, og indhold af ethanol holdes lavt (Hellwing et al., 2017). Under ensileringsprocessen er der desuden risiko for saftafløb fra det ensilerede materiale, hvilket vil medføre et næringsstoffstab. Derfor skal ensilering som udgangspunkt enten foregå i lukkede beholdere eller der skal ske en samensilering med andre fodermidler, der kan opsuge saften, f.eks. roepiller eller halm.

Sukker findes i store mængder i friske sukkerroer, hovedsageligt i form af sukrose. Sukrose nedbrydes hurtigt i koens vom som følge af mikrobiel fermentering. Den hurtige forgæring kan potentielt medføre en lav pH-værdi i vommen, hvilket kan påvirke vommens funktion og dyrets sundhed negativt, f.eks. som følge af øget risiko for vomacidose. Når næringsstoffer forgæres i vommen dannes der efterfølgende metan, som er en drivhusgas. Der er stor fokus på at reducere emission af metan og andre drivhusgasser fra landbruget og det er derfor vigtigt at evaluere udledningen af metan som følge af køernes omsætning af nye fodermidler eller nye fysiske og kemiske behandlinger af eksisterende fodermidler.

I tidligere undersøgelser har friske og ensilerede sukkerroer været anset for at være egnede alternativer til korn og majsensilage (Schmidt et al., 2001; Evans et al., 2016; Hellwing et al., 2017). Det kan derfor forventes, at ensilerede sukkerroer som et nyt fodermiddel kan erstatte majsensilage og/eller korn i malkekvægsrationer, og dermed medvirke til et lavere miljø- og klimaaftryk i marken, uden at øge den enterisk metanemission eller medføre uønskede virkninger på vomomsætning og køernes mælkeproduktion. Hovedformålet med forsøget var 1) at undersøge enterisk metanemission, forgæring i vommen og næringsstoffordøjelighed, når malkekøer fodres med rationer med et højt sukkerindhold (friske og ensilerede sukkerroer) og 2) at evaluere potentialet for reduktion af enterisk metan ved brug af ensilerede sukkerroer med forskellige næringsstofsammensætninger (sukker versus alkohol) opnået ved at anvende additiver under ensileringen.

Materiale og metode

Fire danske Holsteinkøer med vom- og tarmfistler blev anvendt i forsøget. Køerne blev opstaldet individuelt i en bindestald. Køerne var i gennemsnit 56 ± 22 dage efter kælvning og producerede

35,7 ± 10,9 kg mælk/dag i begyndelsen af forsøget. Forsøgsdesignet var et balanceret 4 × 4 romerkvadratforsøg med fire perioder af 21 dage. Kontrolrationen (**KON**) var baseret på kløvergræsensilage, majsensilage, byg og sojaskrå. En del af majsensilagen [67% af tørstof (TS)] blev erstattet med én af tre typer af sukkerroer (*Beta vulgaris* ssp. *Altissima* sort Eloquenta KWS, KWS Scandinavia A/S, Vejle, Danmark; roer uden toppe), friske (**SBF**), ensilerede med ensileringsmiddel (**SBA+**) og ensileret uden ensileringsmiddel (**SBA-**) (Tabel 1).

Sukkerroerne kom fra det samme parti (høstet den 22. november 2018; GrønGas, Vrå, Danmark), og blev rengjort mekanisk for at fjerne løs jord. Sukkerroer til behandling SBF blev opbevaret i 125 dage på betongulv dækket med halm og plastik. De øvrige sukkerroer blev vasket, knust i Haybuster og fyldt i 1000-L beholdere og der blev tilsat ensileringsmiddel til behandling SBA+ den 22. november 2018, ca. 4 måneder før forsøgsstart. Som ensileringsmiddel til behandling SBA+ blev der brugt et kommercielt produkt baseret på en blanding af myresyre, propionsyre, benzoesyre og ammoniumprobionat (Blå Krimpersile 2000, Bulldog Agri ApS, Randers, Danmark). Der blev tilsat 7,6 liter ensileringsmiddel/ton sukkerroer.

Den kemiske sammensætning af sukkerroerne er vist i Tabel 2. Alt foder til hele forsøget blev blandet som total mixed ration (TMR) ca. en måned inden forsøgsstart. Friske sukkerroer blev knust før blanding af foderet. Efterfølgende blev foderet opbevaret ved -18 °C for at undgå forskelle i foderrationer over tid, idet resultater fra Hellwing et al. (2017) viste, at selv efter mange måneders lagring vil der fortsat finde ændringer sted i ensilagens sammensætning, og der vil løbende være et tørstofftab i friske sukkerroer.

Foderrationer blev tildelt *ad libitum* til køerne. Der blev tildelt foder to gange dagligt, og resterne blev vejret tilbage en gang dagligt. Køerne blev malket to gange dagligt. Der blev tildelt markører (kromoxid og titandioxid) direkte i vommen to gange dagligt, så fordøjeligheden af næringsstoffer i de enkelte afsnit af mavetarmkanalen kunne kvantificeres. På dag 1 til 11 i hver forsøgsperiode blev køerne tilvænnet foderet. På dag 12 til 16 blev der taget prøver fra foder, vom, begyndelsen og slutning af tyndtarmen og fæces. Tørstoffindhold i den samlede foderration, majsensilage, friske sukkerroer og sukkerroe-ensilage blev korrigeret for tab af flygtige stoffer (ukorrigeret og korrigeret TS) ifølge Åkerlind et al. (2011). Tørstoffindhold, næringsstoffer og flygtige stoffer blev analyseret efter standard laboratoriepraksis. På dag 17 til 21 blev køernes udskillelse af metan, hydrogen og kuldioxid målt i respirationskamre. Metan emissionen blev beregnet som daglig emission (L/d), metan pr. kg tørstoffindtag (L/kg TS-indtag), metan pr. kg energi-korrigeret mælk (EKM) ydelse og som tab af energi i form af metan som andel af daglig optaget bruttoenergi (% af bruttoenergi indtag). Data blev analyseret ved brug af en statistisk model, hvor foderbehandling (KON, SBF, SBA+ og SBA-) og periode (periode 1-4) blev analyseret som faste effekter og ko (ko 1-4) blev analyseret som en tilfældig effekt.

Resultater

Tørstoffoptagelsen var mellem 20,3 og 22,0 kg/d og var ikke påvirket af behandling hverken i perioden hvor fordøjelighed blev målt eller mens køerne var i respirationskamre (Tabel 3). Optag af NDF og stivelse var højest for KON (henholdsvis P = 0,01 og 0,03) i forhold til behandlingerne

med sukkerroer, på grund af et højere NDF- og stivelsesindhold i majsensilage end i sukkerroer. Der var forskelle i sukkerindtaget mellem alle rationer med det højeste indtag på behandling SBA+ og laveste på KON ($P < 0,001$).

Den statiske model viste, at vommens pH var påvirket af behandlingerne ($P = 0,04$; Tabel 4; Figur 1a), men sammenligning af de individuelle behandlinger viste kun tendenser til en højere pH-værdi i vommen for KON og SBA- sammenlignet med SBA+ (henholdsvis $P = 0,08$ og $P = 0,06$; ikke vist i Tabel 4). Ammoniakkoncentration i vomvæsken blev påvirket af behandling ($P = 0,02$), idet ammoniakkoncentrationen var højere for KON end for SBA- (Figur 1b). Endvidere var L-mælkesyrekoncentrationen i vomvæske højere for SBA+ sammenlignet med KON og SBF, og var midt imellem for SBA- ($P = 0,03$; Tabel 4). Døgnkurver for koncentration af L-mælkesyre i vommen er forskellig mellem behandlinger ($P = 0,001$), således er der flere toppe hen over døgnet for behandlingerne med sukkerroer end for KON (Figur 1c). Den totale koncentration af flygtige fedtsyrer (VFA) i vomvæske (Figur 1d) og det molære forhold mellem individuelle VFA, f.eks. smørsyre (Figur 1e), varierede hen over døgnet. Den totale VFA-koncentration, molærforholdet af propionsyre, eddikesyre-til-propionsyre forhold (E:P-forhold) og eddikesyre-plus-smørsyre-til-propionsyre forhold [(E+S):P-forhold] blev ikke påvirket af behandlingerne. Andelen af eddikesyre var højest for KON og SBF sammenlignet med ensilerede sukkerroer ($P < 0,001$). For isosmørsyre og iso-valerinsyre var molærforholdet højere for KON i forhold til rationer som indeholdt sukkerroer ($P < 0,001$ for begge VFA). Den laveste molære andel af smørsyre (Figur 1e) og valerinsyre blev observeret for KON og den højeste andel blev observeret for SBA+ ($P = 0,001$ for begge VFA; Tabel 4). Den daglige mikrobielle proteinsyntese i vommen og den mikrobielle effektivitet (dvs. protein pr. kg sandt fordøjet organisk stof) var ikke påvirket af behandling.

Der var ikke effekt af behandling på flow af tørstof og næringsstoffer fra vommen til tyndtarmen, og der var kun små effekter på fordøjelighed (Tabel 3). For eksempel var fordøjeligheden af tørstof i tyktarmen højere for SBA+ og SBA- end for SBF ($P = 0,03$), mens den totale fordøjelighed af stivelse var højere for KON end SBF ($P = 0,04$). Det er vigtigt at bemærke, at der ikke var effekt af behandling på fordøjelighed af tørstof og næringsstoffer i vommen.

Den daglige metanproduktion var i gennemsnit 502 ± 21 L/d og var ikke påvirket af behandlingen (Tabel 5). Behandling SBA- havde lavere metan-energitab udtrykt som andel af bruttoenergioptag end SBF ($P = 0,05$). Der var kun en tendens til at metanemission pr. kg tørstofindtag var påvirket af behandling. Den laveste metanemission pr. kg tørstofindtag var for SBA- og den højeste for SBF ($P = 0,08$; Tabel 5). Udledningen af brint var højest for SBA+ og lavest for KON ($P = 0,01$), mens den var numerisk højere for SBF og SBA- end for KON. Metan- (Figur 1g) og brintproduktion pr. time (Figur 1h) varierede begge hen over døgnet ($P < 0,001$ for begge), og brintproduktionen for de 3 rationer baseret på sukkerroer var generelt højere end KON.

Mælkeydelse og laktoseindhold i mælk var højest for KON og lavest for SBA+ ($P = 0,04$ for mælkeydelse og $P = 0,03$ for laktoseprocent; Tabel 6), men der var kun en tendens til lavere EKM-ydelse ($P = 0,08$). Mælkens fedt- og proteinindhold og fodereffektivitet udtrykt i kg EKM pr. kg tørstofindtag var ikke påvirket af behandling.

Diskussion

Sammensætning af sukkerroer

Det korrigerede TS-indhold i sukkerroer ensileret med tilsætningsstof var højere end for sukkerroer ensileret uden tilsætningsstof. Det betyder, at tilsætning af ensileringsmiddel har haft en positiv effekt og begrænset forgæring af tørstof til flygtige stoffer under ensileringsprocessen. Man skal være opmærksom på at korrektionen af TS er en tilnærmet beregnet værdi, og dermed forbundet med en vis usikkerhed. Ensilerede sukkerroer uden tilsætningsstof medførte en mikrobiel omsætning af sukker til ethanol, L-mælkesyre og eddikesyre. Dette stemmer overens med tidligere forsøg (Gerlach et al., 2017; Hellwing et al., 2017; Weisbjerg et al., 2018). Imidlertid var indholdet af ethanol i foderrationer, især SBA-, overraskende lavt sammenlignet med forventningen baseret på indholdet af ethanol i sukkerroer ensileret uden brug af ensileringsmiddel. Det betyder, at en del af ethanolen er forsvundet enten da foderet blev produceret, under opbevaring af foderet i fryseren før udfodring eller indtil analyserne blev foretaget. Indholdet af næringsstoffer udover sukker (dvs. aske, råprotein, råfedt, NDF) er højere i roer uden ensileringsmiddel end roer med ensileringsmiddel. Som konsekvens af tabet af sukker under forgæring når roer er ensileret uden ensileringsmiddel, øges koncentrationen af de øvrige næringsstoffer udtrykt som andel af tørstof. I sukkerroensilagen uden ensileringsmiddel blev der fundet høje niveauer af mannitol, hvilket er i overensstemmelse med andre forsøg (Gerlach et al., 2017; Weisbjerg et al., 2018). Mannitol er en sukkeralkohol, som dannes ved forgæring af fruktose og er en indikator for graden af forgæring i sukkerroensilager. Sukkerroer har et højt indhold af let fordøjelige næringsstoffer, især sukkerarter, hvilket demonstreres ved at *in vitro* organisk stof nedbrydelighed er over 90%. De friske sukkerroer, der blev anvendt i denne undersøgelse, havde et sukkerindhold på 461 g/kg TS efter fire måneders opbevaring. Dirks et al. (2017) fandt at sukkerindholdet i friske sukkerroer varierede mellem 718 og 738 g/kg TS cirka to uger efter høst. Jaggard et al. (1997) har beregnet at sukkerindholdet i friske sukkerroer falder med 0,02% frisk stof per dag under opbevaring. Dette tab skyldes hovedsageligt tab af sukrose på grund af cellulær respiration. Hvis der regnes tilbage på baggrund af det forventede løbende tab af sukker under lagring vil det betyde, at det totale sukkerindhold ved høst var ca. 576 g/kg TS, hvilket er væsentlig lavere end fundet af Dirks et al. (2017). Askeindholdet i roerne var 210 g/kg TS, hvilket er højt. Det lave sukkerindhold skyldes således både det høje askeindhold og tabet af sukker under opbevaringen. Mogensen og Kristensen (2003) har tidligere fundet et højt askeindhold i foderroer og analyse af askens sammensætning indikerede, at det høje askeindhold i de friske sukkerroer primært skyldes forurening med jord som følge af utilstrækkelig mekanisk rengøring.

Foderoptagelse og mælkeproduktion

Når majsensilage blev delvist erstattet af sukkerroer, var køernes tørstofoptagelse upåvirket af behandlingen. Dette er i overensstemmelse med tidligere forsøg med sukkerroer (Schmidt et al., 2001; Evans et al., 2016), foderroer (Müller et al., 1994) og græssende køer suppleret med foderroer (Waghorn et al., 2019; Dalley et al., 2020; Pacheco et al., 2020; Fleming et al., 2021). Vores resultater stemmer imidlertid ikke overens med Jonker et al. (2017), der rapporterede en svag reduktion i tørstofindtag for græssende køer, der blev fodret med foderroer en gang dagligt. Hellwing et al. (2017) rapporterede en tendens til lavere total tørstofindtag på grund af et lavere

kraftfoderindtag i malkerobotten for rationer, som indeholdt ensilerede sukkerroer sammenlignet med kontrolrationen, der indeholdt majsensilage. Man kunne forvente en stigende foderoptagelse, når der udfodres foder rigt på sukker som følge af en mere velsmagende ration. Imidlertid kan et højt sukkerindtag påvirke vomforgæringen negativt og sænke pH-værdien, hvilket kan nedsætte foderoptagelse. Desuden kan rationernes smagbarhed og konsistens eventuelt have været påvirket negativt af frysning og efterfølgende optøning.

Den lavere mælkeydelse og det lavere indhold af laktose i mælken for sukkerroer i rationen SBA+ sammenlignet med KON understøttes af andre undersøgelser af sukkerroer (Hellwing et al., 2017) og foderroer (Müller et al., 1994; Schwarz et al., 1994; Dalley et al., 2020). I modsætning hertil blev der ikke rapporteret en lavere mælkeydelse ved delvis udskiftning af stivelsesrige rationer med sukkerroer (Schmidt et al., 2001; Evans et al., 2016), eller når græssende køer blev suppleret med foderroer (Jonker et al., 2017; Waghorn et al., 2019; Pacheco et al., 2020; Fleming et al., 2021). Forskellen mellem forsøgene kan skyldes, at der eventuelt er en effekt af hvilke fodermidler roerne erstatter i rationen.

Emission af metan og brint

Tabet af energi i form af metan som andel af optaget af bruttoenergi var lavere for SBA– end for SBF, og metanproduktionen pr. kg tørstofindtag tenderede til at være lavere for SBA– end for SBF. Dette stemmer overens med vores hypotese om, at den mikrobielle forgæring i vommen er begrænset for ensilerede sukkerroer uden ensileringsmiddel på grund af omdannelse af fermenterbart sukker til ikke-fermenterbart ethanol under ensilering. I andre undersøgelser var tabet af energi i form af metan udtrykt som andel af optaget af bruttoenergi lavere for friske foderroer end for kraftfoder (byg, majs, sojaskrå; Schwarz et al., 1994), og den daglige metanproduktion og metan pr. kg EKM var lavere for græssende køer suppleret med foderroer end for køer, der ikke fik foderroer (Jonker et al., 2017). Dette skyldtes imidlertid en lavere foderoptagelse, da metan pr. kg TS-indtag var upåvirket. En anden undersøgelse rapporterede øget tab af energi i form af metan-energi som andel af optaget af bruttoenergi, når der fodres med høje niveauer af foderroer i stedet for græsensilage og stivelsesrigt kraftfoder (Müller et al., 1994). Øget brintemission ved brug af rationer med sukkerroer indikerer betydelige ændringer i forgæringsmønsteret i vommen.

Vomforgæring og fordøjelighed

Når der anvendes rationer med et højt sukkerindhold, som det kan forventes ved fodring af sukkerroer, bør pH i vommen teoretisk falde på grund af hurtig forgæring af sukker til VFA og mælkesyre. Der er derfor en risiko for udvikling af subakut vomacidose, som er defineret ved at vommens pH er under 5,6 i 3 timer/d (Gozho et al., 2005) eller under 5,8 i 5,2 timer/d (Zebeli et al., 2008). Konsekvenser er reduktion af foderoptagelsen, mælkeydelse, mælkefedtprocent, øget risiko for laminitis og lavere fordøjelighed af fiber i vommen. I det aktuelle forsøg blev pH i vommen påvirket af fodringen med sukkerroer. Der blev således målt de laveste pH-værdier for SBA+, som er den ration med det højeste totale sukkerindhold. Minimum-pH var også numerisk lavest for denne behandling. Koncentrationen af L-mælkesyre i vomvæske blev kun svagt øget for SBA+ i forhold til KON. Imidlertid giver disse fund ikke dokumentation for forekomst af subakut

vomacidose. Dette understøttes af manglende behandlingseffekt på den samlede VFA-koncentration, tilsyneladende fordøjelighed i vommen af NDF, mikrobielt proteinsyntese og mikrobiel effektivitet.

En stigning i rationens indhold af sukker og faldende indhold af NDF og stivelse, når sukkerroer erstatter majsensilage, ændrede imidlertid forgæringsmønstret i vommen. Den molære andel af smørsyre var højest for SBA+ og var sandsynligvis relateret til det høje sukkerindhold i denne ration. Smørsyreandelen blev kun øget numerisk for SBF og SBA- i forhold til KON. En stigning i smørsyre er også observeret i andre undersøgelser af sukkerroer (Schmidt et al., 2001) og foderroer (Pacheco et al., 2020; Fleming et al., 2021). Den laveste andel af eddikesyre blev fundet for ensilerede sukkerroer sammenlignet med KON, hvilket stemmer overens med andre studier (Pacheco et al., 2020; Fleming et al., 2021). Dette afspejler sandsynligvis det lavere NDF-indtag for de rationer, der indeholdt sukker- eller foderroer. Isovalerinsyre og isosmørsyre var lavere ved fodring af sukkerroer i forhold til majsensilage, og det stemmer overens med forsøg med foderroer (Fleming et al., 2020; Pacheco et al., 2020). Isovalerinsyre og isosmørsyre produceres ved mikrobiel deaminering af forgrenede aminosyrer og er derved knyttet til proteinnedbrydning i vommen. For eksempel fermenteres aminosyrerne valin og leucin til henholdsvis isosmørsyre og isovalerinsyre. Indhold af disse aminosyrer var lavere i sukkerroer end i majsensilage og koncentration af ammoniak i vommen var lavere for SBA- end for KON og numerisk lavere for de andre sukkerroer i forhold til KON. Der er også rapporteret om nedsatte ammoniakkoncentrationer i vommen i andre undersøgelser af sukkerroer (Schmidt et al., 2001) og foderroer (Pacheco et al., 2020; Fleming et al., 2021).

Konklusion

Delvis udskiftning af majsensilage med 3 forskellige typer af sukkerroer påvirkede ikke foderoptagelse og fordøjelighed af næringsstoffer i forskellige dele af fordøjelseskanalen, og der blev ikke observeret tegn på vomacidose. Fodring af ensilerede sukkerroer med eller uden ensileringsmiddel ændrede vommens forgæring sammenlignet med fodring af majsensilage. Den laveste metanproduktion (udtrykt som procent af bruttoenergi i rationen) blev observeret for ensilerede sukkerroer uden tilsætningsstof, hvilket antyder at brug af dette nye fodermiddel kan være et virkemiddel til reduktion af enterisk metan. Det konkluderes at især friske sukkerroer og roer, der er ensileret uden ensileringsmiddel kan erstatte majsensilage i rationer til malkekøer uden negative effekter og kan reducere metanemission med 8%, når sukkerroer er ensileret uden brug af ensileringsmiddel. Dyrets omsætning og eventuelle udnyttelse af den ved ensilering dannede ethanol kræver yderligere undersøgelser.

Kildeliste

Åkerlind, M., M. R. Weisbjerg, T. Eriksson, R. Thøgersen, P. Udén, B. L. Ólafsson, O. M. Harstad, og H. Volden. 2011. Feed analyses and digestion methods. Pages 41–54 in NorFor—The Nordic

Feed Evaluation System. EAAP publication no. 130. H. Volden, ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Holland.

Dalley, D., D. Waugh, A. Griffin, C. Higham, J. de Ruiter, og B. Malcolm. 2020. Productivity and environmental implications of fodder beet and maize silage as supplements to pasture for late lactation dairy cows. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 63:145–164. <https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1675717>.

Dirks, S., D. Schaiper, W. Büscher, og P. Schulze Lammers. 2017. Konservierung von Zuckerrüben zur Substratversorgung von Biogasanlagen – Verlauf der Silierung und Verluste bei 12 Sorten. *Landtechnik* 72:61–75. <https://doi.org/10.15150/lt.2017.3154>. (tysk)

Evans, E., D. Bernhardson, og J. Lamont. 2016. Case Study: Effects of feeding fresh sugar beets to lactating dairy cows on milk production and milk composition. *Prof. Anim. Sci.* 32:253–258. <http://dx.doi.org/10.15232/pas.2015-01464>.

Fleming, A. E., K. Garrett, K. Froehlich, M. R. Beck, M. C. Mangwe, R. H. Bryant, G. Edwards, og P. Gregorini. 2021. Rumen function and grazing behavior of early-lactation dairy cows supplemented with fodder beet. *J. Dairy Sci.* 104:7696–7710. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19324>.

Gerlach, K., A. Reimink, U. Messerschmidt, og K.-H. Südekum. 2017. Ensiled sugar beets as dietary component and their effect on preference and dry matter intake by goats. *Arch. Anim. Nutr.* 71:297–310. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2017.1322795>.

Gozho, G. N., J. C. Plaizier, D. O. Krause, A. D. Kennedy, og K. M. Wittenberg. 2005. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *J. Dairy Sci.* 88:1399–1403. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72807-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72807-1).

Hellwing, A. L. F., U. Messerschmidt, M. Larsen, og M. R. Weisbjerg. 2017. Effects of feeding sugar beets, ensiled with or without an additive, on the performance of dairy cows. *Livest. Sci.* 206:37–44. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.007>.

Hermansen, J. E., 1990. Feed intake and milk yield using an ensiled mixture of whole crop beets and straw compared with traditionally stored beets for dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 31:231–237. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(90\)90127-T](https://doi.org/10.1016/0377-8401(90)90127-T).

Jaggard, K. W., C. J. A. Clark, M. J. May, S. McCullagh, og A. P. Draycott. 1997. Changes in the weight and quality of sugarbeet (*Beta vulgaris*) roots in storage clamps on farms. *J. Agric. Sci.* 129:287–301. <https://doi.org/10.1017/S0021859697004747>.

Jonker, A., D. Scobie, R. Dynes, G. Edwards, C. De Klein, H. Hague, R. McAuliffe, A. Taylor, T. Knight, og G. Waghorn. 2017. Feeding diets with fodder beet decreased methane emissions from

dry and lactating dairy cows in grazing systems. *Anim. Prod. Sci.* 57:1445–1450. <https://doi.org/10.1071/AN16441>.

Mogensen, L., og T. Kristensen. Concentrate mixture, grass pellets, fodder beets, or barley as supplements to silage ad libitum for high-yielding dairy cows on organic farms. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 53:186–196. <https://doi.org/10.1080/09064700310019073>.

Müller, H. L., F. Birkenmaier, F. J. Schwarz, og M. Kirchgessner. 1994. Energy utilization of fodder beets in lactating dairy cows. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd.* 71:234–246. (I tysk)

Pacheco, D., S. Muetzel, S. Lewis, D. Dalley, M. Bryant, og G. C. Waghorn. 2020. Rumen digesta and products of fermentation in cows fed varying proportions of fodder beet (*Beta vulgaris*) with fresh pasture or silage or straw. *Anim. Prod. Sci.* 60:524–534. <https://doi.org/10.1071/AN18002>.

Schmidt, S., H. Steingass, T. Jungbluth, og W. Drochner. 2001. Sugar beet mash silage as a component of a total-mixed-ration for dairy cows – effects on parameters of digestion and animal performance. *Arch. Anim. Nutr.* 54:47–59. <https://doi.org/10.1080/17450390109381965>.

Schwarz, F. J., F. Birkenmaier, H. L. Müller, og M. Kirchgessner. 1994. Energy utilisation of fodder beets and sugar in lactating dairy cows. Pages 167–170 in EAAP publication 76: Energy metabolism of farm animals. Wageningen pers, Wageningen, Holland.

Waghorn, G. C., N. Law, M. Bryant, D. Pacheco, og D. Dalley. 2019. Digestion and nitrogen excretion by Holstein–Friesian cows in late lactation offered ryegrass-based pasture supplemented with fodder beet. *Anim. Prod. Sci.* 59:1261–1270. <https://doi.org/10.1071/AN18018>.

Weisbjerg, M. R., U. Bedenk, A. L. F. Hellwing, M. Larsen, og E. Hilscher. 2018. Wet ensiling of sugar beets with or without ensiling additive. Proceedings of the XVIII International Silage Conference, University of Bonn, Bonn, Tyskland.

Zebeli, Q., J. Dijkstra, M. Tafaj, H. Steingass, B. N. Ametaj, og W. Drochner. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.* 91:2046–2066. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0572>.

Tabel 1. Fysik og kemisk sammensætning (g/kg TS ellers angivet) i rationerne [kontrol med majsensilage (KON), friske sukkerroer (SBF), ensilerede sukkerroer med ensileringsstofsætningsstof (SBA+) og ensilerede sukkerroer uden ensileringsmiddel (SBA–)]

	Behandling			
	KON	SBF	SBA+	SBA–
Ingredienser				
Friske sukkerroer		196		
Ensil. sukkerroer m/ensileringsmiddel ¹			196	
Ensil. sukkerroer u/ensileringsmiddel				196
Majsensilage	292	96	96	96
Kløvergræsensilage	251	251	251	251
Byg	292	292	292	292
Sojaskrå, afskallet	155	155	155	155
Mineralblanding	7.94	7.94	7.94	7.94
Kalk	2.09	2.09	2.09	2.09
Kemisk sammensætning				
Ukorrigeret tørstof (g/kg foder)	464	413	409	415
Korrigeret tørstof (g/kg foder)	470	417	415	421
Aske	55,0	73,0	52,1	54,2
Syreopløselig aske	2,03	24,0	5,45	6,22
Råprotein	193	186	185	187
Råfedt	32,2	24,8	24,3	26,9
Neutral detergent fiber (NDF)	274	229	217	221
Stivelse ²	265	205	202	229
Totalt sukker ³	43,0	135	183	83,0
Sukrose	1,82	15,5	24,2	2,06
Glukose	14,2	50,0	70,5	18,8
Fruktose	14,7	50,4	71,7	46,3
pH	4,50	4,64	4,48	4,51
Ammoniak	0,91	0,85	0,94	0,82
Mælkesyre (L-form)	71,2	53,0	47,4	59,4
Ethanol	2,82	2,08	3,10	4,71
2-Butanol	0,0075	0,0089	0,0086	0,0094
Ethyl acetat	0,048	0,028	0,036	0,077
Eddikesyre	13,2	12,5	12,5	15,5
Propionsyre	IP ⁴	IP ⁴	3,53	IP ⁴
Isovalerinsyre	0,055	0,12	0,061	0,059
Capronsyre	0,11	0,12	0,12	0,12
Bruttoenergi (MJ/kg tørstof) ⁵	19,1	18,6	19,0	19,0

¹Ensileringsstofsætningsstof indeholder 30-50% myresyre og 10-20% propionsyre (Blå Krimpersile 2000, Bulldog Agri ApS, Randers, Danmark).

²Beregnet stivelsesindhold baseret på analyseret stivelsesindhold af foderingredienser og ingrediensernes andel i rationen.

³Totalt sukker er summen af følgende individuelle sukkerarter: sukrose, glukose, fruktose, arabinose, galaktose, xylose, α -laktose, raffinose, stachyose, 1-kestose, verbaskose, maltose, nystose, maltotriose og 1.1.1-kestopentaose.

⁴Ikke påvist.

⁵Beregnet ifølge NorFor (Volden og Nielsen, 2011).

Table 2. Kemisk sammensætning (g/kg TS ellers angivet) af eksperimentelle fodermidler (g/kg korrigeret TS ellers angivet)

	Majsensilage	Friske sukkerroer	Ensilerede sukkerroer m/ensileringsmiddel ¹	Ensilerede sukkerroer u/ensileringsmiddel
Ukorrigeret tørstof (g/kg foder)	360	218	235	168
Korrigeret tørstof (g/kg foder)	370	219	239	202
Aske	31,8	192	43,8	81,3
Syreopløselig aske	U ²	155	16,3	31,9
Råprotein	78,1	60,7	61,6	101
Råfedt	40,1	6,01	U ³	6,03
Neutral detergent fiber (NDF)	355	104	85,7	224
Stivelse	323	4,11	4,37	16,4
Totalt sukker ⁴	6,38	461	689	159
Sukrose	0,24	292	320	6,02
Glukose	1,56	52,0	169	23,4
Fruktose	IP ⁵	59,2	174	85,5
D-(-)-Arabinose	IP ⁵	IP ⁵	IP ⁵	0,65
D-(+)-Galactose	0,73	IP ⁵	0,39	0,89
D-(+)-Xylose	1,56	IP ⁵	IP ⁵	IP ⁵
α -Laktose	2,29	IP ⁵	IP ⁵	IP ⁵
1-Kestose	IP ⁵	38,1	19,8	1,90
Verbaskose	IP ⁵	18,0	5,15	10,8
1.1-Kestotetraose (nystose)	IP ⁵	2,10	IP ⁵	1,87
Maltotriose	IP ⁵	IP ⁵	IP ⁵	9,39
1.1.1-Kestopentaose	IP ⁵	IP ⁵	IP ⁵	18,7
Mannitol	IA ⁶	2,65	3,33	85,5
Totale aminosyrer ⁷	53,6	31,8	32,1	53,7
Alanin	5,30	1,87	1,59	3,64
Arginin	1,50	1,63	1,26	2,31
Asparaginsyre	4,30	3,63	3,87	5,98
Cystein	0,82	0,47	0,40	0,77
Fenylalanin	2,58	1,16	1,02	2,04
Glutamat	9,16	6,73	8,37	10,94
Glycin	2,76	1,83	1,62	2,94
Histidin	1,31	1,11	0,97	1,82
Isoleucin	2,58	1,53	1,63	2,56
Leucin	6,47	2,21	2,22	3,69
Lysin	1,69	1,94	1,98	3,36
Methionin	1,17	0,47	0,51	0,84
Ornithin	0,36	U ⁸	U ⁸	0,072

Prolin	4,86	1,44	1,33	2,83
Serin	2,75	1,91	1,84	3,23
Threonin	2,34	1,68	1,46	2,81
Valin	3,64	2,12	2,02	3,82
Aminosyre:råprotein forhold	0,69	0,52	0,52	0,53
Aminosyre-N:N forhold	0,57	0,45	0,43	0,54
pH	3,73	6,68	3,96	4,07
Ammoniak	0,83	0,48	1,08	0,64
Mælkesyre (L-form)	99,3	0,27	1,17	29,8
Ethanol	4,57	0,94	0,26	145
2-Butanol	U ⁹	U ⁹	U ⁹	U ⁹
Ethyl acetat	0,071	U ⁹	U ⁹	1,67
Eddikesyre	17,2	14,3	13,6	29,9
Propionsyre	IP ⁵	IP ⁵	10,1	4,57
Isovalerinsyre	IP ⁵	IP ⁵	IP ⁵	IP ⁵
Capronsyre	0,13	IA ⁶	0,20	0,25
In vitro organisk stof fordøjelighed (%)	75,7	90,4	95,5	93,3

¹Ensileringsstofsætningsstof indeholder 30-50% myresyre og 10-20 % propionsyre (Blå Krimpersile 2000, Bulldog Agri ApS, Randers, Danmark).

²Under detektionsgrænse på 3.0 g/kg TS.

³Under detektionsgrænse på 4.0 g/kg TS.

⁴Totalt sukker er summen af følgende individuelle sukkerarter: sukrose, glukose, fruktose, arabinose, galaktose, xylose, α -laktose, 1-kestose, verbaskose, nystose, maltotriose og 1.1.1-kestopentaose.

⁵Ikke påvist.

⁶Ikke analyseret.

⁷Totale aminosyrer er summen af følgende individuelle aminosyrer: alanin, arginin, asparaginsyre, cystein, fenylalanin, glutamat, glycin, histidin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, ornithin, prolin, serin, threonin og valin.

⁸Under detektionsgrænse på 0.075 nmol/50 μ L.

⁹Under detektionsgrænse på 0.002 mmol/L.

Table 3. Optag, flow og fordøjelighed af næringsstoffer i vommen, tyndtarmen, tyktarmen og total hos malkekøer, der fodres med TMR, som indeholder majsensilage (KON), eller delvis erstatning af majsensilage med sukkerroer (SBF, SBA+ og SBA-)¹

	Behandling²				SEM	P-værdi behandling
	CON	SBF	SBA+	SBA-		
Tørstof						
Indtag under fordøjelighedsforsøget (kg/d)	20,4	21,1	20,3	21,5	1,46	0,40
Indtag i respirationskamre (kg/d)	20,6	21,5	21,0	22,0	1,59	0,44
Flow ud af vommen (kg/d)	13,3	13,5	13,1	14,6	1,09	0,42
Fordøjelighed i vommen (%)	34,5	36,1	35,5	32,1	1,69	0,31
Fordøjelighed i tyndtarmen (%)	56,7	56,5	56,8	59,0	1,94	0,65
Fordøjelighed i tyktarmen (%)	7,33 ^{a,b}	4,32 ^b	10,6 ^a	9,82 ^a	1,82	0,03
Totalt fordøjelighed (%)	74,5	73,4	75,1	75,0	0,70	0,31
Organisk stof						
Indtag (kg/d)	19,3	19,6	19,2	20,4	1,38	0,44
Flow ud af vommen (kg/d)	11,1	10,6	10,5	11,8	0,85	0,37
Fordøjelighed i vommen (%)	42,6	45,5	45,2	41,9	1,67	0,26
Fordøjelighed i tyndtarmen (%)	54,9	55,3	54,2	56,8	2,03	0,69
Fordøjelighed i tyktarmen (%)	2,70	2,24	6,51	5,40	1,65	0,08
Totalt fordøjelighed (%)	75,6	76,3	76,6	76,4	0,70	0,70
Råprotein						
Indtag (kg/d)	3,95	3,93	3,75	4,02	0,28	0,33
Flow ud af vommen (kg/d)	4,29	4,42	4,35	4,84	0,32	0,35
Fordøjelighed i vommen (%)	-9,22	-13,1	-16,5	-20,8	4,44	0,22
Fordøjelighed i tyndtarmen (%)	74,7	74,0	73,8	75,3	1,00	0,54
Fordøjelighed i tyktarmen (%)	2,56	-2,25	1,57	1,34	3,24	0,14
Totalt fordøjelighed (%)	73,8 ^a	70,1 ^a	70,0 ^a	70,7 ^a	1,23	0,04
Aminosyrer						
Flow ud af vommen (kg/d)	3,32	3,45	3,40	3,77	0,24	0,32
Flow af aminosyre-N ved ileum (kg/d)	0,46	0,48	0,47	0,53	0,034	0,30
Aminosyre-N:total N-flow ved ileum (%)	67,2	68,0	68,2	68,2	0,53	0,42
NDF						
Indtag (kg/d)	5,60 ^a	4,82 ^b	4,40 ^b	4,77 ^b	0,36	0,01
Flow ud af vommen (kg/d)	2,33	1,85	1,80	2,20	0,30	0,33

Fordøjelighed i vommen (%)	58,8	61,7	59,1	53,6	3,57	0,29
Fordøjelighed i tyndtarmen (%)	-5,58	-15,6	-12,7	1,04	11,6	0,57
Fordøjelighed i tyktarmen (%)	-0,32	6,81	6,56	4,18	2,41	0,23
Totalt fordøjelighed (%)	59,9	59,5	57,5	56,6	1,67	0,28
Stivelse						
Indtag (kg/d)	5,40 ^a	4,32 ^{b,c}	4,11 ^c	4,93 ^{a,b}	0,34	0,001
Flow ud af vommen (kg/d)	0,080	0,069	0,076	0,079	0,0080	0,18
Fordøjelighed i vommen (%)	98,5	98,4	98,1	98,4	0,20	0,08
Fordøjelighed i tyndtarmen (%)	86,9	77,1	80,5	79,5	2,92	0,19
Totalt fordøjelighed (%)	99,78 ^a	99,67 ^c	99,70 ^{b,c}	99,75 ^{a,b}	0,020	0,01
Sukker						
Indtag (kg/d)	0,88 ^d	2,85 ^b	3,72 ^a	1,78 ^c	0,19	<0,001

^{a,b,c,d} Forskellige behandlinger adskiller sig signifikant ved $P \leq 0,05$.

¹Data for vommen og fordøjeligheden i tarmene var baseret på 15 observationer; de udeladte data var for en ko, der modtog kontrol.

²Eksperimentelle rationer: KON = kontrol indeholdende majsensilage; SBF = friske sukkerroer; SBA+ = sukkerroer ensileret med ensileringsstofsætningsstof; SBA- = sukkerroer ensileret uden ensileringsstofsætningsstof.

Tabel 4. Forgæringsegenskaber i vommen hos malkekøer, der fodres med TMR, som indeholder majsensilage (KON), eller delvis erstatning af majsensilage med sukkerroer (SBF, SBA+ og SBA–)

Item	Behandling ¹				SEM	P-værdier		
	KON	SBF	SBA+	SBA–		Behandling	Tid	Behandling × tid
Vommens pH	6,26 ^a	6,21 ^a	6,13 ^a	6,27 ^a	0,10	0,04	<0,001	0,60
Minimum vom pH	5,91	5,79	5,60	5,76	0,12	0,08	-	-
Maksimal vom pH	6,60	6,64	6,53	6,70	0,10	0,09	-	-
Glukose (mmol/L)	1,08 ^a	1,05 ^a	1,36 ^a	1,39 ^a	0,09	0,01	0,09	0,67
Ammoniak (mmol/L)	6,40 ^a	4,98 ^{a,b}	4,74 ^{a,b}	3,89 ^b	0,66	0,02	<0,001	0,03
Mælkesyre (L-form) (mmol/L)	0,52 ^b	1,51 ^b	3,86 ^a	1,70 ^{a,b}	0,62	0,001	0,03	0,001
Total VFA ² (mmol/L)	127	125	123	125	3,93	0,66	<0,001	0,21
Eddikesyre (mol/100 mol)	56,6 ^a	55,7 ^a	53,0 ^b	53,2 ^b	1,59	<0,001	<0,001	0,71
Propionsyre (mol/100 mol)	25,5	23,4	23,0	25,0	1,56	0,36	0,78	0,54
Smørtsyre (mol/100 mol)	13,2 ^b	15,9 ^{a,b}	17,7 ^a	16,0 ^{a,b}	0,86	0,001	<0,001	0,75
Valerinsyre (mol/100 mol)	1,92 ^b	2,70 ^{a,b}	3,88 ^a	3,42 ^a	0,72	0,001	0,41	0,98
Isosmørtsyre (mol/100 mol)	0,83 ^a	0,60 ^b	0,53 ^b	0,57 ^b	0,028	<0,001	<0,001	0,80
Isovalerinsyre (mol/100 mol)	1,34 ^a	0,76 ^b	0,68 ^b	0,78 ^b	0,11	<0,001	0,01	0,98
Capronsyre (mol/100 mol)	0,57 ^b	0,98 ^a	1,14 ^a	1,04 ^a	0,08	<0,001	<0,001	0,67
E:P forhold ³	2,31	2,48	2,34	2,16	0,20	0,31	0,01	0,49
(E+S):P forhold ⁴	2,84	3,18	3,13	2,81	0,27	0,33	0,72	0,44
Mikrobiel proteinsyntese (kg/d)	1,57	1,78	1,78	1,84	0,13	0,31	-	-
Mikrobiel effektivitet (g mikrobielt protein/kg sandt fordøjet organisk stof)	146	148	150	156	6,09	0,51	-	-

^{a,b,c,d} Forskellige behandlinger adskiller sig signifikant ved $P \leq 0,05$.

¹ Eksperimentelle rationer: KON = kontrol indeholdende majsensilage; SBF = friske sukkerroer; SBA+ = sukkerroer ensileret med ensileringsstofsætningsstof; SBA– = sukkerroer ensileret uden ensileringsstofsætningsstof.

² Total VFA er summen af følgende individuelle VFA: eddikesyre, propionsyre, smørtsyre, valerinsyre, isosmørtsyre, isovalerinsyre og capronsyre.

³ Eddikesyre-til-propionsyre forhold.

⁴ Eddikesyre-plus-smørtsyre-til-propionsyre forhold.

Tabel 5. Gasudveksling hos malkekøer, der fodres med TMR, som indeholder majsensilage (KON), eller delvis erstatning af majsensilage med sukkerroer (SBF, SBA+ og SBA–)

	Behandling ¹				SEM	<i>P</i> -værdi behandling
	KON	SBF	SBA+	SBA–		
CH ₄ (L/d)	504	526	487	491	21,4	0,23
CH ₄ (L/kg TS-optag)	24,7	24,9	23,4	22,5	1,70	0,08
CH ₄ (L/kg EKM) ²	16,1	18,1	17,3	17,6	2,55	0,43
CH ₄ (% af bruttoenergi optag)	5,07 ^{a,b}	5,27 ^a	4,84 ^{a,b}	4,66 ^b	0,36	0,05
H ₂ (L/d)	3,92 ^b	19,2 ^{a,b}	37,5 ^a	22,8 ^{a,b}	4,00	0,01
CO ₂ (L/d)	7,043	7,129	7,306	7,552	439	0,13
O ₂ (L/d)	6,431	6,322	6,411	6,646	406	0,25
CH ₄ :CO ₂ -forhold	0,072 ^{a,b}	0,074 ^a	0,067 ^b	0,066 ^b	0,0047	0,01

^{a,b,c,d} Forskellige behandlinger adskiller sig signifikant ved $P \leq 0,05$.

¹Eksperimentelle rationer: KON = kontrol indeholdende majsensilage; SBF = friske sukkerroer; SBA+ = sukkerroer ensileret med ensileringsstofsætningsstof; SBA– = sukkerroer ensileret uden ensileringsstofsætningsstof.

²EKM = energi-korrigeret mælk.

Table 6. Mælkeydelse og sammensætning hos malkekøer, der fodres med TMR, som indeholder majsensilage (CON), eller delvis erstatning af majsensilage med sukkerroer (SBF, SBA+ og SBA-)

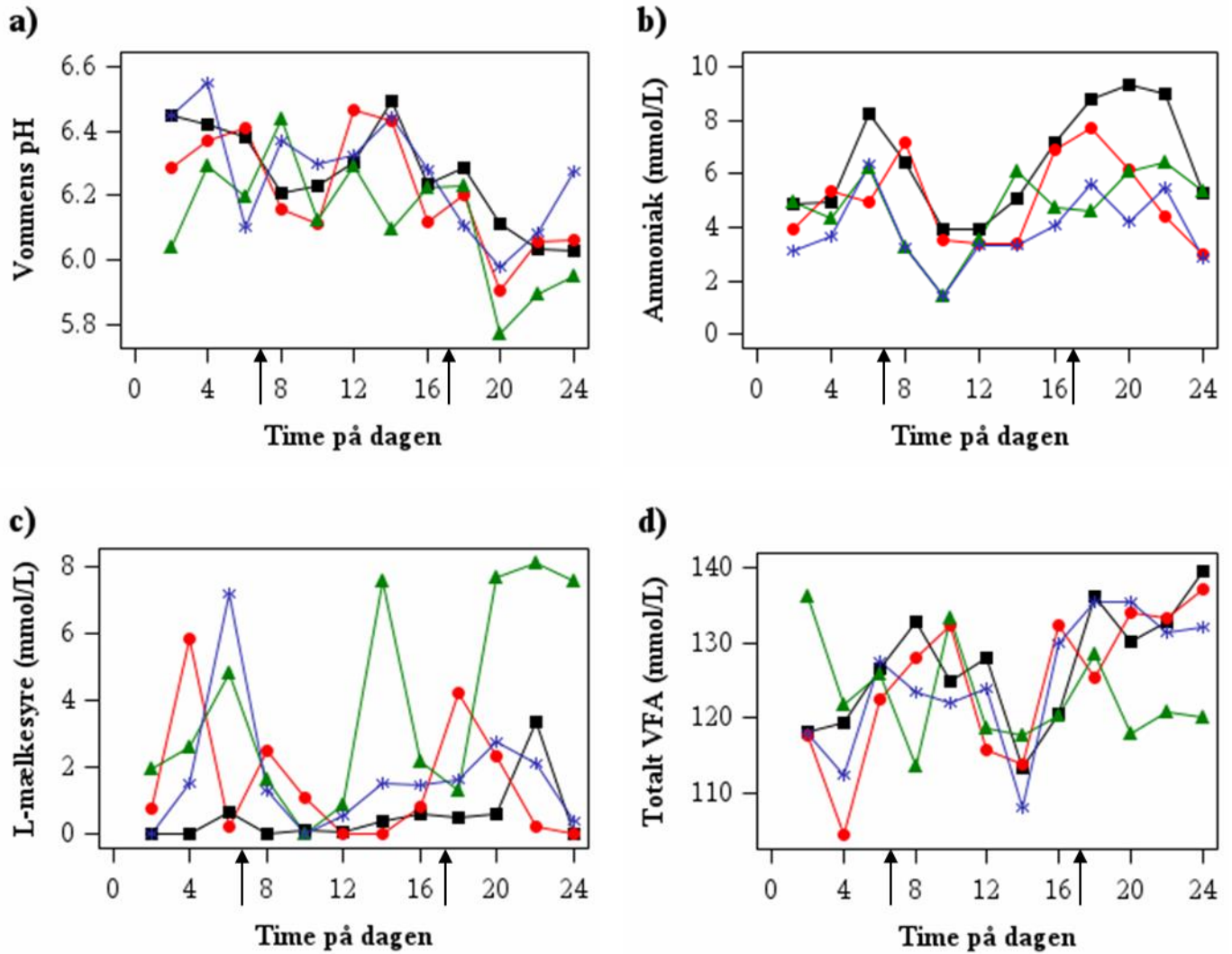
Item	Behandling ¹				SEM	P-værdi behandling
	CON	SBF	SBA+	SBA-		
Mælkeydelse (kg/d)	33,1 ^a	31,6 ^{a,b}	27,7 ^b	29,4 ^{a,b}	4,77	0,04
EKM-ydelse (kg/d)	34,3	31,9	28,6	29,5	4,44	0,08
Fedt (%)	4,17	4,11	4,08	4,00	0,41	0,92
Protein (%)	3,71	3,68	3,90	3,80	0,21	0,20
Laktose (%)	5,02 ^a	4,95 ^{a,b}	4,81 ^b	4,92 ^{a,b}	0,07	0,03
FCE ² (kg af EKM/kg af TS-indtag)	1,67	1,47	1,38	1,34	0,15	0,12

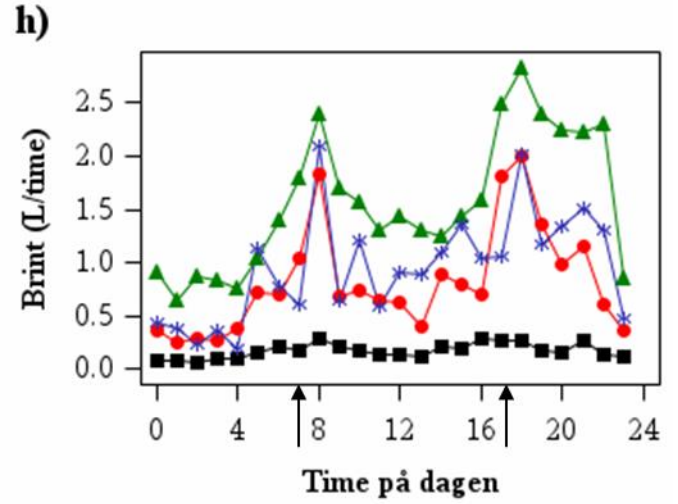
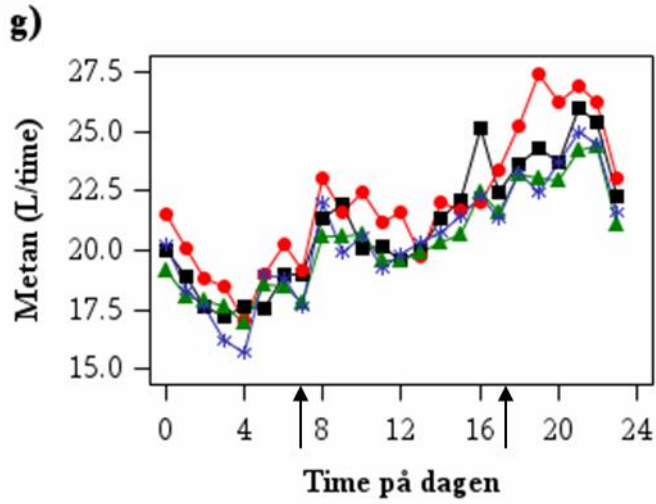
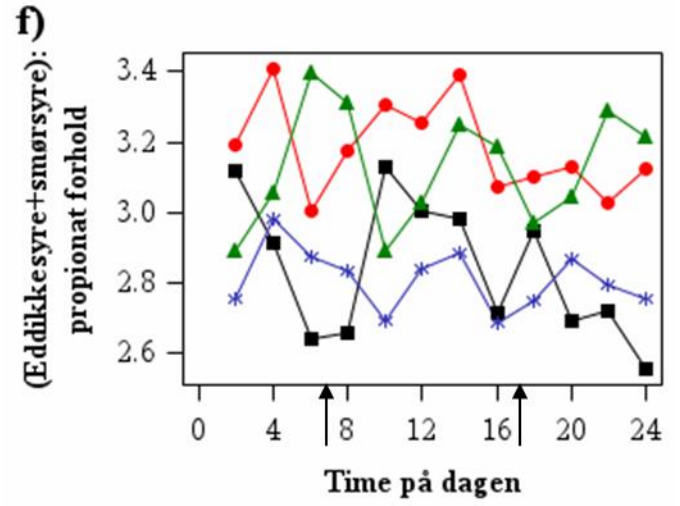
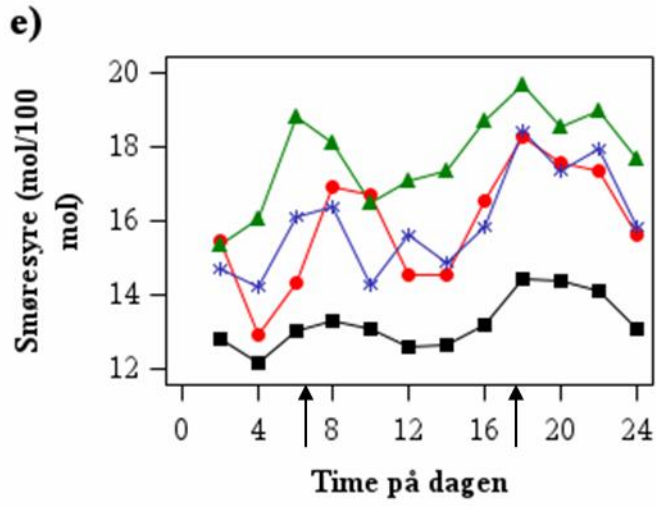
^{a,b,c,d} Forskellige behandlinger adskiller sig signifikant ved $P \leq 0,05$.

¹Eksperimentelle rationer: KON = kontrol indeholdende majsensilage; SBF = friske sukkerroer; SBA+ = sukkerroer ensileret med ensileringsstofs; SBA- = sukkerroer ensileret uden ensileringsstofs.

²FCE = Fodereffektivitet.

Figur 1. Døgncurve for pH (a), ammoniakkoncentration (b), L-mælkesyrekoncentration (c), totalt VFA-koncentration (d), smørsyre molærandel (e), eddikesyre-plus-smørsyre-til-propionsyre-forhold i vomvæske (f), metan (g) og brintproduktion (h) fra malkekøer fodret med TMR indeholdende majsensilage (KON, sort linje) eller delvis erstatning af majsensilage med sukkerroer (SBF, rød linje; SBA+, grøn linje og SBA-, blå linje). Pile angiver tidspunktet for fodring.





Bilag – Ekstra materiale

Tabel S1. Flow af aminosyrer (g/d) ud af vommen hos malkekøer, der fodres med TMR, som indeholder majsensilage (KON), eller delvis erstatning af majsensilage med sukkerroer (SBF, SBA+ og SBA–)

	Behandling ¹				SEM	P-værdi behandling
	KON	SBF	SBA+	SBA–		
Alanin	209	217	217	236	16,8	0,46
Arginin	177	184	183	203	13,7	0,29
Asparaginsyre	366	379	376	413	26,0	0,38
Cystein	55,2	55,3	55,6	60,4	3,25	0,43
Fenylalanin	164	169	165	185	12,1	0,35
Glutamat	485	506	508	561	34,2	0,28
Glycin	320	350	342	387	23,8	0,09
Histidin	73,2	77,0	76,1	84,2	5,78	0,34
Isoleucin	184	191	187	206	12,7	0,42
Leucin	275	285	280	310	20,3	0,38
Lysin	231	238	235	259	17,7	0,42
Methionin	57,7	59,2	58,7	64,1	4,20	0,45
Ornithin	4,00	4,24	3,98	4,26	0,22	0,61
Prolin	164	166	153	183	12,7	0,18
Serin	179	182	181	200	12,6	0,38
Threonin	169	173	171	188	12,1	0,44
Valin	205	210	209	229	15,6	0,47

^{a,b,c,d} Forskellige behandlinger adskiller sig signifikant ved $P \leq 0,05$.

¹Ekperimentelle rationer: KON = kontrol indeholdende majsensilage; SBF = friske sukkerroer; SBA+ = sukkerroer ensileret med ensileringsstofs; SBA– = sukkerroer ensileret uden ensileringsstofs.

Tabel S2. Koncentration af aminosyrer (g/kg TS) i duodenum (start af tolvfingertarm) hos malkekøer, der fodres med TMR, som indeholder majsensilage (KON), eller delvis erstatning af majsensilage med sukkerroer (SBF, SBA+ og SBA–)

	Behandling ¹				SEM	P-værdi behandling
	KON	SBF	SBA+	SBA–		
Alanin	15,9	16,1	16,7	16,2	0,32	0,29
Arginin	13,3	13,7	14,0	14,0	0,22	0,07
Asparaginsyre	27,8	28,3	28,9	28,5	0,68	0,27
Cystein	4,14	4,13	4,28	4,17	0,13	0,32
Fenylalanin	12,3	12,6	12,7	12,7	0,23	0,39
Glutamat	36,3 ^b	37,7 ^{a,b}	39,0 ^a	38,6 ^{a,b}	0,84	0,05
Glycin	25,1	26,1	26,2	26,7	0,97	0,44
Histidin	5,53	5,74	5,84	5,79	0,11	0,20
Isoleucin	13,9	14,2	14,4	14,2	0,35	0,27
Leucin	20,7	21,2	21,5	21,3	0,37	0,22
Lysin	17,5	17,8	18,0	17,8	0,40	0,55
Methionin	4,35	4,42	4,51	4,41	0,10	0,56
Ornithin	0,30	0,32	0,31	0,29	0,02	0,48
Prolin	12,1	12,4	11,7	12,6	0,43	0,50
Serin	13,5	13,6	13,9	13,8	0,33	0,43
Threonin	12,8	12,9	13,1	12,9	0,29	0,44
Valin	15,4	15,7	16,0	15,8	0,34	0,37

^{a,b,c,d} Forskellige behandlinger adskiller sig signifikant ved $P \leq 0,05$.

¹ Eksperimentelle rationer: KON = kontrol indeholdende majsensilage; SBF = friske sukkerroer; SBA+ = sukkerroer ensileret med ensileringsstofs; SBA– = sukkerroer ensileret uden ensileringsstofs.