

**Helsädesensilage och gräsensilage till får
skördade vid olika mognadsstadier
– effekt på konsumtion, foderselektion och foderutnyttjande**

Docent Elisabet Nadeau och Lantmästare Annika Arnesson
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU Skara
Docent Peder Nørgaard
Institutionen för veterinär- och husdjursvetenskap, Köpenhamns Universitet

Bakgrund

Spannmålsgrödor odlade i renbestånd eller i blandning med trindsäd kan skördas som hel gröda till ensilage, vilket vanligtvis sker i juli månad. Det vanliga är att spannmålsgrödan används som skyddsgröda till vallinsådd och en tidig skörd i juli ger gynnsamma förutsättningar för en god valletablering och möjliggör skörd av vallen redan insåningsåret i södra delarna av Sverige. Projekt inom Agroväst mjölkprogram på Rådde, HS Sjuhärad har visat att en tidig skörd av skyddsgrödan ökar vallavkastningen efterföljande vallår jämfört med skörd av skyddsgrödan till mogen skörd (Jansson, 2009). Skörd av helsäd i tidigt stadium vid axgång medan grödan är grön ger ett fodervärde som liknar vallens fodervärde. Skörd 1-2 veckor efter axgång vid mjölmognad (mjölk kan pressas ur kärnan) är vanligt förekommande hos lantbrukarna som rundbalar helsäden eftersom det ger något högre avkastning än skörd vid axgång och betydligt mindre kärnspill än senare skörd (Nadeau et al., 2012).

Tidig skörd vid axgång hos kornhelsäd har dock i tidigare försök på Götala nöt- och lammköttscentrum visat sig ge en bättre foderomvandlingsförmåga i kg ts foder per kg tillväxt än skörd vid mjölmognad hos växande mjölkrasstutar (Rustas et al., 2009; Nadeau et al., 2012). Rustas et al. (2010) fann inga skillnader i idisslingstid men däremot större genomsnittlig storlek på osmälta foderpartiklar i träcken hos mjölkrasstutar utfodrade med helsädesensilage av korn vid degmognad jämfört med axgång. Får är dock mer selektiva i sitt ätbeteende och bearbetar fodret genom idissling betydligt längre tid räknat per kg ts foder jämfört med större idisslare (Bae et al., 1983; Rustas et al., 2010; Jalali et al., 2012). Dessutom påverkar skillnader i passagehastighet av fodret genom vommen mellan får och växande nötkreatur fodrets smältbarhet och därmed storleken på osmälta foderpartiklar i träcken (Illius och Gordon, 1991). Foderselektion blir ett speciellt tydligt ätbeteende vid utfodring av ett heterogent grovfoder, såsom helsäd, som innehåller ax med kärnor samt strå och blad (Rustas och Nadeau, 2011). Senare skörd 3-4 veckor efter axgång vid degmognad (degig massa pressas ur kärnan) då mer stärkelse har lagrats in i kärnan, ger en högre konsumtion och daglig tillväxt hos växande nötkreatur än tidigare skörd (Rustas et al., 2009). Skörd av helsäd vid detta senare mognadsstadium bör ske med direktskördemaskin för att undvika det höga kärnspillet vid strängläggning och pressning. De flesta lammproducenter i Sverige har dock relativt små brukningsenheter (Kumm, 2009) där grovfodret oftast skördas med rundbalar och då är inte skörd av helsäd vid degmognad aktuellt.

Tidigare studier med helsäd av spannmål både i Skara och Rådde, Sjuhärad har visat att korn har högre fodervärde än de övriga vårsådda spannmålsgrödorna (Nadeau, 2007; Nadeau och Jansson, 2010). Havre, som kan odlas på varierande jordarter, har som helsädesgröda en hög

andel osmältbar fiber och därmed en lägre smältbarhet och energivärde än de övriga spannmålsgrödorna skördade som helsäd (Nadeau, 2007; Nadeau och Jansson, 2010). Därför är det korn av de vårsådda helsädesgrödorna som är mest intressant att använda i utfodringsförsök med får. Det är främst de vårsådda spannmålsgrödorna som är intressanta som helsädesgrödor eftersom skörd av skyddsgrödan som helsäd har visat sig stärka valletableringen och öka vallavkastningen i första skörd efterföljande vallår (Jansson, 2009). På fårgårdar är en bra vallodling och skötsel fundamentalt för en lönsam produktion.

Tidigare projekt med dräktiga och digivande tackor utfodrade med gräsenilage skördat vid olika tidpunkter i första skörd visade att ensilagekonsumtionen ökade med 1,0 kg ts under sen dräktighet och med 1,4 kg ts under digivningsperioden när ensilagens energihalt (omsättbar energi) ökade från 9,3 till 11,7 MJ ME/kg ts. Den större konsumtionen hos tackorna under digivningsperioden ökade lammens tillväxt från födsel till avvänjning från 350 till 420 g/dag (Arnesson et al., 2010; Nadeau et al., 2015). Det fattas dock bra smältbarhetssiffror på får för att kunna förklara dessa förbättringar i konsumtion och produktion. Det tidigt skördade gräsenilaget, som hade betydligt lägre halt av osmältbart lignin, gav också en kortare tuggningstid per kg ts-intag och en mindre storlek på osmälta fiberpartiklar i träcken hos tackorna än det sent skördade gräsenilaget med högre halt av osmältbart lignin (Jalali et al., 2012). Projektet samfinansierades av Stiftelsen Svensk Fårforskning, Stiftelsen Lantbruksforskning, Agroväst, Köpenhamns Universitet och SLU.

Under ensilering bryts mycket av det sanna proteinet, som är uppbyggt av aminosyror, ner till enkla kväveföreningar, såsom ammoniak. Ammoniak, har visat sig ha en negativ inverkan på konsumtionen hos idisslare (Huhtanen et al., 2007). Mycket av den ammoniak som finns i ensilaget försvinner ut genom vomväggen, ombildas till urea i levern, återcirkulerar tillbaka till vommen eller utsöndras via njurarna med urinen och förloras som urea, vilket är en ren förlust och bidrar till ett ökat kvävespill till den omgivande miljön. Vomnedbrytbart protein, som bryts ner av vommikroberna till ammoniak, kan utnyttjas bättre av vommikroberna för uppbyggnad av mikrobprotein. Buffertlösligt och fiberlösligt protein, vilka utgör en del av det sanna proteinet, ingår i det vomnedbrytbara proteinet. Mikrobproteinet kan sedan brytas ner enzymatiskt i mag-tarmkanalen till aminosyror, som kan absorberas via tarmväggen och utnyttjas för tillväxt och mjölkproduktion. Även det vomstabila foderproteinet utnyttjas för tillväxt på samma sätt som mikrobproteinet (Huhtanen, 2010).

Eftersom den största delen av råproteinet i ensilage bryts ner i vommen har ensilagens smältbarhet en avgörande roll för att mikrobprotein ska kunna byggas upp utifrån den energi som frigörs vid nedbrytning av kolhydrater. Ju högre smältbarhet ensilaget har, desto bättre kan ensilagens protein utnyttjas av idisslarna, vilket leder till mindre kväveutsöndring med urinen och därmed mindre kvävespill till omgivningen (Huhtanen et al., 2010). Skördetidpunkten inverkar till stor del på fiberns och proteinets smältbarhet i grödan (Buxton och O'Kiely, 2003). Den lägre råproteinhalten i t.ex. helsädesensilage och en senare skördetidpunkt kan leda till att ensilaget behöver kompletteras med ett proteinfodermedel för att täcka djurens proteinbehov av främst vomstabil protein men även av vomnedbrytbart protein.

Genom att få ökad kunskap om relativa skillnader i konsumtion och smältbarhet av gräs och helsäd skördade vid olika utvecklingsstadier samt fårens proteinförsörjning från dessa grovfoder kan vi på ett mer korrekt sätt kombinera de olika grovfodren och veta vilken typ och vilken mängd av kraftfoder som grovfodren behöver kompletteras med i foderstaten för att näringsförsörja fåren på ett miljömässigt och ekonomiskt optimalt sätt.

Syfte

Att studera effekt av helsädesensilage och gräsensilage skördat vid olika mognadsstadiet på konsumtion, tuggningsbeteende, foderselektion, smältbarhet och proteinutnyttjande hos får. Resultaten på smältbarhet och proteinförsörjning kan även användas till stora idisslare.

Material och metod

Projektet utfördes på Götala nöt- och lammköttscentrum, SLU, Skara. Utfodringsförsöket började den 24 januari och avslutades den 16 maj 2014. Försöket var godkänt av Göteborgs djurförsöksetiska nämnd.

Djur och inhysning

Åtta 20-månader gamla baggar av treraskorsning finull/dorset/texel delades in i två grupper med fyra baggar i varje grupp. Genomsnittlig levande vikt vid försöksstart var 86,8 kg (stdavv. 7,14) för den första gruppen och 85,6 kg (stdavv. 6,77) för den andra gruppen. Försöket omfattade fyra stycken 29 dagar långa perioder. Under de första 21 dagarna i varje period inhystes baggarna i individuella boxar (6 m²) med halm som strömedel. Under den fjärde veckan (dag 22-29) inhystes baggarna i metabolismburar med ytan 1,5 x 0,8 m² för att möjliggöra totaluppsamling av träck och urin (Tabell 1). Metabolismburarna hade nätgolv och en gummimatta i främre delen av buren.

Tabell 1. Inhysning och registreringar.

Vecka	Inhysning	Utfodring	Registreringar
1	Individuell box	<i>Ad libitum</i>	Tillvänjning till nytt ensilage i 2 veckor
2	Individuell box	<i>Ad libitum</i>	
3	Individuell box	<i>Ad libitum</i>	Konsumtion
4	Metabolismbur	80 % of <i>ad libitum</i>	Tillvänjning till begränsat intag i 3 dygn följt av totaluppsamling av träck och urin i 4 dygn

Försöksdesign

Försöksuppläggnen var en duplicerad 4 x 4 romersk kvadrat med 4 baggar per kvadrat och 4 perioder. De åtta baggarna fick fyra olika ensilage med två baggar per ensilage. Hälften av baggarna (= en kvadrat) fick obehandlat rapsmjöl med en daglig giva på 150 g under perioden med fri tillgång och 120 g under perioden med begränsad tillgång. Därmed kunde effekt av proteintillskott på ensilagekonsumtion, smältbarhet och proteinutnyttjande hos baggarna utvärderas. Efter varje period på 4 veckor bytte baggarna ensilage så att samtliga baggar hade fått samtliga ensilage vid försökets slut. Under de första två veckorna i varje period vandes baggarna till det nya ensilaget som utfodrades i fri tillgång (15 % rester). Under den tredje veckan fortsatte baggarna att utfodras i fri tillgång eftersom deras konsumtionsförmåga registrerades då. Under den fjärde veckan utfodrades baggarna vid 80 % av fri tillgång, varav de första tre dagarna var tillvänjning till begränsad giva följt av fyra dagar med totaluppsamling av träck och urin.

Fyra olika ensilage användes i försöket.

1. Ensilage av kornhelsäd skördad vid axgång (KA)
2. Ensilage av kornhelsäd skördad vid mjölkmodnad (KM)
3. Tidigt skördat gräsenilage i första skörd (TG)
4. Sent skördat gräsenilage i första skörd (SG)

Tabell 2 och 3 visar försöksuppläggningsen.

Tabell 2. 4 x 4 romersk kvadrat med fyra perioder och fyra behandlingar (= fyra olika ensilage) utfodrade till baggar utan tillskott av rapsmjöl. Se ovan för förklaring av ensilageförkortningar.

	Bagge 1	Bagge 2	Bagge 3	Bagge 4
Period 1	KA	TG	SG	KM
Period 2	KM	KA	TG	SG
Period 3	TG	SG	KM	KA
Period 4	SG	KM	KA	TG

Tabell 3. 4 x 4 romersk kvadrat med fyra perioder och fyra behandlingar (= fyra olika ensilage) utfodrade till baggar med tillskott av rapsmjöl. Se ovan för förklaring av ensilageförkortningar.

	Bagge 5	Bagge 6	Bagge 7	Bagge 8
Period 1	KA	KM	TG	SG
Period 2	TG	KA	SG	KM
Period 3	KM	SG	KA	TG
Period 4	SG	TG	KM	KA

Baggarna utfodrades med ensilage, rapsmjöl (4 av baggarna) och mineraler individuellt en gång per dag i både boxen och i buren. Baggarna hade fri tillgång på vatten och saltblock. Näringsinnehållet i rapsmjöl visas i tabell 4.

Tabell 4. Näringsinnehåll i obehandlat rapsmjöl (n=2).

	Rapsmjöl	
	Medel	Standardavvikelse
Torrsubstans (%)	88.4	0,14
Råprotein (g/kg ts)	379	14,1
Aska (g/kg ts)	72	0,3
Stärkelse (g/kg ts)	76	6,7
NDF (g/kg ts)	292	7,2
ADF (g/kg ts)	237	7,5

Skörd

Gräsenilaget skördades vid två olika skördetidpunkter i första skörd 2013; en tidig skörd den 31 maj (TG) och en sen skörd den 17 juni SG. Kornhelsäd skördades vid axgång den 30 juni (KA) och vid mjölkmodnad den 18 juli (KM) då kärnan innehöll en mjölkflytande vätska. Grovfodren skördades, förtorkades och ensilerades i rundbalar med de saltbaserade medlen

Kofasil LP (natrium nitrit, hexamin, natriumbensoat; Addcon Europe GmbH) till gräset och Kofasil Ultra K (natrium nitrit, hexamin, kaliumsorbit, natriumbensoat och natriumpropionat; Addcon Europe GmbH) till kornhelsäd, båda vid en dosering på 2 liter/ton. Ensilagen lagrades i minst fyra månader innan försöket började. Allt ensilage hackades till 40 mm i en blandarvagn och frystes in i 15-kg portioner för att säkerställa god hygienisk kvalitet i ensilagen vid utfodring. Ensilagen tinades helt innan utfodring.

Registreringar

Baggarna vägdes strax innan försöksstart, mellan perioderna och när de flyttades till metabolismburarna. Hullet på baggarna registrerades vid försöksstart och i slutet av varje period. Baggarnas foderintag mättes i 7 dagar under den tredje veckan i varje period. *In vivo* smältbarhet av fodret och proteinutnyttjande hos fåren från de olika ensilagen mättes vid begränsat foderintag på 80 % av fri tillgång under de 4 sista dagarna i den fjärde veckan. Samtidigt mättes tuggningsaktivitet på baggarna med specialgjorda grimmor (Nørgaard och Hilden, 2004). Baggarnas käkrörelser registrerades med en sensor som placerades på nosen. Sensorn var ansluten till en datalogger, som placerades på taket på buren. Dataloggern samlade käkrörelser vid 40 Hz och värdena lagrades på ett minneskort (2 GB Compact Flash), som byttes ut en gång per dag innan utfodring (figur 1). Manuell observation av baggarnas tuggningsbeteende utfördes under morgonutfodringen och under en till två idisslingsperioder i två dagar för att ha som referensmätningar till de elektroniska tuggningsmätningarna. Dessutom togs träckprover för analys av partikelstorleksfördelningen i träcken under dessa fyra dagar.



Figur 1. Bagge med tuggningsutrustning.

Insamling och provtagning av foder och rester

Foder och rester vägdes dagligen från varje bagge under vecka 3 och 4 i varje period. Ensilagen provtogs dagligen (500 g/dag) under dagarna 15 till 21 och 25 till 28. Dessutom provtogs rester från varje bagge under dag 16 till 22. Fanns det rester under de sista 4 dagarna i perioden samlades de in, vägdes och provtogs. Prover på ensilage och rester frystes direkt efter provtagning.

Insamling och provtagning av träck och urin

Totaluppsamling av träck och urin från varje bagge skedde dag 26 till 29 i varje period. Urin samlades i rostfria behållare på golvet under burarna. Varje morgon när behållarna hade tömts tillsattes 300 ml av 10 % svavelsyra till behållaren för att sänka urinens pH, som motverkar mikrobiell tillväxt och kväveförluster. Vid insamlingen varje dag vispades urinen väl och silades för att rengöra den från eventuella foderrester och ull. Urinvolymen mättes och därefter uttogs ett 200-ml prov av urinen i en provkopp, som frystes direkt efter provtagning.

Träck från varje bagge samlades in i plastbehållare på golvet under varje bur dag 26 till 29 i varje period. Varje morgon borstades träck ner från burgolvet till behållaren. Efter borttagning av små foderrester och ull vägdes träcken. Ett 1-kg prov togs av träcken från varje bagge och förvarades fryst i dubbel plastpåse.

Analys

Näringsinnehåll i ensilagen visas i tabell 5 och 6. Dagliga foderprover och rester analyserades för innehåll av torrs substans genom torkning av 150-g prov i torkskåp vid 60° C i 20 timmar. Återstående foder sammanslogs till ett prov per foder och vecka och återstående restprover sammanslogs till ett prov per vecka och bagge. 200 g av de sammanslagna proven av foder och rester skickades till LKS mbH, Lichtenwalde, Tyskland för analys av näringsinnehåll och till laboratoriet vid institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU Uppsala för analys av smältbarhet av organisk substans *in vitro* enligt VOS-metoden, vattenlösliga kolhydrater (WSC) och fermenteringskvalitet (organiska syror, alkoholer, pH och ammoniak-kväve).

Tabell 5. Näringsinnehåll (medel och standardavvikelse) i ensilage av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölk mogna (KM) samt i tidigt skördat gränsilage (TG) och i sent skördat gränsilage (SG). (n = 4).

	KA		KM		GT		GS	
	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv
Torrs substans (%)	35,3	0,39	36,7	3,17	27,4	1,05	36,8	2,94
Omsättbar energi (MJ/kg ts)	10,8	0,15	10,5	0,14	10,8	0,18	9,8	0,09
Aska (g/kg ts)	57	0,2	51	2,5	108	10,3	59	1,5
Organisk substans (g/kg ts)	943	2,3	949	2,5	892	10,3	941	1,5
VOS ¹ (%)	83,7	0,88	81,1	0,85	87,7	0,49	77,3	0,52
Råprotein (g/kg ts)	105	2,4	83	2,1	190	1,8	116	4,1
NDF ² (g/kg ts)	471	17,2	444	10,6	472	5,1	573	4,1
ADF ³ (g/kg ts)	259	10,7	240	10,1	302	4,8	341	9,1
ADL ⁴ (g/kg ts)	22	0,9	27	2,1	26	1,8	42	7,2

¹VOS = vomvätkeslöslig organisk substans (vomsmältbarhet av organisk substans *in vitro*)

²NDF = neutral detergent fibre, ³ADF = acid detergent fibre, ⁴ADL = acid detergent lignin

Tabell 6. Fermenteringskvalitet (medel och standardavvikelse) i ensilage av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölk mogna (KM) samt i tidigt skördat gränsilage (TG) och i sent skördat gränsilage (SG). (n=4).

	KA		KM		GT		GS	
	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv	Medel	Stdavv
pH	4,21	0,033	4,23	0,096	4,20	0,005	4,23	0,094
WSC ¹ (% av ts)	15,5	1,75	12,6	0,14	0,7	0,55	5,6	0,55
Mjölksyra (% av ts)	5,2	0,32	3,9	0,48	8,8	1,21	5,0	0,49
Ättiksyra (% av ts)	1,4	0,08	0,6	0,04	2,2	0,36	1,2	0,04
Propionsyra (% av ts)	0,09	0,023	0,04	0,001	0,07	0,005	0,05	0,004
Smörsyra (% av ts)	0,05	0,003	0,04	0,001	0,07	0,005	0,05	0,004
Etanol (% av ts)	0,17	0,031	0,04	0,144	0,44	0,065	0,36	0,152
NH ₃ -N ² (% av total-N)	7,0	0,49	5,9	0,61	11,1	1,62	8,3	0,65

¹WSC = water soluble carbohydrates = vattenlösliga kolhydrater

²Ammoniak-kväve ej korrigerat för kväve från tillsatsmedlen.

Torrsubstanshalten i träcken från varje bagge bestämdes genom att väga in ett 150-g prov som torkades i 60° C i 48 timmar. Resterande träck sammanslogs över de fyra dagarna till ett prov per bagge och period. Från det sammanslagna provet togs två stycken 200-g träckprov ut, varav ett skickades till LKS mbH, Lichtenwalde, Tyskland för analys av näringsinnehåll och det andra till Köpenhamns universitet för analys av partikelstorleken i träcken. Tre prover á 4 g från varje sammanslaget träckprov vägdes in i nylonpåsar med en porstorlek med 0,01 mm innan tillsats av 4 ml tvål per påse. Påsarna tvättades i 40° C i 2 timmar i en vanlig tvättmaskin. Resterande prov efter tvättning överfördes till en aluminiumskål med hjälp av destillerat vatten. Proven frystes innan frystorkning i 48 timmar. Mängden frystorkat material definieras som partikeltorrsubstans enligt Jalali et al. (2012).

De torkade partiklarna sorterades in i sex fraktioner med sållstorlekarna 2,36 mm, 1,0 mm, 0,5 mm, 0,212 mm, 0,106 mm och bottenplattan 0,0 mm genom användning av Retsch AS200 sållskakare. Torrsiktningen av partiklarna utfördes enligt Jalali et al. (2012). Efter siktningen vägdes varje fraktion av partiklar och andelen partiklar på varje såll beräknades på viktsbasis. Den genomsnittliga partikelstorleken (aritmetisk och geometrisk), medianpartikelstorleken och 95 percentilvärdet beräknades utifrån andelar partiklar i varje siktningensfraktion enligt Jalali et al. (2012).

Prover av foder, rester och träck analyserades för råprotein, neutral detergent fibre (NDF; hemicellulosa, cellulosa och lignin), acid detergent fibre (ADF; cellulosa och lignin), acid detergent lignin (ADL; lignin) och aska vid LKS mbH, Lichtenwalde, Tyskland. Råprotein analyserades genom analys av totala N innehållet enligt Kjeldahl och råproteinet bestämdes genom att multiplicera total-N med 6,25. NDF, ADF och ADL analyserades enligt Van Soest et al. (1991). Aska bestämdes vid 525° C i 16 timmar. Genom att beräkna skillnaden mellan mängd intag och träck av ts och näring dividerat med intaget av ts och näring erhöles värden för *in vivo* smältbarhet av ts, organisk substans, råprotein, NDF och ADF. Eftersom det endogena kvävet från tarmen som återfinns i träcken inte togs hänsyn till i beräkningarna är smältbarheten skenbar.

Organisk substans beräknades som differensen mellan ts och aska. Vid laboratoriet på institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU Uppsala, analyserades vomvätskelöslig organisk substans (VOS) (*in vitro* smältbarhet av organisk substans) av ensilagen genom inkubering av 0,5 g torkat och malet prov i 38° C i 96 h i 49 ml buffert and 1 ml vomvätska (Lindgren, 1979; Lindgren 1983). Vattenlösliga kolhydrater (WSC) analyserades med en enkel enzymatisk metod enligt Larsson och Bengtsson (1983). Organiska syror och etanol analyserades med enligt Ericson och André (2010). pH bestämdes med pH-meter Metrohm 654 (Herisau, Schweiz) i extrakt utpressad från ensilaget.

Urinprover slogs samman per bagge och period innan analys av total N, urea, purinderivatet allantoin och urinsyra samt kreatinin vid LKS mbH Lichtenwalde, Tyskland. Innehållet av N i urinen analyserades enligt Kjeldahl. Urinens innehåll av kreatinin, allantoin och urinsyra (spädning 1 till 50) analyserades med HPLC enligt Shingfield och Offer (1999), men med användande av ytterligare en mobil fas innehållande metanol, acetonitril och destillerat vatten (45/45/10) och en Kinetex XB-C18 kolumn (150 x 4,6 mm, 5 µm). Analys av urea (spädning 1 till 50) utfördes med spektrofotometri enligt LKS (2006). Utsöndring av purinderivat användes för att utvärdera vomutflödet av mikrobprotein till tarmen. Differensen mellan intaget av N och N förlust med urin och träck användes för att beräkna N-balansen.

Statistisk analys

Data för foderintag, sortering, tuggningsaktivitet, smältbarhet, proteinutnyttjande, partikelstorlek i träck och levandeviktsförändring analyserades i PROC MIXED i SAS (ver. 9.3.) Den statistiska modellen för den duplicerade 4 x 4 romerska kvadraten var:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + T_j + (ET)_{ij} + P_k + B_{l(j)} + C_{m(ijkl)} + e_{ijkl}$$

där Y_{ijkl} = observerad respons, μ = medelvärde, E_i = effekt av ensilage ($i = 1$ till 4), T_j = effekt av proteintillskott ($j = 1$ till 2), $(ET)_{ij}$ = samspel mellan ensilage och proteintillskott, P_k = effekt av period ($k = 1$ till 4), $B_{l(j)}$ = slumpmässig effekt av bagge nästad inom proteintillskott ($l = 1$ till 8), $C_{m(ijkl)}$ = eftereffekt från föregående period för kombinationen $ijkl$ ($m = 4$) och e_{ijkl} = residualen.

Eftersom det inte fanns signifikanta eftereffekter samt samspel mellan ensilage och proteintillskott togs $C_{m(ijkl)}$ och $(ET)_{ij}$ ur modellen. När signifikanta effekter vid $P \leq 0.05$ visades i F - test utfördes parvisa jämförelser mellan least square (LS) means enligt Tukey's test. Signifikansnivåer *** $P < 0,001$, ** $P < 0,01$, * $P < 0,05$ och tendens till signifikans; $0,05 < P < 0,10$ användes. NS = none significance = ej signifikant.

Resultat

Foderintag

Baggarna hade större ts-konsumtion av KA än av gräsensilage i kg per dag och i % av LV då konsumtionen av KA även var högre än för KM, vilken inte skilde sig från gräsensilage (tabell 7). Intaget av råprotein var störst för GT och lägst för KM med KA med GS däremellan. NDF-konsumtionen från ensilage i kg per dag och i % av LV var större för KA och GS än för KM och GT. Konsumtion av ADF och ADL var störst för GS (tabell 7). Senare mognadsstadiet hos helsäd vid skörd sänkte intagen av ts, NDF och råprotein. Däremot ökade intagen av NDF, ADF och ADL med senare skördetidpunkt för gräsensilaget medan råproteinintaget minskade (tabell 7).

Tabell 7. Ensilagekonsumtion och foderselektion hos baggar utfodrade i fri tillgång av ensilage av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölkmodnad (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gräsensilage. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (n=8).

Ensilagekonsumtion	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Torrsubstans (kg/dag)	2,48 ^a	2,25 ^{ab}	2,01 ^b	2,15 ^b	0,080	***
Torrsubstans (% av LV ¹)	2,50 ^a	2,25 ^b	2,06 ^b	2,15 ^b	0,059	***
Organisk substans (kg/dag)	1,77 ^a	1,75 ^a	1,40 ^c	1,56 ^b	0,056	***
Råprotein (g/dag)	278 ^b	193 ^c	372 ^a	254 ^b	14,6	***
NDF ² (kg/dag)	1,13 ^a	1,01 ^b	0,91 ^c	1,22 ^a	0,041	***
NDF (% av LV)	1,15 ^a	1,01 ^b	0,93 ^b	1,21 ^a	0,030	***
ADF ³ (kg/dag)	0,49 ^b	0,44 ^b	0,47 ^b	0,57 ^a	0,019	***
ADL ⁴ (kg/dag)	0,042 ^b	0,048 ^b	0,041 ^b	0,066 ^a	0,0039	***
Foderselektion (g/kg ts) ⁵	-9,74 ^b	-9,68 ^b	17,79 ^a	-11,62 ^b	5,026	***

¹LV = levande vikt, ²NDF = neutral detergent fibre, ³ADF = acid detergent fibre, ⁴ADL = acid detergent lignin

⁵Beräknad som skillnaden mellan NDF-halten i fodret (ensilage+rapsmjöl) och NDF-halten i resterna. Ett negativt värde visar sortering av finare material (mot fiberrikt material).

***P < 0,001

^{a,b}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid P < 0,05.

Tillskott av rapsmjöl påverkade inte ensilagekonsumtionen hos baggarna (tabell 8).

Table 8. Effekt av proteintillskott på ensilagekonsumtion hos baggar. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över ensilagetyp (n=16)

Ensilagekonsumtion	Rapsmjöl			P - värde
	Utan	Med	SEM	
Torrsubstans (kg/dag)	2,16	2,29	0,082	NS
Torrsubstans (% av LV ¹)	2,21	2,28	0,041	NS
Organisk substans (kg/dag)	1,58	1,67	0,059	NS
Råprotein (g/dag)	268	280	12,0	NS
NDF ² (kg/dag)	1,03	1,10	0,042	NS
NDF (% av LV)	1,06	1,09	0,021	NS
ADF ³ (kg/dag)	0,48	0,51	0,021	NS
ADL ⁴ (kg/dag)	0,048	0,051	0,0037	NS
Foderselektion (g/kg ts) ⁵	2,52	-9,15	3,930	0,081

¹LV = levande vikt, ²NDF = neutral detergent fibre, ³ADF = acid detergent fibre, ⁴ADL = acid detergent lignin

⁵Beräknad som skillnaden mellan NDF-halten i fodret (ensilage+rapsmjöl) och NDF-halten i resterna. Ett negativt värde visar sortering av finare material (mot fiberrikt material).

NS = none-significance (ej signifikant) vid P > 0,10

När baggarna utfodrades vid 80 % av fri tillgång var ts-konsumtionen av ensilage i kg per dag större för KA än för gräsenilage (tabell 9). Dessutom var ts-konsumtionen av KM större än för GT. När ts-konsumtionen av ensilage uttrycktes i % av LV hade baggar utfodrade med ensilage av kornhelsäd större ts-konsumtion än baggar utfodrade med gräsenilage. Konsumtionen av NDF, ADF och ADL var större för GS än för GT och KM men skilde sig inte från KA (tabell 9).

Tabell 9. Konsumtion av ensilage och ensilage + rapsmjöl (120 g till fyra baggar) hos baggar utfodrade vid 80 % av fri tillgång av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölkmodnad (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gräsenilage. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (n=8).

	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Levande vikt (kg)	99,0 ^a	98,4 ^a	95,8 ^b	97,8 ^{ab}	2,519	**
Ensilage ts (kg/dag)	1,87 ^a	1,85 ^{ab}	1,57 ^c	1,66 ^{bc}	0,061	***
Total ts (kg/dag)	1,94 ^a	1,92 ^{ab}	1,64 ^c	1,73 ^{bc}	0,061	***
Ensilage ts (% av LV ¹)	1,91 ^a	1,89 ^a	1,64 ^b	1,70 ^b	0,047	**
Total ts (% av LV)	1,97 ^a	1,96 ^a	1,71 ^b	1,77 ^b	0,047	**
Ensilage NDF (g/dag)	882 ^{ab}	822 ^{bc}	743 ^c	952 ^a	30,1	***
Total NDF (g/dag)	901 ^{ab}	841 ^{bc}	762 ^c	972 ^a	30,1	***
Ensilage NDF (% av LV)	0,90 ^{ab}	0,84 ^{bc}	0,78 ^c	0,97 ^a	0,022	***
Total NDF (% av LV)	0,92 ^{ab}	0,86 ^{bc}	0,80 ^c	0,99 ^a	0,022	***
Ensilage ADF (g/dag)	496 ^b	452 ^b	486 ^b	578 ^a	21,0	***
Ensilage ADL (g/dag)	42,3 ^b	48,6 ^b	40,9 ^b	66,3 ^a	3,95	***

¹LV = levande vikt

*** $P < 0,001$, ** $P < 0,01$,

^{a,b,c}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

Tuggningsaktivitet

Det var endast få skillnader i ätaktivitet mellan baggar utfodrade med olika ensilage (tabell 10). Antal käkrörelser per sekund var större för ensilage av kornhelsäd än för GT (tabell 10). Antal käkrörelser och effektiv ättid per cykel var större för baggar utfodrade med GS än för de övriga ensilagen. Liknande skillnader visades för antal käkrörelser och effektiv ättid per period (tabell 10).

Tabell 10. Ätaktivitet hos baggar utfodrade vid 80 % av fri tillgång av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölkmodnad (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gräsenilage. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Total ättid (min/dag)	168	141	164	175	22,8	NS
Total effektiv ättid (min/dag)	128	109	131	150	17,6	NS
Antal perioder/dag	32,3	25,4	33,5	26,2	4,04	NS
Antal cykler/dag	189	149	155	133	25,2	NS
Antal käkrörelser/dag	11231	9765	10825	13289	1549	NS
Antal käkrörelser/sekund	1,97 ^a	1,95 ^a	1,87 ^b	1,91 ^{ab}	0,033	**
Total ättid/ts-intag av ensilage (min/kg)	89,0	76,6	106	106	12,6	NS
Total ättid/totalt ts-intag (min/kg)	86,4	74,3	101	103	12,4	NS
Total ättid/NDF-intag av ensilage (min/kg)	189	171	224	186	26,2	NS
Total ättid/totalt NDF-intag (min/kg)	186	168	218	183	25,6	NS
Total effektiv ättid/ts-intag av ensilage (min/kg)	68,3	59,1	84,5	91,1	10,16	NS
Totalt antal käkrörelser/ts-intag av ensilage (min/kg)	5968	5328	6963	8094	887	NS
Totalt antal käkrörelser/period	354 ^b	408 ^{ab}	316 ^b	531 ^a	42,3	**
Totalt antal käkrörelser/effektiv ättid (min)	88,1	90,1	82,8	89,2	2,67	0,098
Effektiv ättid (min)/cykel	44,4 ^b	44,9 ^b	50,3 ^b	69,0 ^a	5,25	**
Antal käkrörelser/cykel	65,7 ^b	67,6 ^b	69,5 ^b	103,1 ^a	8,75	**
Tid mellan cykler (sekund)	14,9	15,2	17,4	14,0	1,41	NS
Effektiv ättid (min)/period	4,02 ^b	4,49 ^{ab}	3,84 ^b	5,93 ^a	0,431	**

*** $P < 0,001$, ** $P < 0,01$, NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

^{a,b}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

Antal idisslingsperioder per dag var större för GT än för KM (tabell 11). Antal käkrörelser per sekund, antal käkrörelser per period och antal käkrörelser per effektiv idisslingstid tenderade att vara större för kornhelsäd än för gräsenilage.

Tabell 11. Idisslingsaktivitet hos baggar utfodrade vid 80 % av fri tillgång av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölkmodnad (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gränsilage. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Total idisslingstid (min/dag)	542	477	475	503	33,7	NS
Total effektiv idisslingstid (min/dag)	460	401	396	419	32,0	NS
Antal perioder/dag	17,8 ^{ab}	16,8 ^b	21,6 ^a	18,7 ^{ab}	1,11	*
Totala antalet cykler/dag	637	559	564	605	39,7	NS
Totala antalet käkrörelser/dag	46827	39042	38119	39894	3275,9	NS
Antal käkrörelser/sekund	1,74	1,70	1,64	1,63	0,048	0,089
Total idisslingstid/ts- intag av ensilage (min/kg)	292	265	311	309	28,5	NS
Total idisslingstid/totalt ts-intag (min/kg)	282	256	299	299	28,1	NS
Total idisslingstid/NDF- intag av ensilage (min/kg)	619	592	659	538	57,1	NS
Total idisslingstid/totalt NDF-intag (min/kg)	604	579	643	529	56,5	NS
Total effektiv idisslingstid/ts-intag av ensilage (min/kg)	248	223	260	257	25,6	NS
Totalt antal käkrörelser/ts-intag av ensilage (min/kg)	25288	21928	24956	24473	2564,2	NS
Totalt antal käkrörelser/period	2659	2344	1854	2207	217,0	0,098
Totalt antal käkrörelser/effektiv idisslingstid (min)	102,0	100,0	96,0	95,5	2,82	0,088
Effektiv idisslingstid (min)/cykel	44,0	42,9	42,1	42,2	2,86	NS
Antal käkrörelser/cykel	74,5	71,2	67,2	66,7	4,39	NS
Tid mellan cykler (sekund)	7,96	8,75	8,79	8,64	0,348	NS
Effektiv idisslingstid (min)/period	26,1	23,6	19,4	23,2	2,05	NS

* $P < 0,05$, NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

^{a,b}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

För den totala tuggningsaktiviteten hade baggar utfodrade med KA fler käkrörelser per dag än baggar utfodrade med gränsilage (tabell 12). Vidare var den totala tuggningstiden per cykel längre för baggar utfodrade med GS än för baggar som fick KM. Antal cykler per dag tenderade att vara fler för baggar som fick kornhelsäd än för baggar som fick gräs (tabell 12).

Tabell 12. Tuggningsaktivitet hos baggar utfodrade vid 80 % av fri tillgång av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölkmodnad (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gräensilage. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Total tuggningstid (min/dag)	709	624	639	678	37,4	NS
Total effektiv idisslingstid (min/dag)	588	513	527	569	34,1	NS
Antal perioder/dag	50,1	42,9	55,2	44,9	4,47	NS
Antal cykler/dag	826	711	719	738	33,0	0,084
Antal käkrörelser/dag	58058	49406	48943	53183	3369,9	NS
Antal käkrörelser/dag	1,88 ^a	1,84 ^{ab}	1,78 ^b	1,79 ^b	0,036	*
Tuggningstid/ts-intag av ensilage (min/kg)	381	344	417	415	31,7	NS
Tutggningstid/totalt ts-intag (min/kg)	368	335	400	402	31,2	NS
Tuggningstid/NDF-intag av ensilage (min/kg)	808	768	883	724	63,0	NS
Tuggningstid/totalt NDF-intag (min/kg)	790	753	861	712	62,1	NS
Effektiv idisslingstid/ts-intag av ensilage (min/kg)	316	284	344	348	28,1	NS
Antal käkrörelser/ts-intag av ensilage (min/kg)	31256	27455	31920	32567	2719,8	NS
Antal käkrörelser/period	1221	1189	917	1254	112,9	NS
Antal käkrörelser/effektiv tuggningstid (min)	99,0	98,3	92,5	93,7	2,69	NS
Effektiv tuggningstid (min)/cykel	42,8 ^{ab}	42,4 ^b	44,0 ^{ab}	46,8 ^a	2,17	*
Antal käkrörelser/cykel	70,5	69,0	67,9	72,6	3,51	NS
Tid mellan cykler (sekunder)	9,36	10,0	10,2	9,56	0,56	NS
Effektiv tuggningstid (min)/period	12,3	12,1	9,90	13,4	1,07	NS

* $P < 0,05$, NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

^{a,b}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

Torrsubstanshalten i träcken var högst för GT följt av GS, vilka hade högre halt än kornhelsäd (tabell 13). Störst andel små träckpartiklar (< 0,106) fanns hos baggar utfodrade med GT, följt av GS, KA och KM. Andel medelsmå partiklar (0,106 - 0,212 mm) i träcken var större för gräsenilage än för kornhelsädsensilage. Däremot var andel medelstora partiklar 0,212 – 1,00 mm) störst för baggar utfodrade med KM, som följdes av baggar utfodrade med KA och lägst hos baggar utfodrade med gräsenilage.

Tabell 13. Torrsubstans i träck och partikelstorlek i träck från baggar utfodrade vid 80 % av fri tillgång av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölkmodnad (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gräsenilage. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Torrsubstans (%)	36,0 ^c	35,2 ^c	47,3 ^a	41,6 ^b	1,32	***
Bottenplatta (0,0 mm) (%)	21,4 ^c	15,2 ^d	38,1 ^a	27,8 ^b	0,84	***
Lägsta sållet (0,106 mm) (%)	31,9 ^b	28,6 ^b	39,4 ^a	39,1 ^a	1,01	***
Näst lägsta sållet (0,212 mm) (%)	37,7 ^b	43,3 ^a	18,5 ^d	28,0 ^c	0,73	***
Mittensållet (0,50 mm) (%)	8,06 ^b	11,7 ^a	3,19 ^c	4,53 ^c	0,527	***
Näst översta sållet (1,00 mm) (%)	0,77 ^{ab}	0,93 ^a	0,67 ^{ab}	0,43 ^b	0,119	*
Översta sållet (2,36 mm) (%)	0,16	0,34	0,11	0,094	0,087	NS
Geometrisk partikelmedelstorlek (mm)	0,28	0,27	0,28	0,29	0,016	NS
Aritmetrisk partikelmedelstorlek (mm)	0,41	0,39	0,41	0,43	0,032	NS
Mest frekventa partikelstorlek (mm)	0,41	0,39	0,41	0,42	0,031	NS
Median partikelstorlek (mm)	0,41	0,39	0,41	0,43	0,031	NS
95 percentilfraktionen	0,45	0,42	0,45	0,48	0,046	NS
Partikelstorlek < 0,2 mm (%)	53,3 ^c	43,8 ^d	77,5 ^a	66,9 ^b	1,07	***
Partikelstorlek < 0,5 mm (%)	91,0 ^b	87,1 ^c	96,0 ^a	94,9 ^a	0,66	***
Partikelstorlek < 1,0 mm (%)	99,1 ^{ab}	98,7 ^b	99,2 ^{ab}	99,5 ^a	0,17	*

*** $P < 0,001$; * $P < 0,05$, NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$
^{a,b,c,d}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

Den geometriska partikelmedelstorleken tenderade att vara mindre för baggar utfodrade med rapsmjöl jämfört med baggar som inte fick rapsmjöl (0,27 mm vs. 0,30 mm, $P = 0,086$). Den aritmetriska partikelmedelstorleken tenderade också att vara mindre för baggar som utfodrades med rapsmjöl än för baggar som inte fick rapsmjöl (0,38 mm vs. 0,44 mm, $P = 0,064$). Liknande resultat påvisades för det mest frekventa värdet (0,38 mm vs. 0,44 mm, $P = 0,069$) och den mediana partikelstorleken (0,38 mm vs. 0,44 mm, $P = 0,066$). 95 percentilfraktionen hade en mindre partikelstorlek för baggar som fick rapsmjöl än för de som inte fick rapsmjöl (0,40 mm vs. 0,50 mm, $P = 0,045$).

In vivo smältbarhet

Smältbarhet av tidigt skördat ensilage av kornhelsäd och gräs var större än senare skörd av motsvarande grödor (tabell 14). Smältbarheten av organisk substans minskade i följande ordning; GT, KA, KM och GS. Vidare var smältbarheten av råprotein, NDF och ADF störst för GT och minst för KM med KA och GS däremellan.

Tabell 14. *In vivo* smältbarhet av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölk mogna (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gränsilage utfodrade vid 80 % av *ad libitum* ts-intag av baggar. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

Smältbarhet av	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Torrsubstans (%)	68,3 ^a	65,2 ^b	70,0 ^a	63,3 ^b	0,76	***
Organisk substans (%)	69,6 ^b	66,8 ^c	73,6 ^a	64,5 ^d	0,71	***
Råprotein (%)	86,0 ^b	84,1 ^c	88,2 ^a	86,3 ^b	0,44	***
NDF ¹ (%)	57,7 ^b	47,0 ^c	72,1 ^a	58,5 ^b	1,01	***
ADF ² (%)	58,2 ^b	45,4 ^c	73,5 ^a	57,7 ^b	1,14	***

¹NDF = neutral detergent fibre, ²ADF = acid detergent fibre

****P* < 0,001, ^{a,b,c,d}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid *P* < 0,05.

Det var enbart smältbarheten av råprotein som ökade med tillskott av rapsmjöl (tabell 15).

Tabell 15. Effekt av proteintillskott *in vivo* smältbarhet hos ensilage utfodrade vid 80 % av *ad libitum* ts-intag. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över ensilagetyp (n=16).

Smältbarhet av	Rapsmjöl			P - värde
	Utan	Med	SEM	
Torrsubstans (%)	67,1	66,3	0,73	NS
Organisk substans (%)	68,9	68,4	0,70	NS
Råprotein (%)	85,4	86,9	0,33	*
NDF ¹ (%)	59,5	58,1	0,97	NS
ADF ² (%)	60,2	57,2	1,17	NS

¹NDF = neutral detergent fibre, ²ADF = acid detergent fibre

**P* < 0,05, NS = none significance (ej signifikant) vid *P* > 0,10

Proteinutnyttjande

Kväve-intag, utsöndring och upptag

N-intag och N i urin i g per dag var störst för GT och minst för KM med KA och GS i mellanställning (tabell 16). När N i urinen uttrycktes i % av N-intaget var utsöndringen med urinen hos baggar utfodrade med GT endast större än för baggar utfodrade med kornhelsäd. Mängden N i träck i gram per dag var större för baggar utfodrade med GT än för baggar utfodrade med de andra ensilagen. Men när mängden N i träck uttrycktes i % av N-intag hade GT lägst värde medan KM hade högst värde. N-upptaget i kroppen i % av N-intaget var större för KA än för GT (tabell 16).

Tabell 16. Effekt av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölkmodnad (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gräsensilage på totala N-intaget, utsöndring av N i träck och urin och N-upptaget hos baggar utfodrade vid 80 % av *ad libitum* ts-intag. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Totalt N-intag (g/dag)	31,4 ^b	24,7 ^c	47,8 ^a	30,8 ^b	1,54	***
<i>N i</i>						
Träck (g/dag)	4,84 ^b	4,38 ^b	5,96 ^a	4,57 ^b	0,180	***
Urin (g/dag)	16,4 ^{bc}	12,4 ^c	31,7 ^a	17,6 ^b	1,40	***
Träck (% av N intag)	15,4 ^b	17,8 ^a	12,6 ^c	14,9 ^b	0,48	***
Urin (% av N intag)	52,6 ^b	50,2 ^b	66,1 ^a	56,5 ^{ab}	2,96	**
N-upptag (g/dag)	10,2	7,8	10,1	8,6	1,08	NS
N-upptag (% av N intag)	32,0 ^(a)	32,0 ^(a)	21,3 ^(b)	28,6 ^(ab)	3,22	0,071

*** $P < 0,001$, ** $P < 0,01$, NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

^{a,b,c}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

^{(a), (b)}LS means med olika bokstäver inom parantes tenderar att skilja sig åt vid $0,05 < P < 0,10$.

Andel N i urinen ökade medan andel upptaget N minskade med tillskott av rapsmjöl till ensilagen (tabell 17).

Tabell 17. Effekt av proteintillskott på totala N-intaget, utsöndring av N i träck och urin och N-upptaget hos baggar utfodrade vid 80 % av *ad libitum* ts-intag. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över ensilagetyp (n=16).

	Rapsmjöl			
	Utan	Med	SEM	P - värde
Totalt N-intag (g/dag)	32,8	34,5	1,49	NS
<i>N i</i>				
Träck (g/dag)	4,65	5,23	0,173	0,054
Urin (g/dag)	17,3	21,7	1,27	*
Träck (% av N-intag)	14,6	15,7	0,40	NS
Urin (% av N-intag)	50,4	62,3	2,38	*
N-upptag (g/dag)	10,8	7,6	1,00	0,062
N-upptag (% av N-intag)	35,0	22,0	2,68	*

* $P < 0,05$, NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

Utsöndring av urea-N och total-N med urinen i gram per dag var större för baggar utfodrade med GT än för de övriga baggarna (tabell 18). Utsöndringen av allantoin och totala mängden purinderivat tenderade att vara större för baggar utfodrade med KA än för baggar utfodrade med KM.

Tabell 18. Effekt av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölk mogna (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gränsilage på utsöndringen av olika N-föreningar i urinen hos baggar utfodrade vid 80% av *ad libitum* ts-intag. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

Utsöndring av	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
g/dag						
Urea	24,6 ^b	18,1 ^b	51,9 ^a	27,3 ^b	3,32	***
Urea-N	11,4 ^b	8,4 ^b	24,2 ^a	12,7 ^b	1,55	***
Total-N	16,4 ^{bc}	12,5 ^c	31,7 ^a	17,6 ^b	1,40	***
Kreatinin	1,31	0,80	0,94	1,24	0,25	NS
Urinsyra	0,090	0,083	0,077	0,080	0,0192	NS
Allantoin	2,51 ^(a)	1,42 ^(b)	1,62 ^(ab)	1,77 ^(ab)	0,300	0,085
Purinderivat ¹	2,60 ^(a)	1,50 ^(b)	1,68 ^(ab)	1,85 ^(ab)	0,317	0,100
mmol/dag						
Kreatinin	11,61	7,08	8,27	11,00	2,191	NS
Urinsyra	0,53	0,49	0,46	0,48	0,114	NS
Allantoin	15,86 ^(a)	9,01 ^(b)	10,25 ^(ab)	11,18 ^(ab)	1,899	0,085
Purinderivat	16,39 ^(a)	9,44 ^(b)	10,59 ^(ab)	11,66 ^(ab)	1,998	0,100
Kreatinin (mg/kg LV ²)	13,28	8,26	9,87	12,56	2,506	NS

¹Purinderivat = allantoin + urinsyra, ²LV = levande vikt

*** $P < 0,001$, NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

^{a,b,c}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

^{(a), (b)}LS means med olika bokstäver inom parantes tenderar att skilja sig åt vid $0,05 < P < 0,10$.

Tillskott av rapsmjöl ökade utsöndringen av total-N med urinen samt tenderade att öka utsöndringen av allantoin och totala mängden purinderivat (tabell 19).

Tabell 19. Effekt av proteintillskott på utsöndringen av olika N-föreningar i urinen hos baggar utfodrade vid 80 % av *ad libitum* ts-intag. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över ensilage typ (n=16).

Utsöndring av	Rapsmjöl			P - värde
	Utan	Med	SEM	
g/dag				
Urea	27,3	33,6	2,51	NS
Urea-N	12,73	15,67	1,173	NS
Total-N	17,34	21,74	1,272	0,050
Kreatinin	0,87	1,27	0,202	NS
Urinsyra	0,070	0,095	0,0139	NS
Allantoin	1,56	2,10	0,212	0,084
Purinderivat ¹	1,62	2,18	0,224	0,090
mmol/dag				
Kreatinin	7,73	11,25	1,78	NS
Urinsyra	0,42	0,56	0,083	NS
Allantoin	9,86	13,28	1,34	0,084
Purinderivat	10,26	13,78	1,413	0,090
Kreatinin (mg/kg LV ²)	9,11	12,88	2,031	NS

¹Purinderivat = allantoin + urinsyra, ²LV = levande vikt

NS = none-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

Levande vikt

Baggar utfodrade med GT hade lägst medelvikt under perioden med vid fri tillgång på ensilage men skilde sig inte från GS under perioden med begränsad tillgång (80 % av *ad libitum*; tabell 20). Det var endast signifikant skillnad i viktsförändring för baggar som utfodrades med kornhelsäd där baggar utfodrade med KM minskade något i vikt medan baggar utfodrade med KA ökade i vikt under perioden på fri tillgång på ensilage.

Tabell 20. Effekt av kornhelsäd skördad vid axgång (KA) och vid mjölk mogna (KM) samt tidigt (GT) och sent (GS) skördat gräsenilage på hull, medelvikt och viktsförändringar hos baggar utfodrade vid 80 % av *ad libitum* ts-intag. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över proteintillskott (60 g rapsmjöl/bagge och dag; n=8).

	Försöksfoder				SEM	P - värde
	KA	KM	GT	GS		
Hull	3,91	3,97	3,87	3,97	0,064	NS
Medelvikt <i>ad lib</i> intag (kg)	100,1 ^a	100,2 ^a	97,6 ^b	99,8 ^a	2,560	*
Medelvikt begränsat intag (kg)	99,0 ^a	98,4 ^a	95,8 ^b	97,8 ^{ab}	2,519	**
Viktsförändring <i>ad lib</i> intag (kg)	1,31 ^a	-0,37 ^b	0,62 ^{ab}	0,31 ^{ab}	0,431	*
Viktminskning begränsat intag (kg)	-3,56	-3,31	-4,25	-4,37	0,642	NS
Viktsförändring <i>ad lib</i> intag (%) ²	1,26 ^a	-0,44 ^b	0,53 ^{ab}	0,28 ^{ab}	0,419	*
Viktminskning begränsat intag (%) ²	-3,52	-3,25	-4,26	-4,35	0,591	NS

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$, NS = non-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

^{a,b}LS means med olika bokstäver inom samma rad skiljer sig åt vid $P < 0,05$.

Det var ingen effekt av tillskott av rapsmjöl till ensilage på baggarnas medelvikt och viktsförändringar (tabell 21).

Tabell 21. Effekt av proteintillskott på hull, medelvikt och viktsförändringar hos baggar utfodrade vid 80 % av *ad libitum* ts-intag. Least square means och standard error of the mean (SEM) i genomsnitt över ensilagetyp (n=16).

	Rapsmjöl			P - värde
	Med	Utan	SEM	
Hull	3,87	3,98	0,079	NS
Medelvikt <i>ad lib</i> intag (kg)	97,9	101,0	3,55	NS
Medelvikt begränsat intag (kg)	96,2	99,2	3,49	NS
Viktsförändring <i>ad lib</i> intag (kg)	0,06	0,87	0,384	NS
Viktminskning begränsat intag (kg)	-3,31	-4,44	0,676	NS
Viktsförändring <i>ad lib</i> intag (%) ²	-0,004	0,82	0,358	NS
Viktminskning begränsat intag (%) ²	-3,31	-4,38	0,581	NS

NS = non-significance (ej signifikant) vid $P > 0,10$

Diskussion

Konsumtion och sortering

Den större ts-konsumtionen hos baggar som utfodrades med KA kan förklaras av den högre smältbarheten av organisk substans både *in vitro* (VOS) och *in vivo* jämfört med KM och GS. Däremot kan inte skillnader i smältbarhet av organisk substans förklara den högre ts-konsumtionen av KA än av GT eftersom GT hade högre smältbarhet än KA. Den lägre ts-halten och det högre innehållet av ammoniak-kväve i GT kan delvis ha orsakat den lägre ts-konsumtionen av GT än av KA (Huhtanen et al., 2007). Intaget av råprotein stämde väl överens med halten råprotein i ensilaget med högst intag av GT följt av KA och GS och lägst intag av GS. Konsumtionen av råprotein och NDF minskade med senare mognadsstadium hos kornhelsäd beroende på minskade halter av råprotein och NDF under växtens utveckling då axet ökar på bekostnad av blad/stjälk-delen (Rustas et al., 2011). Däremot ökade intagen av NDF, ADF och ADL med senare utvecklingsstadium hos gräsenilaget eftersom fiber- och lignininnehållet ökar när gräs mognar (Nadeau et al., 2015). I likhet med kornhelsäd minskade råproteinintaget med senare utvecklingsstadium hos gräsenilaget då gräsets råproteinhalt minskar vid ett minskat blad/stjälkförhållande (Nadeau och Hallin, 2016). Baggarna selekterade till viss del bort de fiberrika delarna i ensilage av KA, KM och GS men det påvisades ingen sortering av GT, som var relativt bladrik. Foderselektion blir ett speciellt tydligt ätbeteende vid utfodring av kornhelsäd, som är ett heterogent grovfoder med innehåll av ax med kärnor samt strå och blad (Rustas och Nadeau, 2011).

Tuggningsaktivitet

Den drivande faktorn för tuggningsaktivitet är konsumtion av NDF från grovfoder (Mertens, 1997), som varierade från 0,84 för KM till 0,97 % av kroppsvikten för GS foderstater vid ett foderintag på 80 % av fri tillgång då tuggningsmätningarna genomfördes. Den genomsnittliga idisslingstiden per kg NDF-intag från grovfoder på 600 minuter var 42 % längre jämfört med idisslingstiden hos dräktiga tackor som utfodrades med långt gräsenilage (Jalali et al., 2012) och 27 % längre än hos dräktiga tackor utfodrade med hackat gräsenilage (Helander et al., 2014). Idisslingstiden per kg NDF-intag från grovfoder minskar vid ökat NDF-intag från grovfoder (Nørgaard et al., 2010), vilket också visas i de här studierna där intaget av NDF från grovfoder var 1,2 % och 1,1 % av kroppsvikten i studierna av Jalali et al. (2012) respektive Helander et al. (2014) medan den var 0,9 % av kroppsvikten i den här studien. Ättiden per kg NDF-intag av grovfoder var mycket kortare i den här studien jämfört med resultat på långt gräsenilage av Jalali et al. (2012) och Helander et al. (2014) (193 vs. 436 respektive 367 min/kg NDF-intag från grovfoder).

Antalet käkrörelser under ättiden relativt till antalet käkrörelser under idisslingstiden varierade mellan 0,24 och 0,33 i det här försöket, vilket är mindre än för dräktiga och digivande tackor utfodrade med hackat gräsenilage, som hade en kvot mellan käkrörelser för ättid och käkrörelser för idisslingstid på 0,51 respektive 0,73 (Helander et al., 2014). Motsvarande värden var 0,95 och 1,06 för dräktiga respektive digivande tackor utfodrade med långt ensilage, vilket visar på att det tar betydligt längre tid för fåren att äta långt ensilage jämfört med hackat ensilage (Helander et al., 2014). Detta styrks av att Helander et al. (2014) visade på en kortare ättid per kg NDF-intag från grovfoder för dräktiga tackor när ensilaget var hackat jämfört med långt ensilage.

Den totala tuggningstiden per kg NDF-intag från grovfoder var 796 minuter, vilket är likt tuggningstiden hos dräktiga tackor som var utfodrade med gräsenilage i fri tillgång (Jalali et al., 2012; Helander et al., 2014) men längre än tuggningstiden per kg NDF-intag från grovfoder

hos digivande tackor, som var 573 minuter per kg NDF-intag från grovfoder (Helander et al., 2014).

Osmälta foderpartiklar i träcken

Gräsensilage hade en större andel små partiklar (< 0,212 mm) än ensilage av kornhelsäd, vilket inte kunde relateras till skillnader i idisslingstid per kg NDF-intag från grovfodret. Skillnader i partikelstorleksfördelning i träcken mellan gräsensilage och ensilage av kornhelsäd kan bero på skillnader i fiberstruktur mellan växtslagen eftersom det är innehåll och egenskaper hos NDF som främst påverkar smältbarheten hos ensilage (Allen, 1996; Jalali et al., 2012).

Det geometriska medelvärdet för träckpartiklarna (GPS) var högre i den här studien jämfört med resultat på långt gräsensilage (Jalali et al., 2012). Senare mognadsstadium hos kornhelsädsensilage och gräsensilage ökade ADL/NDF-kvoten och minskade andelen små träckpartiklar, vilket stämmer överens med resultat från Jalali et al. (2015). Andelen stora träckpartiklar större än 1 mm var generellt lägre än de värden som Jalali et al. (2012) rapporterade, vilket kan bero på skillnader i passagehastighet av fodret genom vommen då baggarna i den här studien fick begränsad fodergiva medan de dräktiga tackorna i studien av Jalali et al. (2012) fick fri tillgång på fodret.

In vivo smältbarhet

Smältbarheten av organisk substans *in vivo* var högst för GT, följt av KA, KM och GS, vilket också var rangordningen av grovfodren för smältbarheten av organisk substans *in vitro* (VOS). Det är alltså ett klart samband mellan smältbarhetsmetoderna. Resultaten stöder tidigare kunskap om att skörd vid tidigt utvecklingsstadium av gräs ökar dess smältbarhet och därmed energivärdet jämfört med en senarelagd skörd då energivärdet i gräsensilaget är lägre (Nadeau et al., 2015). Så är det inte alltid med helsäd av spannmål eftersom det stärkelserika axet ökar medan det fiberrika strået minskar vid kärnutvecklingen, vilket ger en relativt oförändrad smältbarhet av den organiska substansen mellan mjölk- och degmognad. Däremot sker en sänkning av smältbarheten från axgång till mjölmognad i helsäd då ännu inte någon betydande stärkelseinlagring har påbörjats i kärnan (Rustas et al., 2011), vilket stämmer överens med resultaten i den här studien. Även smältbarheten av råprotein, NDF och ADF var högst för GT men nu var det KM istället för GS som hade lägst smältbarhet. Resultaten visar att helsäd bör skördas vid axgång för att få en hög smältbarhet, speciellt om det rundbalas eftersom kärnspillet i fält då är obetydligt. Rundbalar är det vanligaste skördesystemet på fårgårdar med mindre bruksareal.

Proteintillskottet påverkade inte smältbarheten av NDF, tuggningsaktiviteten eller partikelstorleken i träcken. Detta antyder att andelen vomnedbrytbart protein i ensilagen inte har varit begränsande på den fysiska nedbrytningen av NDF och den mikrobiella förjäsningen av smältbar NDF i vommen i den nuvarande studien.

Kväveutnyttjande

Trots att det tidigt skördade gräsensilaget hade hög smältbarhet av både råprotein och fiber (NDF och ADF) hade det högst andel kväve i urinen i förhållande till N-intaget. Detta kan bero på en högre löslighet av proteinet i tidigt skördat gräs, vilket ökar risken för ammoniakavgång från vommen, som omvandlas till urea i lever och därefter utsöndras via njurarna i urinen (Kohn och Allen, 1995). Därmed hade GT lägre N-upptag i vävnaderna än ensilaget av kornhelsäd.

Utsöndringen av purinderivat i urinen, som är ett mått på mikrobproteinsyntesen i vommen, tenderade att vara större för KA än för KM men det fanns inga skillnader mellan gräs och helsäd. Tillskott av protein i form av rapsmjöl ökade utsöndringen av urin-N i procent av N-

intaget med en tendens till lägre upptag av N i vävnaderna jämfört med foderstater utan tillskott av protein. Detta antyder ett överskott av protein som vävnaderna inte hade behov av att ta upp och visar, tillsammans med avsaknad av effekt av proteintillskott på ensilagekonsumtion och smältbarhet av organisk substans, att innehållet av protein i ensilaget var tillräcklig för ett bra näringsutnyttjande hos fåren.

Slutsats

Fysiska och nutritionella egenskaper hos ensilage av kornhelsäd och gräs skördade vid olika utvecklingsstadier påverkar fårens konsumtion och proteinutnyttjande och därmed typ av annat grovfoder samt kraftfoder som behöver ingå i foderstater till små och stora idisslare för optimalt foderutnyttjande hos djur som befinner sig i olika fysiologiska stadier.

Publikationer

Hedlund, S. Whole crop barley silage and grass silage harvested at different stages of maturity - effects on intake, chewing behaviour and faecal characteristics in sheep. (Helsädsensilage och gräsensilage skördade vid olika mognadsstadier- effekt på konsumtion, tuggningsbeteende och träckegenskaper hos får.) MSc in Animal Science (Husdjursvetenskap), 30 hp. Dept. Animal Environment and Health, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Skara. Planerad redovisning i april 2017

Magnusson, A. Whole crop barley silage and grass silage harvested at different stages of maturity - effects on intake, feed selection, digestibility and protein utilisation in sheep. (Helsädsensilage och gräsensilage skördade vid olika mognadsstadier- effekt på konsumtion, foderselektion, smältbarhet och proteinutnyttjande hos får.) MSc in Animal Science (Husdjursvetenskap), 30 hp. Dept. Animal Environment and Health, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Skara. Planerad redovisning i april 2017.

Nørgaard, P., Hedlund, S., Muche, S., Arnesson, A. and Nadeau, E. 2015. Effects of forage type and protein supplementation on chewing and faecal particle size in sheep. Book of Abstracts of the 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. pp. 418. EAAP – Annual Meeting, 31 August – 4 September, Copenhagen, Denmark. Wageningen Academic Publishers.

Innehållet i slutrapporten kommer att publiceras som en rapport vid institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU Skara.

Referenser

- Allen, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74, 3063-3075.
- Arnesson, A., Nadeau, E. och Eggertsen, J. 2010. Vad betyder tidigt skördat vallfoder? Fårskötsel, nr. 6, sid 16-18.
- Bae, D.H., J.G. Welch, and B.E. Gilman. 1983. Mastication and rumination in relation to body size of cattle. *J. Dairy Sci.* 66, 2137-2141.
- Buxton, D.R. and O'Kiely, P. 2003. Preharvest plant factors affecting ensiling. pp. 199-250. *Silage Science and Technology*. Buxton, D.R., Muck, R.E. and Harrison, J.H. (eds.) Agronomy No. 42, ASA, Inc., CSSA, Inc., SSSA, Inc., Madison, WI., USA.
- Ericson, B. and André, J. 2010. HPLC – applications for agricultural and animal science Proc. 1 st Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden 2010. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Animal Nutrition and Management, 274, 23-26.
- Helander, C., Nørgaard, P., Jalali, A.R. and Nadeau, E. 2014. Effects of chopping grass silage and mixing silage with concentrate on feed intake, dietary selection, chewing activity and faecal particle size of ewes in late pregnancy and early lactation. *Livest. Sci.* 163, 69-79.
- Huhtanen, P. 2010. Evaluation of protein value of forages. Proc. 14th Int. Symp. Forage Conservation, Brno, Czech Republic, March 17-19, pp. 58-76.
- Huhtanen, P., Rinne, M. and Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal*, 1, 758-770.
- Huhtanen, P., Südekum, K.H., Nousiainen, J. and Shingfield, K. 2010. Forage conservation, feeding value and milk quality. Schnyder, H. et al., (eds.). *Grassl. Sci. Europe*, 15, 379-400.
- Illius, A.W. and Gordon, I. J. 1991. Prediction of intake and digestion in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics. *J. Agric. Sci.* 116, 145-157.
- Jalali, A. R., Nørgaard, P., Weisbjerg, M. R. and Nadeau, E. 2012. Effect of stage of maturity of grass at harvest on intake, chewing activity and distribution of particle size in faeces from pregnant ewes. *Animal*. 6, 1774-1783.
- Jalali, A.R., Weisbjerg, M.R., Nadeau, E., Randby, T., Rustas, B.O., Eknæs, M. and Nørgaard, P., 2015. Effects of forage type, animal characteristics and feed intake on faecal particle size in goat, sheep, llama and cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 208, 53–65.
- Jansson, J. 2009. Vallinsåddens utveckling vid olika helsädesalternativ. . Sid 55-60. Försöksrapport 2009 för Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps.
- Kohn, R.A. and Allen, M.S. 1995. Effect of plant maturity and preservation method on in vitro protein degradation of forages. *J. Dairy Sci.* 78, 1544-1551.
- Kumm, K-I. 2009. Profitable Swedish lamb production by economies of scale. *Small Rumin. Res.* 81, 63-69.
- Larsson, K. och Bengtsson, S., 1983. Bestämning av lättillgängliga kolhydrater i växtmaterial. National Laboratory for Agricultural Chemistry, Uppsala, Sweden. (In Swedish).
- Lindgren, E. 1979. *The nutritional value of roughages determined in vivo and by laboratory methods*. Report 45. Department of Animal Nutrition Management, Swedish University of Agricultural Science, Sweden (in Swedish with English summary). 66 p.
- Lindgren, E. 1983. *Nykalibrering av VOS-metoden för bestämning av energivärde hos vallfoder*. Working paper. Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden (in Swedish). 4 p.
- LKS - Landwirtschaftliche Kommunikationsund Servicegesellschaft mbH. 2006. Qualitätsmanagementhandbuch. Titel: Bestimmung des Harnstoff – Gehaltes. 2006-09-18.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fibre requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
- Nadeau, E. 2007. Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *J. Sci. Food Agric.* 87, 789-801.
- Nadeau, E., Arnesson, A., Jansson, J. och Rustas, B-O. 2012. Helsäd till ensilage. Resultat från projekt i Västsverige. Broschyr nr. 12, 12 sidor.
- Nadeau, E., Arnesson, A. and Helander, C. 2015. Effects of grass silage feed value on feed intake and performance of pregnant and lactating ewes and their nursing lambs. *Grass Forage Sci.* 71, 448-457.
- Nadeau, E. och Hallin, O. 2016. Näringskvalitet i rörsvingelhybrid. Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet, Sveriges Lantbruksuniversitet Nr. 69. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö, 6-7 december. Germundsson, L och Servin, D. (red.), Partnerskap Alnarp, sid: 31:1-31:5.
- Nadeau, E. och Jansson, J. 2010. Vårsådda helsädesgrödor – stråsåd och stråsåd/baljväxt. Försöksrapport 2010 för Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps. sid 101-103.

- Nørgaard P. and Hilden K. 2004. A new method for recording mastication during eating and ruminating in sheep. *J. Anim. Feed Sci.* 13, 171-174.
- Nørgaard, P., Nadeau, E. and Randby, A. 2010. A new Nordic structure evaluation system for diets fed to dairy cows. Sauvant, D., McNamara, T., France, J. (eds.), *Modelling nutrient digestion and utilization in farm animals*. pp. 112-120. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- Rustas, B-O., Nadeau, E. and Johnsson, S. 2009. Effect of stage of maturity of whole-crop barley on feed intake and liveweight gain in dairy steers differing in live weight. *Grass Forage Sci.* 64, 227-235.
- Rustas, B-O., Nørgaard, P., Jalali, A. R. and Nadeau, E. 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, 67-75.
- Rustas, B-O and Nadeau, E. 2011. Chopping of whole-crop barley silage improves intake and live-weight gain of young dairy steers. *Livest. Sci.* 141, 80-84.
- Rustas, B-O., Bertilsson, J., Martinsson, K., Elverstedt, T. and Nadeau, E. 2011. Intake and digestion of whole crop barley and wheat silages by dairy heifers. *J. Anim. Sci.* 89, 4134-4141.
- Shingfield, K.J. and Offer, N.W. 1999. Simultaneous determination of purine metabolites, creatinine and pseudouridine in ruminant urine by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. B Biomed. Sci. Appl.* 723, 81-94.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.