

Glykemiskt svar och insulinrespons hos hästar utfodrade grovfoder med olika sockerinnehåll

Bakgrund

Ekvint metabolt syndrom har varit ett sjukdomsbegrepp inom veterinärmedicinen sedan 2002. Senare tids forskning har visat att problemet är relativt vanligt förekommande i hästpopulationen (Frank, 2009). Sjukdomen karaktäriseras av övervikt och/eller regional fettansättning, insulinresistens, fång och rubbningar i ämnesomsättningen av fett. Framförallt drabbas hästar av ponnyras men även Arabhästar och hästar av halvblods- och fullblodsras kan drabbas (Frank *et al.*, 2006; Frank 2009). Hur EMS uppstår är inte känt men insulinresistens verkar spela en central roll i utvecklingen av sjukdomen. Flera studier har påvisat ett starkt samband mellan insulinresistens och fång, men den exakta mekanismen för hur insulinresistens ger upphov till fång är än så länge okänd (Geor, 2009). I ett nyligen utfört försök har fång framkallats experimentellt genom att insulin tillförts kontinuerligt under 72 timmar medan blodsockernivån hållits konstant genom separat tillförelse av glukos (Asplin *et al.*, 2007). Försöket indikerar att insulin har en direkt roll i utvecklandet av fång.

Hästar som fått diagnosen EMS rekommenderas en foderstat med lågt innehåll av socker (WSC, water soluble carbohydrates) och stärkelse (Divers, 2008; Frank 2009; Geor, 2009). En sådan foderstat antas ge ett lågt glykemiskt svar och en låg insulinrespons efter utfodring, vilket anses minska risken för att hästen utvecklar fång, förvärrar sin insulinresistens eller får rubbningar i magtarmkanalen (Geor, 2009; Harris & Geor, 2009). Syftet med foderstaten är även att på sikt förbättra patientens perifera insulinkänslighet. Stärkelsesmängden i foderstaten kan reduceras genom att minimera eller helt ta bort spannmål och andra stärkelsesrika fodermedel ur foderstaten. Det är dock betydligt svårare att minimera WSC-andelen i vallfoder i en hästfoderstat, eftersom WSC är en relativt stor beståndsdel i vallfoder (Hopkins, 2000).

En vanlig rekommendation som ges är att blötlägga hö innan utfodring för att på så sätt minska WSC-halten (Watts & Sirois, 2003). Effektiviteten av detta förfarande är dock tveksam och hur stor minskning av WSC-innehållet som kan uppnås är dåligt belagt ur ett vetenskapligt perspektiv. Blötläggning av hö i 16 h gav en halvering av WSC-innehållet i endast tre av nio prover på olika typer av gräshö, och reduktionen av WSC efter blötläggning varierade mellan 9 och 54 % av det ursprungliga WSC-innehållet (Longland *et al.*, 2009). Hur mycket WSC som kan urlakas via blötläggning av svenskproducerade vallfoder är inte undersökt. Hösilage och ensilage har inte undersökts alls med avseende på WSC-innehåll efter blötläggning. Det är troligt att potentialen för WSC-urlakning genom blötläggning är större för ensilage och hösilage än för hö, eftersom växtcellväggarna i ensilage och hösilage redan påverkats av konserveringen och kan möjliggöra ett större utflöde av växtcellernas innehåll, däribland WSC-fraktionens beståndsdelar.

Blötläggning av vallfoder kan också förväntas påverka den hygieniska kvaliteten i fodret. Det är i dagsläget osäkert vad som egentligen sker mikrobiologiskt i blötlagt vallfoder, men risken för snabb tillväxt av mikroorganismer som mögelsvampar, bakterier och protozoer kan vara stor, särskilt under så lång blötläggningstid som 16 h.

Istället för att blötlägga hö kan andra metoder att reducera WSC-innehållet i vallfoder övervägas. Vallväxternas botaniska utvecklingsstadium vid skörd spelar naturligtvis stor roll för WSC-innehållet (Chatterton *et al.*, 2006), liksom väder och klimat under vallens tillväxt och skörd (Butler & Bailey, 1973), men dessa faktorer är svåra att påverka eftersom det oftast

är väderleken som styr när skörden tas. I Sverige utfodras många hästar med inplastat vallfoder av något slag, dvs ensilage eller hösilage (Billysson, 2002). Ensilage innehåller generellt sett lägre WSC-halt än hö, eftersom WSC ombildas till mjölksyra i högre eller lägre grad under ensileringen.

Eftersom utfodringsstrategin är central för att förebygga och behandla insulinresistens hos hästar samtidigt som det i dagsläget inte finns några utprovade utfodringsstrategier för sådana hästar, är det av stor vikt att undersöka hur olika foderstater (mer eller mindre reducerade på socker) påverkar hästens glykemiska svar och insulinrespons. Kunskap om hur ett lämpligt vallfoder med lågt sockernehåll, som dessutom ger ett lågt glykemiskt svar och en låg insulinrespons, skall åstadkommas är därför angeläget att ta fram till gagn för både hästnäring och hästforskning.

Försöket är uppdelat i 2 separata studier:

1. Möjligheter att reducera WSC-halten i vallfoder:

Syftet med denna projektdel var att undersöka om WSC-halten i svenska vallfoder kan påverkas via konserveringsmetod (ensilering, konservering till hösilage, torkning till hö); via användning av ensileringsmedel i form av osmotoleranta mjölksyrabakterier (för ensilage och hösilage); via lagringstid (3, 6, 12 och 18 månader efter skörd) och via blötläggning innan utfodring (12 eller 24 timmars blötläggning). I studien ingick också att undersöka hur den mikrobiologiska sammansättningen i fodret påverkades av blötläggning under 24 h.

2. Glykemiskt svar och insulinrespons hos hästar utfodrade grovfoder med olika WSC-halter:

Målet med studie 2 var att ta reda på hur det glykemiska svaret och insulinresponsen förändras vid utfodring av grovfoder med olika innehåll WSC-innehåll (lågt, mellan samt högt) hos två olika hästraser – varmblodiga travhästar och islandshästar.

Studie 1 – Möjligheten att reducera WSC-halten i vallfoder

Material och metoder

En och samma vall användes för produktion av ensilage, hösilage och hö. Grönmassan provtogs vid inläggning av respektive foderslag och analyserades med avseende på torrsbstanshalt (ts), socker definierat som lättlösliga kolhydrater (WSC, bestående av glukos, fruktos, sukros, fruktaner), omsättbar energi, råprotein och neutral detergentfibrer (NDF). Grönmassans mikrobiologiska sammansättning (jäst, mögel, enterobakterier, mjölksyrabakterier och klostridier) analyserades också. Ensilage och hösilage konserverades i 25L-laboratoriesilor. Ensilage bärgades vid ca 40 % ts-halt, hösilage vid ca 60 % ts-halt, och hö i lös form vid ca 70 % ts-halt som sluttorkades artificiellt på skultork till 93 % ts-halt och en vattenaktivitet på 0,68. Ensileringsmedel bestående av osmotoleranta mjölksyrabakterier tillsattes till hälften av silorna med ensilage och hösilage vid inläggningen (för hö användes inget konserveringsmedel). Ensilage, hösilage och hö lagrades därefter i 3, 6, 12 och 18 månader. Vid dessa tidpunkter öppnades och provtogs en fjärdedel av antalet silor/hösmängden. Analys av näringsinnehåll och mikrobiologi gjordes enligt vad som beskrivits ovan för grönmassa. Dessutom analyserades pH, fermentationsprodukter och ammoniumkväve i ensilage och hösilage, för att kontrollera konserveringsresultatet. Vid provtagning efter 3 och 12 månaders lagring blötlades 1 kg torrsbstans från varje vid tillfället öppnad silo, och motsvarande mängd hö, i 17 liter kranvatten under 24 h. Efter 12 och 24h blötläggning togs prov på det blötlagda fodret för analys av WSC-innehållet, och efter 24 h även för

mikrobiologisk sammansättning. Blötläggning av fodret gjordes under kontrollerade former, men i en miljö och under förhållanden som efterliknar dem i ett häststall. Analys av WSC-halten och de ingående fraktionerna glukos, fruktos, sukros och fruktaner gjordes med en enzymatisk-spektrofotometrisk metod (Larsson & Bengtsson, 1983). Samtliga analysmetoder som användes för mikrobiologisk sammansättning och för analys av fodrets näringsinnehåll är standardmetoder och finns beskrivna i bl a Müller (2005).

Resultat

Innehållet av WSC, glukos och fruktos var lägst i ensilage, jämfört med i hösilage och hö (tabell 1). Lagringstiden hade mycket liten inverkan på sockerhalt i såväl ensilage, hösilage som hö (tabell 2a-c). Användning av ensileringsmedel reducerade innehållet av fruktos och gav högre mjölksyrainhalt i ensilage, men inte i hösilage (tabell 3). Blötläggning reducerade glukos-, fruktos och totala WSC-halten i alla foder, men olika mycket i olika fodertyper, och blötläggning i 24 timmar gav inte alltid större reduktion av sockerhalten jämfört med 12 h blötläggning (figur 1a-c). Den mikrobiologiska sammansättningen i ensilage och hösilage förändrades under 24 h blötläggning, då antalet jästsvampar samt antalet enterobakterier och mjölksyrabakterier ökade jämfört med det initiala antalet före blötläggning ($P < 0.03$, data visas ej pga platsbrist). Vid blötläggning av hö var det endast antalet mjölksyrabakterier som ökade. I ensilage medförde användning av ensileringsmedel att ökningen av antalet entero- och mjölksyrabakterier under blötläggningen var lägre jämfört med kontrollensilaget.

Tabell 1. Inverkan av konserveringsmetod på innehåll (g/kg ts) och sammansättning av lättlösligt socker (WSC) i ensilage, hösilage och hö, samt i grönmassa före konservering

Variabel	Grönmassa	Ensilage	Hösilage	Hö	SEM	P
Glukos	36 ^a	14 ^b	24 ^c	40 ^a	2.1	<0.0001
Fruktos	26 ^a	10 ^b	21 ^c	32 ^d	2.1	<0.0001
Sukros	33 ^a	1 ^b	1 ^b	14 ^c	2.4	<0.0001
Fruktaner	7 ^b	2 ^a	1 ^a	9 ^b	1.0	<0.0001
Total WSC	101 ^a	24 ^b	45 ^c	95 ^a	3.4	<0.0001

^{a,b,c,d} Olika bokstäver påvisar skillnad inom rad

Tabell 2a. Inverkan av lagringstid (3, 6, 12 och 18 månader) på innehåll (g/kg DM) och sammansättning av lättlösligt socker (WSC) i ensilage

Variabel	3 mån	6 mån	12 mån	18 mån	SEM	P
Glukos	8 ^a	9 ^a	21 ^b	18 ^b	1.6	<0.0001
Fruktos	11	9	11	8	2.1	0.65
Sukros	1.6 ^a	0.1 ^b	0.1 ^b	1.5 ^a	0.2	0.0001
Fruktaner	1	1	2	2	1.0	0.86
Total WSC	22	17	31	28	4.0	0.09

^{a,b,c,d} Olika bokstäver påvisar skillnad inom rad

Tabell 2b. Inverkan av lagringstid (3, 6, 12 och 18 månader) på innehåll (g/kg DM) och sammansättning av lättlösligt socker (WSC) i hösilage

Variabel	3 mån	6 mån	12 mån	18 mån	SEM	P
Glukos	24	23	27	21	1.8	0.17
Fruktos	23	23	20	17	1.8	0.07
Sukros	2.4 ^a	0.8 ^b	0.5 ^b	0.9 ^b	0.46	0.04
Fruktaner	0.5	1.2	1.3	0.4	0.46	0.38
Total WSC	49	47	47	39	3.5	0.25

^{a,b,c,d} Olika bokstäver påvisar skillnad inom rad

Tabell 2c. Inverkan av lagringstid (3, 6, 12 och 18 månader) på innehåll (g/kg DM) och sammansättning av lättlösligt socker (WSC) i hö

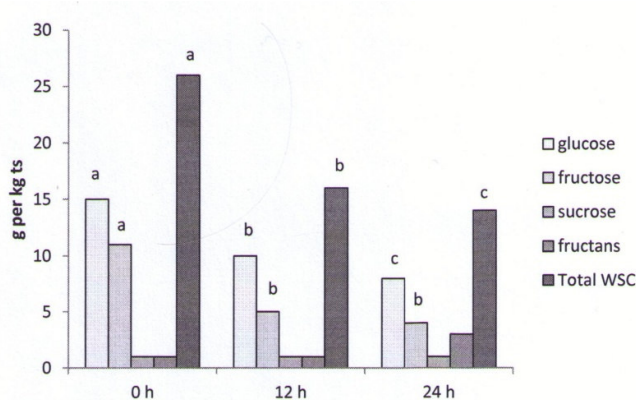
Variabel	3 mån	6 mån	12 mån	18 mån	SEM	P
Glukos	39	39	45	42	3.1	0.38
Fruktos	29 ^a	33 ^{a,c}	38 ^{b,c}	40 ^b	1.9	0.003
Sukros	12	17	13	11	3.6	0.30
Fruktaner	12	7	7	12	2.9	0.19
Total WSC	93	96	102	105	5.2	0.11

^{a,b,c,d}Olika bokstäver påvisar skillnad inom rad

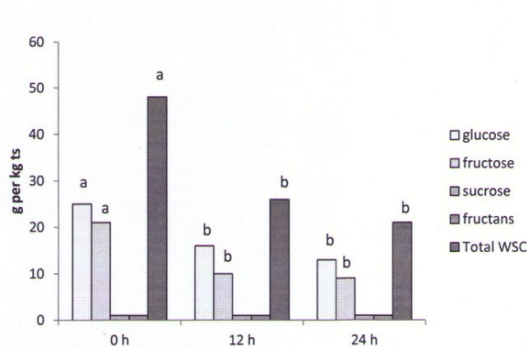
Tabell 3. Inverkan av interaktioner mellan konserveringsmetod (ensilage och hösilage) och behandling med ensileringsmedel på fermentationsprodukter (g/kg ts) samt på innehåll och sammansättning av WSC (g/kg ts) i ensilage och hösilage

Variabel	Ensilage kontroll	Ensilage ensileringsmedel	Hösilage kontroll	Hösilage Ensileringsmedel	SEM	P konserveringsmetod	P ensileringsmedel	P interaktioner
Mjölksyra	18 ^a	61 ^b	5 ^c	19 ^a	3.0	-	-	0.001
Ättiksyra	3 ^a	6 ^b	1 ^a	2 ^a	0.5	-	-	0.03
Glukos	14	14	23	24	1.7	<0.0001	0.98	0.84
Fruktos	12	7	21	20	1.3	<0.0001	0.03	0.08
Sukros	1	1	1	1	0.3	0.31	0.36	0.70
Fruktaner	2	1	1	1	0.5	0.22	0.08	0.08
Total WSC	29	20	45	45	2.7	<0.0001	0.07	0.10

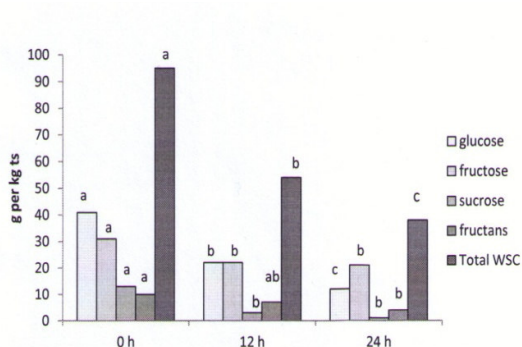
^{a,b,c,d}Olika bokstäver påvisar skillnad inom rad



Figur 1a. Sockerinnehåll i ensilage före och efter 12 och 24 h blötläggning. Skillnader mellan blötläggningstid indikeras av olika bokstäver ($P < 0,04$).



Figur 1b. Sockerinnehåll i hösilage före och efter 12 och 24 h blötläggning. Skillnader mellan blötläggningstid indikeras av olika bokstäver ($P < 0,001$).



Figur 1c. Sockerinnehåll i hö före och efter 12 och 24 h blötläggning. Skillnader mellan blötläggningstid indikeras av olika bokstäver ($P < 0,003$).

Studie 2 – Glykemiskt svar och insulinrespons hos hästar utfodrade grovfoder med olika WSC-halter

Material och metoder

Hästar

Försöket var godkänt av Uppsala Djurförsöksetiska Nämnd. I försöket ingick totalt 16 hästar (fem valacker, 11 ston), åtta varmblodiga travare samt åtta islandshästar. Travhästarna hade en medelålder på 14 ± 5 år (5-21 år) och en medelvikt på 538 ± 51 kg (467-608 kg). Islandshästarna hade en medelålder på 12 ± 5 år (6-18 år) och en medelvikt på 380 ± 44 kg (307-427 kg). För samtliga hästar uppskattades ett "body condition score" (BCS) (Henneke *et al.* 1983) samt ett "cresty neck score" (CNS) (Carter *et al.* 2009). Hästarna hade ett medel-BCS på $5,5 \pm 0,6$ (5-7) och ett medel-CNS på $2,3 \pm 0,3$ (1-2,5). Travhästarna ägdes av Institutionen för kliniska vetenskaper, SLU och islandshästarna var privatägda. Travhästarna stod på box och vistades i hage dagligen, islandshästarna stod på box, vistades i hage dagligen samt motionerades 3-5 ggr/vecka. Ingen av hästarna som ingick i studien visade tecken på sjukdom vid den allmänna kliniska undersökning som utfördes inför försöken. Samtliga hästar hade inför försöket normala fastvärden för plasmainsulin (< 30 mU/L) och blodglukos (3,6-6,3 mmol/L).

Studiedesign

Försöket utfördes som en randomiserad cross-over studie där samtliga hästar under 3 x 1 veckas tid (period 1,2 och 3) utfodrades med 3 olika grovfoderstater - ett med låg, ett med mellan samt ett med hög koncentration av WSC (lättlösliga kolhydrater). Inför försöket fick hästarna acklimatisera sig till den slumpmässigt utvalda första foderstaten under 10 dagar. Foderstaterna anpassades för att motsvara hästarnas behov av energi och protein. Förutom grovfoderdieten gavs samtliga hästar extra tillskott av mineral under försöksperioden. Utfodrad mängd grovfoder beräknades utifrån hästarnas energibehov samt korrigerades enligt respons på foderstaten under acklimatiseringsperioden på 10 dagar. Hästarna utfodrades 3 ggr/dag där 25 % gavs morgon, 25 % gavs eftermiddag samt 50 % av dygnsgivningen gavs på kvällen. Efter 1 veckas utfodring med respektive grovfoderdiet utfodrades hästarna sitt kvällsmål (50 % av dygnsbehovet) på eftermiddagen och fick sedan svälta 12 timmar under natten. Dagen efter lades en permanentkanyl (Intranule, 2,0 x 105 mm; Vygon, Ecoquen, Frankrike) i en av jugularvenerna varefter hästarna utfodrades den gångna veckans grovfoderdiet följt av blodprovstagning för att fastställa dietens glykemiska svar och insulinrespons. Blodprov togs 30 minuter innan samt omedelbart före utfodringen och därefter var 30:e minut under totalt 5 timmar. Efter centrifugering (4°C, 906 g under 10 minuter) överfördes plasma och serum till eppendorfrör och frystes ned till -80°C. Utfodrad mängd grovfoder på försöksdagens morgon beräknades enligt 0,6 kg ts/100kg.

Foderanalyser

Inför försöket identifierades 3 grupper av försöksfoder, ett grovfoder med lågt WSC (LW), ett grovfoder med mellan WSC (MW), samt ett grovfoder med högt WSC (HW) innehåll. Inför varje försöksdag togs sedan ett prov från samtliga 3 grovfoder för analys av WSC (glukos, fruktos, sukros samt fruktan). Av detta analyserade foder packades sedan utfodringsgivan för försöksdagen till samtliga hästar. Fodret analyserades med en enzymatisk spektrofotometrisk metod: Bestämning av lättillgängliga kolhydrater i växtmaterial, metod 22 (Larsson & Bengtsson, 1983) vid Kungsängens foderlaboratorium vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård.

Blodanalyser

Plasma-insulin analyserades med ELISA teknik validerad för häst (Equine insulin ELISA, Mercodia, Sverige). Plasma-glukos analyserades med en fluorimetrisk metod. Samtliga analyser utfördes på metabolismlaboratoriet vid Institutionen för kliniska vetenskaper, SLU.

Resultat

Tabell 1. Näringsanalys av Grovfoder med lågt (LW), mellan (MW) samt högt WSC (HW) innehåll för foder som konsumerats under försöksdagarna för Period 1,2 och 3. n = 16 hästar. Värden representerar enstaka analyser utförda på Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Avdelningen för fodervetenskap, Kungsängen, SLU.

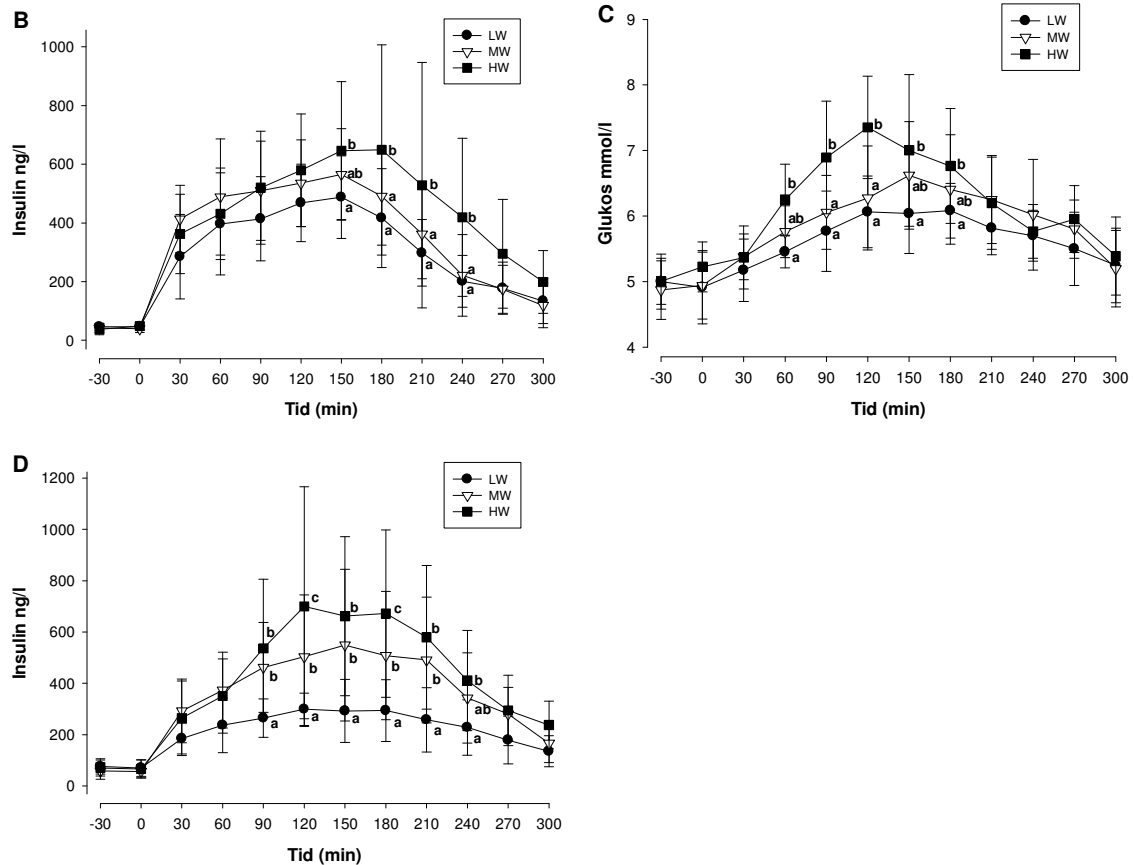
Analys (g/kg ts)	LW				MW				HW			
	1	2	3	$\bar{X} \pm SD$	1	2	3	$\bar{X} \pm SD$	1	2	3	$\bar{X} \pm SD$
WSC	30,1	43,2	43,4	38,9±6,2	122,3	140,1	126,2	129,5±7,6	148,2	212,5	170,5	177,1±26,7
Glukos	6,4	13	11,9	10,4±2,9	36,6	38,7	32,3	35,9±2,7	31,3	36,5	28,2	32,0±3,4
Fruktos	16,1	23,8	26,1	22,0±4,3	72,1	78,4	69,9	73,5±3,6	55,3	68,7	68,0	64,0±6,2
Sukros	2,1	2,2	2,2	2,2±0,0	3,1	6,3	6,3	5,2±1,5	9,4	10,4	10,5	10,1±0,5
Fruktan	5,4	4,3	3,3	4,3±0,9	10,5	16,7	17,7	15,0±3,2	52,2	96,9	63,8	71,0±18,9

För grovfoder med högt WSC innehåll (HW) föreligger variationer mellan prover tagna för period 1,2 och 3 där period 3 i stort motsvarar WSC innehåll i MW fodret (tabell 1).

Tabell 2. Medelvärde \pm SD AUC för plasma-glukos och plasma-insulin respons, max-värde samt tid till max-värde nås för glukos och insulin för islandshästar och varmbloodstravare. n=16 hästar. AUC= arean under kurvan. Tid till max= tid till max-värde nås. Max= max-värde. Ins= insulin. Glu= glukos. LW är låg, MW är mellan och HW är grovfoder med högt innehåll av WSC. Signifikans är satt som $p < 0,05$. Olika upphöjda siffror visar signifikant skillnad för analoga värden inom kolumnen. Olika upphöjda bokstäver visar signifikant skillnad för analoga värden inom raden.

	Islandshästar (n 8)	Varmblod (n 8)
LW		
AUC _{ins}	98757,8±34512,2 ^{1,a}	71715,3±22939,1 ^{1,a}
Tid till Max _{ins} (min)	120,4±0,2 ^{1,a}	120,3±0,3 ^{1,a}
Max _{ins} (ng/l)	502,7±143,4 ^{1,a}	348,5±126,0 ^{1,a}
AUC _{glu}	1841,3±74,7 ^{1,a}	1849,8±90,5 ^{1,a}
Tid till Max _{glu} (min)	120,0±39,3 ^{1,a}	161,3±57,7 ^{1,b}
Max _{glu} (mmol/l)	6,4±0,4 ^{1,a}	6,6±0,5 ^{1,a}
MW		
AUC _{ins}	115751,9±30295,4 ^{1,a}	118812,0±48800,4 ^{2,a}
Tid till Max _{ins} (min)	120,2±0,0 ^{1,a}	120,3±0,0 ^{1,a}
Max _{ins} (ng/l)	614,0±177,3 ^{1,a}	594,7±271,0 ^{1,2,a}
AUC _{glu}	1960,8±105,8 ^{1,2,a}	1938,8±159,2 ^{1,2,a}
Tid till Max _{glu} (min)	120,0±27,8 ^{1,a}	157,5±26,6 ^{1,b}
Max _{glu} (mmol/l)	7,4±0,5 ^{2,a}	6,9±0,9 ^{1,2,a}
HW		
AUC _{ins}	137119,0±57917,9 ^{1,a}	140197,8±66095,8 ^{2,a}
Tid till Max _{ins} (min)	120,4±0,0 ^{1,a}	120,4±0,0 ^{1,a}
Max _{ins} (ng/l)	736,8±353,5 ^{1,a}	789,2±468,8 ^{2,a}
AUC _{glu}	2053,5±99,6 ^{2,a}	2042,6±153,7 ^{2,a}
Tid till Max _{glu} (min)	116,3±29,7 ^{1,a}	120,0±22,7 ^{1,a}
Max _{glu} (mmol/l)	7,9±0,4 ^{2,a}	7,6±0,7 ^{2,a}

Ingen signifikant skillnad kan påvisas mellan AUC insulin för LW, MW och HW hos islandningarna till skillnad från hos travarna där LW är signifikant skild från MW och HW (tabell 2). Det föreligger en signifikant skillnad för Max-värde insulin mellan LW och HW för travhästarna men ingen skillnad för islandshästarna. Vad gäller AUC glukos så är LW signifikant skild från HW för både islandshästar och travare. Tid till Max-värdet glukos skiljer sig mellan raserna där islandshästarna når Max-värdet innan travhästarna för LW och MW men inte för HW. För Max-värde glukos föreligger det signifikanta skillnader inom båda raserna där LW är skild från MW och HW för islandshästarna medan LW endast är skild från HW för travhästarna.



Figur 1 Medelvärde \pm SD plasma glukos (A) och insulin (B) för islandshästar (n= 9), samt plasma glukos (C) och insulin (D) för travhästar (n= 9). Respons på grovfoder med lågt (LW), mellan (MW) samt högt (HW) innehåll av WSC under period 1,2 och 3. Signifikans är satt som $p < 0,05$. Olika bokstäver visar signifikant skillnad för analoga värden inom en tidpunkt.

Signifikant skillnad mellan glukosvärden vid utfodring med LW, MW och HW föreligger från tidpunkt 60 till 180 min för travhästar respektive 210 min för islandshästar (figur 1). För plasma insulin föreligger signifikanta skillnader vid utfodring med LW, MW och HW från 90 till 240 min för travhästarna samt från 150 till 240 min för islandshästarna, vilket visar på rasskillnader i insulinrespons. LW ger generellt högre insulinrespons hos islandshästarna än hos travhästarna. Signifikant skillnad kan påvisas mellan HW och LW samt MW men inte mellan LW och MW för islandshästarna medan skillnader påvisas mellan LW, MW och HW för travhästarna i insulinrespons.

Diskussion och slutsatser

Konservering av vallfoder som ensilage, hösilage eller hö resulterade i lägst sockernehåll i ensilage, högst i hö och mitt emellan i hösilage. Blötläggning av dessa fodermedel i 12 h medförde att alla sockerfraktioner minskade, och blötläggning i 24 h medförde att några fraktioner reducerades ytterligare i ensilage och hö, men inte i hösilage. Att konservera vallfoder som ensilage resulterade i större reduktion av WSC, jämfört med att konservera vallfoder som hö som sedan blötlades i 12 eller 24 h. Med tanke på att blötläggningen gjordes med 17 L vatten per kg ts var ensilering en enklare och mer praktisk metod för att reducera sockerhalten i vallfoder. Det kan även finnas nackdelar med att blötlägga hö innan utfodring. Det vatten som använts vid blötläggning innehåller både WSC och lösligt protein. Mängden vatten som förbrukas vid blötläggning är relativt stor, vilket innebär att hanteringen av detta vatten kan bli en miljöfråga. Dessutom har tidigare studier påvisat att blötläggning av hö också resulterar i förluster av viktiga mineraler och spårämnen vilka reducerades till $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ av det ursprungliga innehållet (Moore-Colyer, 1996; Blackman & Moore-Colyer, 1998). Dessa mineraler och det lösliga proteinet kan behöva ersättas via komplettering av foderstaten med andra fodermedel, något som kan påverka foderekonomi negativt, göra foderstaten onödigt komplicerad och dessutom tillföra WSC och/eller stärkelse.

Det bör noteras att endast en gröda användes i detta försök, detta för att belysa effekten av konserveringsmetod, blötläggning, lagringstid och ensileringsmedel på en och samma gröda och undvika den variation som olika grödor ger. Användning av andra grödor kan ge andra resultat, vilket påvisats av Longland *et al.* (2009) som rapporterade att WSC-reduktionen vid blötläggning av hö kan variera mellan 7 och 54 %, beroende på olika botanisk sammansättning, olika ursprung och olika botaniskt utvecklingsstadium vid skörd av hö. Att lagra vallfoder längre tid hade ingen relevant effekt på sockerhalten, och är alltså inte en metod att rekommendera för att minska sockerhalten i t ex hö.

Resultaten från denna studie visar att olika sockerhalter i grovfoder ger upphov till olika glukos- och insulinsvar hos hästen. I en tidigare studie med liknande upplägg gjord på Quarterhästar kunde endast skillnader i insulinsvar påvisas (Borgia *et al.* 2011). Enbart det glykemiska svaret på ett foder avspeglar inte ett foders effekter på glukosmetabolismen utan det avgörs framförallt av insulinresponsen efter utfodring (Kronfeld *et al.* 2004; Borgia *et al.* 2011). Den maximala insulinkoncentrationen efter utfodring med HW var 737 ± 353 ng/l och 789 ± 469 ng/l för islandshästar respektive travhästar, vilket motsvarar en insulinaktivitet per volymenhet på 74 respektive 79 mU/l (Öberg *et al.* 2011). När enbart krossat korn i givan 0,28 kg/100 kg kroppsvikt utfodrats till häst har den maximala insulinaktiviteten efter utfodring i medeltal blivit $64,9 \pm 36,4$ mU/l (Vervuert *et al.* 2009). Den maximala insulinkoncentration efter utfodring med grovfoder med hög sockerhalt i givan 0,6 kg ts per 100 kg kroppsvikt i vårt försök ger således ett högre insulinsvar än då enbart kraftfoder i form av korn utfodras. Våra resultat indikerar att utfodring med grovfoder som innehåller mycket socker kan ha en negativ effekt på hästar som har insulinresistens, t ex hästar med Cushing's sjukdom, fång eller ekvint metaboliskt syndrom.

Vår studie visar även att rasskillnader föreligger mellan varmblodiga travhästar och islandshästar, både vad gäller glukos och insulinrespons. Islandshästarnas insulinkurvor visar på en snabb stegring för samtliga LW, MW och HW och man ser mindre skillnader mellan grovfodren i denna ras jämfört med hos travhästarna. Denna skillnad kan bero på att islandshästarna i sig är mer insulinresistenta än travhästarna (Bröjer *et al.* 2012, opublicerade uppgifter) och därför behöver mindre stimuli för att plasmakoncentrationerna av insulin ska stiga.

Sammanfattningsvis visar våra försök att konservera vallfoder som ensilage resulterade i större reduktion av WSC jämfört med att konservera vallfoder som hö som sedan blötlägga fodret i 12 eller 24 h. Att utfodra vallfoder med högt sockerinnehåll har liknande effekter på insulinresponserna som utfodring med enbart kraftfoder och det kan ha negativa effekter på hästar som har insulinresistens, t ex hästar med fång, Cushing's sjukdom och ekvint metabolt syndrom.

Publicering

Abstract på 3rd Nordic Feed Science Conference, Uppsala 2012. "Methods for reduction of water soluble carbohydrates content in conserved grass forages".

I manuskript:

Müller, C.E., Udén, P., Nostell, K. and Bröjer, J. 2012. Effect of soaking, use of additives and storage time on content of water soluble carbohydrates in silage, haylage and hay conserved in laboratory silos.

Lindåse-Truelsen, S., Nostell, K., Müller, C.E., Bröjer, J. 2012. Glycaemic and insulinaemic responses to feeding haylage with different water soluble carbohydrates in Standardbreds and Icelandic horses.

Övrig resultatförmedling till näringen

Startseminarium för doktorand Sanna Lindåse vid kliniska vetenskaper, SLU okt 2012
Stuteriveterinärkonferensen oktober 2012 – föreläsare Johan Bröjer
Svenska islandshästföreningens höstkonferens 3-4 november 2012 – föreläsare Johan Bröjer

Kommande:

Artikel i tidningen ridsport
Artikel i sv. Islandshästföreningens medlemstidning
Möte med vallfoderproducenter
Diskussioner med foderanalyföretag – WSC analyser i vallfode

Referenser

Asplin, K.E., Sillence, M.N., Pollitt, C.C., McGowan, C.M. 2007. Introduction of laminitis by prolonged hyperinsulinaemia in clinically normal ponies, *The Veterinary Journal* 174, 530-535.

Billysson, F. 2002. A survey of the feeding of horses at riding schools in southern Sweden (In Swedish). BSc thesis P 00/02:12. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden.

Blackman, M., Moore-Colyer, M.J.S. 1998. Hay for horses: the effects of three different wetting treatments on dust and nutrient content. *Animal Science* 66, 745-750.

Borgia, L., Valberg, S., McCue, M., Watts, K., Pagan, J. 2011. Glycaemic and insulinaemic responses to feeding hay with different non-structural carbohydrate content in control and polysaccharide storage myopathy-affected horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95, 798-807.

- Butler, G.W., Bailey, R.W. 1973.** *Chemistry and Biochemistry of herbage*. Vol 1. Academic Press, London, pp. 137-138, 150.
- Carter, R.A., Geor, R.J. Burton Staniar, W. Cubitt, T.A. Harris, P.A. 2009.** Apparent adiposity assessed by standardised scoring systems and morphometric measurements in horses and ponies. *The Veterinary Journal* 179, 204-210.
- Chatterton, N.J., Watts, K.A., Jensen, K.B., Harrison, P.A., Horton, W.H. 2006.** Nonstructural carbohydrates in oat forage. *Journal of Nutrition* 136, 2111-2113.
- Divers, T.J. 2008.** Preventing endocrine-related laminitis. *Journal of Equine Veterinary Science* 28, 317-319.
- Frank, N. 2009.** Equine metabolic syndrome. *Journal of Equine Veterinary Science* 29, 259-267.
- Frank, N, Elliot S.B., Brandt, L.E., Keisler, D.H. 2006.** Physical characteristics, blood hormone concentrations, and plasma lipid concentrations in obese horses with insulin resistance. *Journal of American Veterinary Medical Association* 228, 1383-1390.
- Geor R. 2009.** Pasture-associated laminitis. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice*. 25(1):39-50
- Harris, P., Geor, R.J. 2009.** Primer on dietary carbohydrates and utility of the glycemic index in equine nutrition. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice*. 25(1):24-37.
- Henneke, D.R., Potter, G.D., Kreider, J.L., Yeates, B.F. 1983.** Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Veterinary Journal* 15, 371-372.
- Hopkins A. (Ed). 2000.** *Grass – it's production and utilization*. 3rd ed. British Grassland Society, Blackwell Science, UK. pp. 140-143.
- Kronfeld, D., Rodiek, A., Stull, C. 2004.** Glycemic indices, glycemic loads and glycemic dietics. *Journal of Equine Veterinary Science* 24, 399-404.
- Larsson, K., Bengtsson, S. 1983.** Bestämning av lättillgängliga kolhydrater i växtmaterial. Metod 22. Statens Lantbrukskemiska laboratorium, Uppsala.
- Longland, A.C., Barfoot, C., Harris, P.A. 2009.** The loss of water-soluble carbohydrate and soluble protein from nine different hays soaked in water for up to 16 hours. *Journal of Equine Veterinary Science* 29 (Abstracts), No. 5, 383-384.
- Moore-Colyer, M. J.S. 1996.** Effects of soaking hay fodder for horses on dust and mineral content. *Animal Science* 63, 337-342.
- Müller, C.E. 2005.** Fermentation patterns of small-bale silage and haylage produced as a feed for horses. *Grass and Forage Science* 60, 109-118.
- Vervuert, I., Klein, S., Coenen, M. 2009.** Effect of mixing dietary fibre (purified lignocelluloses or purified pectin) and a corn meal on glucose and insulin responses in healthy horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 93, 331-338.
- Watts, K.A., Sirois, P. 2003.** Soaking hay to remove excess soluble carbohydrate and potassium. *Proceedings of the 2nd Annual International Equine Conference on Laminitis and Diseases of the Foot*. Palm Beach, FL 2003 (6 pp). USA.
- Öberg, J., Bröjer, J., Wattle, O., Lilliehöök, I. 2011.** Evaluation of an equine-optimized enzyme linked immunosorbent assay for serum insulin measurement and stability of equine insulin. *Comparative Clinical Pathology*. E-publ ahead of print.