

Utfodring av hästar med ekvint metabolt syndrom



Hanna Lundqvist

Utfodring av hästar med ekvint metabolt syndrom

Feeding of horses with equine metabolic syndrome

Hanna Lundquist

Handledare:	Cecilia Müller, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator:	Sanna Truelsen Lindåse, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Omfattning:	15 hp
Kurstitel:	Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Kurskod:	EX0553
Program:	Agronomprogrammet - Husdjur
Nivå:	Grund, G2E
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2018
Serienamn, delnr:	Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 639
Omslagsbild:	Hanna Lundqvist
Nyckelord:	Foder, fång, hyperinsulinemi, insulinresistens, lättlösliga kolhydrater
Key words:	Forage, hyperinsulinemia, insulin resistance, laminitis, water soluble carbohydrates

Sammanfattning

Ekvint metabolt syndrom (EMS) är en diagnos som ställs på hästar med nedsatt insulinkänslighet, ökad risk för fång och regional eller lokal fettansättning. Nedsatt insulinkänslighet leder till en onormalt hög insulinrespons efter födoing. Hög insulinkoncentration i blodet har associerats till en ökad risk för fång hos häst. Fång leder till djurlidande vilket är anledningen till att EMS utgör ett välfärdsproblem för hästar. Genom att anpassa foderstaten till hästar med EMS på ett sådant vis att den nedsatta insulinkänsligheten inte tillåts ge uttryck i någon större utsträckning kan risken för fång och därmed djurlidande minskas. Detta kan göras genom att utesluta stärkelse- och sockerrika fodermedel ur foderstaten, eftersom dessa fodermedel ger en mycket hög insulinrespons hos hästar med EMS. Gräs innehåller en hel del socker vilket är problematiskt då uteslutande av vallfoder ur foderstater till hästar inte är ett alternativ eftersom gräs utgör hästens naturliga basföda. Det finns dock forskning som visar att sockerhalten i vallfoder varierar och går att sänka på flera olika sätt, dels genom att skörda vid sen plantmognad men även genom ensilering. Det finns även metoder som är mindre tillförlitliga för att sänka sockerhalten i vallfoder, till exempel blötläggning av hö, en metod som ofta används i praktiken. Det viktigaste att tänka på vid utfodring av hästar med EMS är att foderstaten ska vara anpassad efter hästens näringsmässiga behov. För att foderstaten ska kunna anpassas efter hästens behov behöver vallfodret analyseras, dels med avseende på icke strukturella kolhydrater men även med avseende på energi- och proteininnehåll. Eftersom skörd i sen plantmognad och ensilering är två metoder som påvisats ge en låg sockerhalt i vallfoder det vara lämpliga vallfoder till hästar med EMS.

Abstract

Equine metabolic syndrome (EMS) is a diagnosis used for describing reduced insulin sensitivity, predisposition to laminitis and regional or local adiposity in horses. Reduced insulin sensitivity leads to an abnormal postprandial insulin response. An increased concentration of insulin in the blood has been reported to increase the risk of laminitis. Laminitis leads to animal suffering which is the main reason for EMS being a welfare issue for horses. By adjusting the feed ration to horses with EMS the expression of reduced insulin sensitivity can be limited. Thus, the risk of laminitis and therefore also animal suffering can be reduced. This can be done by excluding starch and sugar rich feeds from the diet, since they result in a very high insulin response in horses with EMS. Grass contains sugar, which is a challenge as excluding forage from a horse diet is not an option since the main part of horses' natural diet consists of grass. Some studies have shown that the sugar content in grass can be lowered with different strategies such as a late harvest and ensiling. Soaking hay in water is another method commonly used for lowering sugar concentration in forage, but this method has been reported to give highly variable results for sugar reduction in forage. The most important when feeding horses with EMS is that the diet is adapted to the horses' nutritional needs. To be able to adjust the diet to horses with EMS, the forage needs to be analyzed for concentration of non-structural carbohydrates but also for energy and protein content. Harvest in late plant maturity and ensiling has been shown to produce low sugar content in forage and can therefore be used for horses with EMS.

Inledning

Ekvint metabolt syndrom (EMS) är en diagnos som ställs på hästar som har eller har haft fång, har nedsatt känslighet för insulin och har en regional eller lokal fettansättning (Frank *et al.*, 2011). Ekvint metabolt syndrom utgör ett välfärdsproblem för våra hästar främst genom den ökade risken för fång, vilket är ett smärtsamt tillstånd för hästen. I en avhandling vid SLU (Lindåse, 2017) angavs att det i Sverige dagligen insjuknar ca 15 hästar i fång, och attavlivas ca två hästar avlivas per dag på grund av fång (pers. medd. O. Wattle i Lindåse, 2017). Fång orsakar både djurlidande och kan innebära ekonomiska konsekvenser för såväl djurägare som försäkringsbolag.

Den nedsatta insulinkänsligheten hos hästar med EMS leder till att deras insulinfrisättning efter utfodring blir onormalt hög. Experimentella studier har visat att förhöjda insulinnivåer i blod kan inducera fång hos tidigare friska hästar (Asplin *et al.*, 2010; De Laat *et al.*, 2010). Eftersom insulinresponserna efter utfodring påverkas av foderstatens sammansättning går det att minska risken för hög insulinkoncentration i blodet genom att utforma foderstaten på ett sådant sätt att insulinnivåerna inte höjs för mycket (Vervuert *et al.*, 2009; Lindåse, 2017a). Genom att risken för hög insulinkoncentration i blodet minskar till följd av en anpassad foderstat, minskar även risken för fång (Treiber *et al.*, 2010). Jag har själv stött på hästar med EMS och vill därför i denna litteraturstudie undersöka vad forskningen hittills kommit fram till om utfodring av dessa. Hur kan foderstaten anpassas till hästar med EMS för att de ska må så bra som möjligt?

Ekvint metabolt syndrom

Ekvint metabolt syndrom är ett tillstånd hos häst som omfattas av insulinresistens, regional eller lokal fettansättning och ökad risk för fång (Frank *et al.*, 2010). Dessa tre faktorer står till viss del i relation till varandra. Fetma, som uppstår till följd av överutfodring med en stärkelse- och sockerrik foderstat, kan leda till sämre insulinkänslighet (Carter *et al.*, 2009). Försämrad insulinkänslighet kan leda till en överproduktion av insulin (Sjaastad *et al.*, 2016), och höga koncentrationer av insulin i blodet har visats kunna inducera fång hos häst (Asplin *et al.*, 2010; De Laat *et al.*, 2010).

Insulin är ett hormon vars främsta uppgift är att hålla blodsockernivån stabil vid födointag. Det frisätts från bukspottkörteln när glukoskoncentrationerna stiger i blodet, t ex efter födointag. Insulin stimulerar kroppens celler att ta upp glukos när det finns mycket glukos i blodet. Insulinresistens innebär att måcellerna inte svarar normalt på insulinfrisättning, så att mer och mer insulin frisätts innan måcellerna till slut tar upp glukos från blodet. En minskad känslighet för insulin hos måcellerna leder därför till en kompensatorisk överproduktion av hormonet, vilket skapar ett tillstånd av onormalt höga insulinnivåer i blod, kallat hyperinsulinemi (Sjaastad *et al.*, 2016). Forskning har visat att hyperinsulinemi och/eller insulinresistens utsätter hästar för större risk att drabbas av fång (Treiber *et al.*, 2006; De Laat *et al.*, 2010). Vid fång uppstår en inflammation i hovens mjukdelar, vilket kan leda till vävnadsskada, svår smärta och grav håla (Sjaastad *et al.*, 2016). Hos hästar med EMS är det inte ovanligt att även mildare fall av fång förekommer (Geor, 2008). Mekanismerna kring hur hyperinsulinemi orsakar fångsymptom är ännu inte klarlagda (Asplin *et al.*, 2010).

Feta hästar har påvisats vara mindre känsliga för insulin (Treiber *et al.*, 2006) och dessa hästar kan därmed ha en ökad risk att drabbas av hyperinsulinemi jämfört med hästar i normalhull (Carter *et al.*, 2009). Den kompensatoriska överproduktion av insulin som uppstår vid nedsatt insulinkänslighet gör att risken för fång kan öka (Carter *et al.*, 2009). I en svensk studie (Lindåse *et al.*, 2016) påvisades att överhull till följd av en foderstat med lågt socker- och stärkelseinnehåll men högt innehåll av fiber och fett inte ledde till minskad insulinkänslighet. Det behöver alltså inte vara fetma i sig som ökar risken för fång, utan de metabola processer som leder till fetma kan också leda till insulinresistens, och i sin tur fång. Detta pekar på att foderstatens sammansättning kan vara en viktig faktor att ta hänsyn till vid utfodring av hästar med EMS, eftersom hyperinsulinemi bör undvikas hos dessa. Genom att i möjligaste mån undvika socker och stärkelse i foderstaten kan hyperinsulinemi undvikas (Lindåse *et al.*, 2016) och därmed kan även risken för fång minska (Treiber *et al.*, 2006; Carter *et al.*, 2009; De Laat *et al.*, 2010).

Hos vissa hästraser så som Arabiskt fullblod, Welshponny och Shetlandspunny är insulinresistens vanligare än hos andra raser (McCue *et al.*, 2015). Detta skulle kunna ses som ett tecken på att insulinresistens och EMS är ärftligt. Om insulinresistens och EMS har en genetisk komponent eller ej är dock inte klarlagt (McCue *et al.*, 2015).

socker och stärkelse i olika fodermedel

Intag av socker leder till ökad glukoskoncentration i blodet vilket stimulerar bukspottkörteln att frisätta insulin (Sjaastad *et al.*, 2016). Ett högt intag av socker resulterar i en hög produktion av insulin hos hästar (Lindåse *et al.*, 2018). Mängden socker i olika fodermedel varierar (Spörndly, 2003), vilket gör att de är olika lämpliga att använda i foderstater till EMS-hästar. Av den anledningen är det viktigt att veta hur mycket socker olika fodermedel innehåller (Lindåse *et al.*, 2017). Det finns flera typer av socker som förekommer i olika mängd beroende på fodertyp (McDonald *et al.*, 2011). Glukos, fruktos och sukros är olika sockerarter och ingår tillsammans med polysackariden fruktan i begreppet lättlösliga kolhydrater (WSC, water soluble carbohydrates). Exempel på sockerinnehåll i olika fodermedel återfinns i tabell 1.

Glukos och fruktos

Glukos och fruktos är monosackarider som bildas vid fotosyntesen i gröna växter (McDonald *et al.*, 2011; Sjaastad *et al.*, 2016). Monosackariderna behöver inte brytas ner utan absorberas direkt som de är i hästens tunntarm vilket ger en snabb höjning av glukoskoncentrationen i blodet, vilken i sin tur inducerar insulinfrisättning (Sjaastad *et al.*, 2016). Glukos och fruktos finns bland annat i färskt gräs, hö och ensilage (McDonald *et al.*, 2011).

Sukros

I gräs finns även sockerarten sukros, som är en disackarid bestående av en glukos och en fruktosmolekyl (McDonald *et al.*, 2011). Sukros kan inte absorberas direkt i tunntarmen utan behöver först brytas ned av sukras till glukos och fruktos (Sjaastad *et al.*, 2016). Sockerbetor (*Beta vulgaris*) innehåller mycket sukros, därmed innehåller även fodermedel tillverkade av

sockerbeta stora mängder sukros. Exempel på sådana fodermedel är melass och melasserad betfibrer (McDonald *et al.*, 2011).

Fruktaner

Fruktaner är polysackarider bestående av raka eller förgrenade kedjor av fruktosmolekyler med en sukrosmolekyl i ena änden. Fruktaner finns liksom glukos, fruktos och sukros i gräs (McDonald *et al.*, 2011). Det antas att alla däggdjur saknar enzymer som kan bryta ned fruktaner (Longland *et al.*, 2006). Från studier på människa och råttor är det känt att det inte finns några endogena enzymer i digestionssystemet som kan bryta ned fruktaner (Nilsson *et al.*, 1988). Eftersom fruktanerna då inte kan brytas ned i tunntarmen antas de passera till grovtarmen där de fermenteras till flyktiga fettsyror som sedan absorberas (Nilsson *et al.*, 1988). Detta skulle innebära att fruktaner inte påverkar blodglukosnivån efter utfodring, och då inte heller insulinfrisättning hos häst. Om detta stämmer skulle fruktaninnehållet i foder till EMS-hästar vara ointressant. Hos hästar som givits fruktaner från jordärtskocka har dock nedbrytningsprodukter av fruktaner påvisats i magsäck och tunntarm, vilket kan betyda att degraderingen av fruktaner trots allt påbörjats innan de nått grovtarmen (Glatter *et al.*, 2016).

Tabell 1. Energi-, socker- och stärkelseinnehåll i några vanliga fodermedel för hästar, alla värden anges per kg ts

Fodermedel	Omsättbar energi, MJ	Lättlösliga kolhydrater, g	Stärkelse, g	Källa
Melasserad betfibrer	11,3	242	0	Spörndly, 2003
Havre, kärna	9,7	10	338	Spörndly, 2003
Korn, kärna	11	24	518	Spörndly, 2003
Linfrökaka	12,9	54	26	Spörndly, 2003
Hö* (gräs)	9,8	93	-	Müller <i>et al.</i> , 2016
Hösilage* (gräs)	10,0	49	-	Müller <i>et al.</i> , 2016
Ensilage* (gräs)	10,3	22	-	Müller <i>et al.</i> , 2016
Stråsädeshalm	6,3	0	0	Spörndly, 2003

*Exempel på innehåll i vallfoder, halterna varierar kraftigt mellan olika partier av vallfoder.

Stärkelse

I spannmål lagras energi som stärkelse vilka består av raka eller något förgrenade kedjor av glukosmolekyler (Sjaastad *et al.*, 2016). Spannmål är en av de främsta källorna till stärkelseintag hos våra djur (tabell 1) (McDonald *et al.*, 2011). I hästens tunntarm bryter bl a amylas och maltas ned stärkelsen till glukosmolekyler, vilka absorberas i tunntarmen och

inducerar insulinfrisättning (Sjaastad *et al.*, 2016). Stärkelse benämns tillsammans med WSC som icke strukturella kolhydrater (NSC, non structural carbohydrates) (McDonald *et al.*, 2011).

Anpassning av foderstaten till hästar med ekvint metabolt syndrom

Genom att utesluta kraftfoder, som ofta innehåller mycket stärkelse och socker, ur foderstaten till hästar med EMS kan hyperinsulinemi och därmed risken för fång minskas (Geor, 2010; Lindåse *et al.*, 2016).

En foderstat som leder till hullnedgång kan hjälpa till att höja insulinkänsligheten (Freestone *et al.*, 1992; Morgan *et al.*, 2015). Feta hästar med EMS bör därför utfodras med en foderstat som leder till hullnedgång (Frank *et al.*, 2010). För att få hästen att tappa hull bör energiintaget begränsas och dess fysiska aktivitetsnivå höjas. En foderstat bestående av konserverat vallfoder, t.ex. ensilage eller hö, och mineral- och vitamintillskott rekommenderas (Frank *et al.*, 2010; Geor, 2010).

För hästar med EMS som inte är överviktiga, eller som är högpresterande, kan foderstaten behöva justeras om deras energibehov inte kan tillgodoses av det grovfoder som finns att tillgå. Kompletterande fodermedel med lågt innehåll av NSC kan då tilläggas, till exempel fodermedel innehållande smältbara fibrer eller vegetabiliska oljor (Geor, 2010).

Anpassning av grovfoder

Det grovfoder som används i foderstaten till hästar med EMS bör vara näringsmässigt anpassat till hästens behov och ha en låg sockerhalt. I en studie (Lindåse *et al.*, 2018) undersöktes effekten av olika NSC-halt i hösilage på glukos- och insulinrespons hos hästar. Tre hösilagepartier ingick i studien, vilka klassades ha hög (18%), medium (14%) och låg (4%) NSC-halt. Hästarna som ingick i studien var nio friska varmblod och nio friska islandshästar. Hästarna delades in i tre grupper med sex hästar i varje grupp, så att varje grupp bestod av tre hästar av varje ras. Grupperna utfodrades med de tre olika hösilagen i tre perioder. Varje period var sju dagar lång. Hösilagegivan bestämdes utifrån varje hästs energibehov och det aktuella hösilagets energiinnehåll. Den sista dagen i varje period gjordes ett test av hästarnas insulinrespons på morgonen efter utfodring. Efter utfodring med hösilage innehållande medel eller hög NSC-halt var insulinkoncentrationerna högre jämfört med vid utfodring av hösilage med låg NSC-halt. Vid utfodring av hösilage med medel och hög NSC-halt var hästarnas insulinkänslighet av betydelse för insulinkoncentrationen efter foderintaget. Detta samband fanns inte vid utfodring av hösilage med lågt NSC-innehåll. Av detta drogs slutsatsen att risken för hyperinsulinemi, och därmed även fång, kan minska om insulinresistenta hästar utfodras med vallfoder med lågt sockernehåll (Lindåse *et al.*, 2018).

Stärkelsemängd i foderstaten

I en studie (Vervuert *et al.*, 2009) undersöktes hur glukos- och insulinresponsen hos friska hästar påverkades av ett ökat intag av stärkelse. I studien ingick fyra hästar. Stärkelsen i foderstaten utgjordes av ett kommersiellt foder innehållande i huvudsak havre, korn, vete och majs. Fodret innehöll även några fett- och proteinkällor samt mineralämnen. Stärkelseinnehållet

i fodret var 358 g/kg ts. Olika mängder av det stärkelsesrika fodret gavs till hästarna för att nå en stärkelsegiva på 0,3, 0,6, 0,8, 1,1, 1,4 respektive 2 g stärkelse/kg kroppsvikt och dag. Hästarna fick de olika foderstaterna i slumpmässig ordning och med fyra dagars invänjning vid varje foderstatsbyte. För foderstaten med 2 g stärkelse/kg kroppsvikt gavs dock tio dagars invänjningsperiod. Utöver det kommersiella fodret, som gavs vid ett utfodringstillfälle på morgonen, fick hästarna 1 kg hö/100 kg kroppsvikt och dag uppdelat på tre utfodringstillfällen per dag. Glukoskoncentrationen i blodet ökade jämfört med basalkoncentrationen vid utfodring av alla foderstater med det stärkelsesrika fodret. När hästarna gavs $\geq 1,1$ g stärkelse/kg kroppsvikt och dag uppmättes en högre glukoskoncentration hos hästarna än när de fick $< 1,1$ g stärkelse/kg kroppsvikt dag. För alla stärkelsegivor utom den högsta var glukoskoncentrationen i blodet tillbaka på utgångsvärdets nivå inom 420 min. Alla foderstater med det stärkelsesrika fodret resulterade i en höjning av insulinkoncentrationen jämfört med basalkoncentrationen. Den högsta insulinkoncentrationen uppmättes vid utfodring med 2 g stärkelse/kg kroppsvikt och dag. För alla stärkelsegivor utom de två högsta (1,4 g och 2 g stärkelse/kg kroppsvikt/dag) sjönk insulinkoncentrationerna till utgångsvärdena inom 420 min. Av resultatet drogs slutsatsen att stärkelseintaget hos häst bör begränsas till $< 1,1$ g stärkelse/kg kroppsvikt och dag om insulinkoncentrationen i blodet ska hållas på en låg nivå.

Metoder för att sänka sockerinnehållet i vallfoder

Foderstaten till hästar med EMS bör vara fattig på stärkelse och socker (Frank *et al.*, 2010; Lindåse, 2017). Ett lågt stärkelseinnehåll i foderstaten kan uppnås genom att utesluta fodermedel med hög stärkelsehalt, till exempel spannmål (tabell 1). Att utesluta socker helt ur foderstaten är svårt eftersom socker bildas i gräs vid fotosyntesen, det finns därmed i allt vallfoder (McDonald *et al.*, 2011). Hur mycket socker som finns i ett vallfoder varierar beroende på en mängd olika odlings- och skörde faktorer. Som exempel kan nämnas jordens bördighet och vattenstatus, dagslängd och solinstrålning innan skörd (Shewmaker *et al.*, 2006). Många av dessa faktorer är svåra att styra över. Det går dock att reglera hur mycket socker hästen får i sig med vallfodret genom att styra andra påverkande faktorer. Exempel på sådana faktorer är bland annat vilka växtarter som ingår i vallen, vilket botaniskt utvecklingsstadium växten skördas vid (McDonald *et al.*, 2011; Müller, 2012) och vilken konserveringsmetod som används (Müller *et al.*, 2016). I vallfoder till hästar med EMS bör NSC-halten inte överskrida 10 % av torrsubstansen (Frank *et al.*, 2010). För att veta hur mycket NSC ett vallfoder innehåller behöver det analyseras med avseende på WSC och stärkelse (McDonald *et al.*, 2011).

Lagringstid och konserveringsmetod

I en studie undersöktes olika metoder för att minska sockerinnehållet i vallfoder (Müller *et al.*, 2016). Genom att konservera samma vallskörd på olika sätt, som ensilage, hösilage och hö, kunde skillnader i WSC-innehåll påvisas där ensilage hade lägst och hö högst WSC-halt (tabell 1). I hösilage och ensilage testades även effekten av bakteriella inokulanter. Bakteriella inokulanter kan vara ett sätt att minska WSC-halten i fermenterade vallfoder då de kan öka graden av fermentation vid ensilering genom ökad förbrukning av WSC jämfört med obehandlad kontroll (Merry *et al.*, 1995). Behandlingen med bakteriella inokulanter minskade koncentrationen av fruktos i ensilage jämfört med i obehandlad kontroll, medan halterna av de

andra komponenterna i WSC var lika i behandlade som obehandlade led (Müller *et al.*, 2016). Ingen effekt av inokulanterna på WSC-innehållet i hösilage kunde påvisas. I samma studie (Müller *et al.*, 2016) undersöktes även lagringstidens effekt på WSC-innehållet i olika vallfoder. Efter 3, 6, 12 och 18 månaders lagring mättes WSC-halten i hö, ensilage och hösilage. Variationer i WSC-innehållet över tid kunde påvisas men ingen tydlig trend av ökning eller minskning kunde konstateras (Müller *et al.*, 2016).

Tabell 2. Minskning av halten lättlösliga kolhydrater i hö till följd av blötläggning vid olika förhållanden

Halt lättlösliga kolhydrater vid start, g/kg ts	Blötläggningstid, h	Vattenmängd, l/kg hö	Temp, C°	Övrig behandling	Förlust av lättlösliga kolhydrater, % av initialt värde	Källa
192	1	12	8	-	12	Longland <i>et al.</i> , 2014
192	16	12	8	-	15	Longland <i>et al.</i> , 2014
192	1	12	16	-	30	Longland <i>et al.</i> , 2014
192	16	12	16	-	46	Longland <i>et al.</i> , 2014
192	16	12	49	-	44	Longland <i>et al.</i> , 2014
123	16	12	5–10	packat	6	Longland <i>et al.</i> , 2011
167	16	12	5–10	löst	54	Longland <i>et al.</i> , 2011
230	16	12	5–10	löst	17	Longland <i>et al.</i> , 2011
95	12	17	5–7	-	43	Müller <i>et al.</i> , 2016
95	24	17	5–7	-	60	Müller <i>et al.</i> , 2016

Blötläggning

Att lägga vallfoder i blöt för att sänka dess innehåll av WSC är en metod som testats i flera olika studier med varierande resultat. I en studie blötlades höprov från nio olika höpartier innehållande mellan 123 och 230 g WSC/kg ts före blötläggning (Longland *et al.*, 2011). Prover togs och analyserades efter 20 minuter, 40 minuter, tre timmar och 16 timmars blötläggning i vatten med en temperatur på 5–10 grader. Alla höprover blötlades på två olika sätt; en del av en pressad höbal skakades sönder (löst) och blötlades, och en del av höbalen blötlades utan att skakas sönder först (packat). Hur mycket WSC-halten sjönk hos de olika höproverna varierade

kraftigt (tabell 2). I det höprov där störst WSC-förlust uppmättes hade WSC-halten minskat med 54% av den ursprungliga WSC-halten efter 16 timmars blötläggning. I ett annat höprov uppmättes den lägsta WSC-förlusten som var 6% av den ursprungliga WSC-halten, även den uppmättes efter 16 timmars blötläggning. En minskning av WSC-halten jämfört med initialt WSC-innehåll kunde uppmätas för alla höprover efter blötläggning i tre och 16 timmar. Ingen skillnad i minskning av WSC-halten kunde påvisas mellan hö som skakats sönder och packat hö (Longland *et al.*, 2011).

Effekten av blötläggning på WSC-innehållet i hö, hösilage och ensilage har också undersökts (Müller *et al.*, 2016). De tre vallfodertyperna blötlades i 17 L vatten/kg ts, vattnet hade en temperatur på 5 -7°C. Till följd av blötläggning i 12 respektive 24 timmar minskade WSC-halten i alla vallfodertyperna. Den största minskningen i WSC-innehåll skedde under de första 12 timmarna. Efter ytterligare 12 timmars blötläggning hade WSC-halten i hö och ensilage sjunkit ytterligare, men inte lika mycket som under de första 12 timmarna av blötläggning. I hösilage minskade inte WSC-koncentrationen ytterligare efter de 12 första timmarna. Efter 24 timmars blötläggning var medelvärdet för WSC-förlusten i alla höprover 40 % av den ursprungliga WSC-halten (Müller *et al.* 2016).

Vattnets temperatur vid blötläggning av hö har påvisats inverka på hur effektiv metoden är för att sänka WSC-innehållet i fodret (Longland *et al.*, 2014). I en studie (Longland *et al.*, 2014) testades fyra olika blötläggningsbehandlingar. De olika behandlingarna skiljde sig åt med avseende på vattentemperatur och omrörning under blötläggningen. De behandlingar som testades var; 8°C, 16°C med omrörning, 16°C utan omrörning, och starttemperatur 49°C. Höproverna blötlades i 16 timmar och prover för analys av WSC-halten togs före blötläggning samt efter en, tre och 16 timmar. I höproverna sjönk WSC-halten under hela blötläggningstiden vid alla behandlingar, vilket visade att en längre blötläggningsperiod ledde till en större minskning av WSC-koncentrationen än en kort blötläggningsperiod. En temperatur på 16°C var effektivare för att minska WSC-halten än en temperatur på 8°C. En starttemperatur på 49°C i vattnet visade ingen ytterligare minskning av WSC-innehållet jämfört med en temperatur på 16°C. Omrörning vid blötläggningen hade ingen effekt på WSC-förlusten (Longland *et al.*, 2014).

Skördetid

Koncentrationen av WSC har påvisats vara lägre i vallfoder som skördats i ett sent jämfört med tidigt botaniskt utvecklingsstadium (Bernes *et al.*, 2008; Müller, 2012; Kagan *et al.*, 2011a). I en studie (Kagan *et al.*, 2011a) undersöktes variationen i WSC-innehåll, ESC-innehåll (ethanol soluble carbohydrates = WSC minus fruktaner) och stärkelse i bermudagräs (*Cynodon dactylon*). Både variation över dygnet och över växtsäsongen undersöktes genom att gräsprover togs från fyra provrutor en gång i veckan, och då en gång på morgonen och en gång på eftermiddagen. En del av varje gräsprov frystes in för att sedan kunna analyseras som färskt gräs, resten av proverna torkades för att efterlikna ett normalt hö. Försöket sträckte sig över sex veckor, från mitten av juli till slutet av augusti. I färska gräsprov var WSC- och ESC-halten i torrsubstansen högst vid försökets start, och halterna minskade sedan varje vecka fram till försökets slut. Mängden stärkelse i gräset var lägre vid försökets början jämfört med vid

försökets slut. I de torkade gräsproverna var stärkelsehalten inte lika hög som i färskt gräs. Mängden stärkelse, glukos och fruktos i gräset varierade över dygnet. I gräsprover samlade på eftermiddagen var det totala WSC-innehållet högre än i prover samlade på morgonen (tabell 3) (Kagan *et al.*, 2011a).

Tabell 3. Mängd socker och stärkelse i procent av torrsubstansen i bermudagräsprover tagna på morgonen och eftermiddagen, (medelvärde för torkade och färska gräsprover). Proverna tagna en gång i veckan från 16 juli till 27 augusti (Kagan *et al.*, 2011a)

	Morgon	Eftermiddag	p-värde
WSC	6,0 ± 0,1	6,6 ± 0,1	0,0012
ESC	4,6 ± 0,14	5,2 ± 0,1	0,0045
Sukros	0,8 ± 0,03	0,9 ± 0,03	0,29
Glukos	0,8 ± 0,03	0,8 ± 0,03	0,75
Fruktos	1,4 ± 0,1	1,8 ± 0,1	0,0011
Stärkelse	1,2 ± 0,1	1,9 ± 0,1	<0,0001

I ett annat försök (Kagan *et al.*, 2011b) undersöktes WSC- och ESC-halten i färska och torkade prov från hundäxing (*Dactylis glomerata*). Försöket sträckte sig över åtta veckor, från tidig till sen vår. Gräsprover togs på morgonen och eftermiddagen en gång i veckan från fyra olika försöksrutor. Proverna analyserades med avseende på WSC- och ESC-koncentration i både färskt gräs och i gräs torkat till hö. Både ESC- och WSC-halten var högst vid försökets start. I första provet (14 april) var WSC-halten 21% av ts och i sista provet (2 juni) 9% av ts. Många av proverna hade högre sockerinhåll i färskt jämfört med torkat stadium, men avvikelser förekom. Medelvärdet för WSC-halten i proverna tagna på morgonen alla veckor var 14% av ts, och medelvärdet för WSC-halten i gräsprover tagna på eftermiddagen alla veckor var 16% av ts (Kagan *et al.*, 2011b).

Tabell 4. Energi-, protein- och sockerinhåll i hösilage skördat från den primära tillväxten vid olika tidpunkter, alla värden angivna per kg ts (Müller, 2012)

Skördetidpunkt	Omsättbar energi, MJ	Smältbart protein, g	Lättlösliga kolhydrater, g
8 juni	12,4	91	101
2 juli	9,1	56	73
5 augusti	7,7	44	49

Dagsvariation i NSC-innehåll hos timotej (*Phleum pratense*) mättes i en studie av Bertrand *et al.* (2008). Gräset odlades i krukor och prover togs på morgonen och på eftermiddagen. Gräsproverna analyserades färskt och torkade, men resultaten redovisades tillsammans då de var entydiga. Mängden WSC i gräs skördat på eftermiddagen var 9,2 g högre per kg ts än i gräs

skördat på förmiddagen. Ingen skillnad i stärkelseinnehåll kunde påvisas mellan morgon och eftermiddag (Bertrand *et al.*, 2008).

I en svensk studie visades att WSC-innehållet i vallfoder var högre i en tidig jämfört med en sen skörd (Müller, 2012). En vall bestående av timotej (*Phleum pratense*), ängssvingel (*Festuca pratensis*) och rödklöver (*Trifolium pratense*) skördades som förstaskörd vid tre tillfällen, 8 juni, 2 juli och 5 augusti, och lagrades som hösilage. Mängden WSC var högst i hösilage skördat i juni och lägst i hösilage skördat i augusti. Även koncentrationen av smältbart råprotein och omsättbar energi var högst i juni och lägst i augusti (tabell 4) (Müller, 2012).

Diskussion

En häst med EMS bör hållas på en foderstat fattig på socker och stärkelse för att den ska må så bra som möjligt och i möjligaste mån undslippa fång (Frank, 2010; Geor, 2010; Lindåse, 2017). Spannmål är exempel på fodermedel som är rika på stärkelse (McDonald *et al.*, 2011) och bör därför inte ingå i foderstaten alls. Även sockerrika fodermedel som melass och melasserad betfiber bör helt uteslutas ur foderstaten. Att gräs i både färsk och konserverad form innehåller socker är oundvikligt, men eftersom sockerkoncentrationen varierar med flera olika faktorer kan vallfoder till viss grad anpassas till hästar med EMS (McDonald *et al.*, 2011; Kagan *et al.*, 2011a; Kagan *et al.*, 2011b; Müller, 2012). Då sockerhalten i vallfoder minskar till följd av ensilering (Müller *et al.*, 2016) kan ensilage rekommenderas framför torkat vallfoder. Enligt studien av Müller *et al.* (2016) är WSC-halten i hösilage högre än i ensilage vilket kan bero på begränsningen av fermentationen i hösilage (McDonald *et al.*, 2011). Användningen av inokulanter i inplastade vallfoder är inte en säker metod för att sänka WSC-halten i dessa (Müller *et al.*, 2016).

Vallfoder som är skördat senare på säsongen är fattigare på WSC än vallfoder skördat tidigt på säsongen (Kagan *et al.*, 2011a; Kagan *et al.*, 2011b; Müller, 2012). Om det finns möjlighet att välja mellan tidigt och sent skördat vallfoder kan det därför vara fördelaktigt att välja det sent skördade fodret till hästar med EMS. Om rekommendationen <10 % NSC av ts i vallfodret (Frank, 2010) ska följas, så skulle en sen skörd av vallfodret kunna vara till hjälp då WSC-halten i gräs kan sjunka så mycket som från 21% till 9% av ts på åtta veckor (Kagan *et al.*, 2011b). Denna sänkning i sockerkoncentration uppmättes dock i hundäxing och proverna är tagna 14 april respektive 2 juni i USA (Kagan *et al.*, 2011b). Att en så tidig skörd som 14 april skulle tas i kallare klimat, som i Sverige, är osannolikt. Sänkningen från 21% till 9% av ts är därför inte representativ för tidig och sen skörd i Sverige. Det är dock inte ovanligt att hästar i södra Sverige släpps ut på bete så tidigt som 14 april. De siffror som presenteras av Kagan *et al.* (2011b) skulle kunna styrka rekommendationer som avråder bete för hästar med EMS, i synnerhet tidigt på växtsäsongen. I en svensk studie redovisade Müller (2012) ett högre WSC-innehåll i en tidigt skördad vall än i en sent skördad vall, vilket pekar på att ett sent skördat vallfoder är bättre för hästar med EMS än ett tidigt skördat vallfoder. I svenskt vallfoder har en sänkning från 10 % WSC av ts i juni till 5% WSC av ts i augusti uppmätts (tabell 4). Hästens insulinkänslighet är en annan viktig faktor som avgör hur höga nivåer av insulin som frisätts från bukspottkörteln efter utfodring (Lindåse, 2017b). I en studie av Lindåse *et al.* (2018) undersöks insulinnivåerna i blod efter utfodring med hösilage innehållande 18%, 13% och 4 %

NSC av ts. Vid utfodring av vallfoder innehållande 4% WSC av ts var hästens insulinkänslighet inte avgörande för insulinkoncentrationen efter foderintaget (Lindåse *et al.*, 2018). Dessa resultat indikerar att den nuvarande rekommendationen på <10 % NSC av ts i grovfodret (Frank, 2010), kanske inte är tillräcklig för att undvika hyperinsulinemi efter utfodring hos hästar med EMS.

Eftersom socker bildas vid fotosyntesen är WSC-halten i gräs högre efter en hel dags solljus än på morgonen (Bertrand *et al.*, 2008). Till hästar med EMS skulle därför ett vallfoder skördat på morgonen vara att föredra framför ett vallfoder skördat på eftermiddagen. Den ökning av WSC-koncentrationen som uppmätts mellan skörd på morgonen och skörd på eftermiddagen har dock visats vara endast ca 0,6–0,9 procentenheter (Bertrand *et al.*, 2008; Kagan *et al.*, 2011a). Den ökning av WSC-koncentration som sker över dagen är så liten att den kanske är försumbar. Den skillnad i NSC-innehåll som påvisats mellan skörd vid olika plantmognad har varit större än den skillnad i NSC-innehåll som uppmätts olika tider på dagen (Kagan *et al.*, 2011a; Kagan *et al.*, 2011b). Vid köp eller produktion av foder till hästar med EMS bör därför fokus läggas på fodrets skördetid på säsongen (dvs plantmognad) snarare än dess skördetid på dygnet. En sen skörd på säsongen och ensilering av vallfodret är att rekommendera för att vallfodret ska bli så sockerfattigt som möjligt.

Blötläggning av hö är mindre effektivt för att minska WSC-koncentrationen i vallfoder än ensilering (Müller *et al.*, 2016). I olika studier har minskningen av WSC-innehåll i vallfoder till följd av blötläggning varierat väldigt mycket (tabell 2). Vattnets temperatur och hur länge fodret blötläggs har visat sig påverka metodens resultat (Longland, 2014). I studier där vattentemperatur, blötläggningstid och vattenmängd per kg ts var lika för alla prover med olika initial WSC-koncentration minskade WSC-koncentrationen olika mycket (tabell 2). I dessa fall, där förutsättningarna vid blötläggning varit desamma för alla prover, är orsakerna till variationen okända. Att variationen är stor och inte går att förutsäga gör att blötläggning av vallfoder är en osäker metod för att minska WSC-halten. Ett ensilerat vallfoder har ett lägre WSC-innehåll jämfört med hö skördat från samma vall (Müller *et al.*, 2016), varför ensilage kan anses vara ett bra val för hästar med EMS. Dock bör även ett ensilage analyseras med avseende på NSC-innehåll, efter ensilering. Om blötlagt hö används som foder behöver det analyseras efter blötläggning, för att lämpligheten till hästar med EMS ska kunna avgöras, vilket är ytterst komplicerat att lyckas med i praktiken.

Till feta hästar med EMS bör foderstaten vara utformad på ett sådant vis att den leder till hullnedgång (Freestone *et al.*, 1992; Morgan *et al.*, 2015). Foderstaten bör inte bara vara fattig på socker och stärkelse. Även energiinnehållet bör anpassas efter varje individs energibehov. Ett sent skördat vallfoder har påvisats innehålla mindre omsättbar energi än ett vallfoder skördat tidigt på säsongen. Därmed kan ett sent skördat vallfoder rekommenderas till hästar med EMS då det innehåller både mindre WSC och mindre omsättbar energi än ett tidigt skördat vallfoder (tabell 4). Vid utfodring av feta hästar med EMS skulle en foderstat baserad på ett sent skördat vallfoder, eventuellt blandat med halm, kunna vara lämplig. Halm är ett exempel på fodermedel som inte innehåller socker och stärkelse och har lågt energivärde (tabell 1). En sådan foderstat skulle leda till ett lågt intag av både socker, stärkelse och energi. Denna foderstat skulle även

leda till ett lågt intag av protein då proteininnehållet, liksom WSC- och energiinnehållet, är lägre i ett sent skördat vallfoder än i ett tidigt skördat vallfoder (tabell 4), och halm innehåller inget smältbart råprotein. Detta bör tas i akt då hästar har lika stort proteinbehov i relation till energibehovet, oavsett om de är i överhull, normalhull eller underhull. Behovet avgörs snarare av andra faktorer som till exempel ålder och aktivitetsnivå (Jansson *et al.*, 2011). Grovfodret bör analyseras med avseende på innehåll av smältbart råprotein för att foderstaten ska kunna utformas efter hästens behov. Om analysen till exempel visar att grovfodret har ett lägre innehåll av smältbart råprotein än hästen behöver kan ett kompletterande proteinfodermedel med så lågt innehåll som möjligt av socker och stärkelse tillsättas. Vid utfodring av en mager eller högpresterande häst med EMS kan ett energirikt foder läggas till i foderstaten, men det bör inte innehålla socker och stärkelse. Fett och fibrer är lämpligare då det finns stöd för att ett högt intag av fett och fibrer inte leder till försämrad insulinkänslighet (Lindåse *et al.*, 2016).

Att sockerhalten i gräs varierar med så många olika faktorer gör att sockerhalten i ett vallfoder inte kan vara känd utan en analys av detsamma. Det är därför viktigt att analysera vallfodret för att kunna avgöra om det är lämpligt att använda till hästar med EMS. Hästar med EMS bör inte släppas fritt på bete, dels eftersom det är svårt att veta hur stort betesintaget är, dels på grund av osäkerheten kring hur mycket socker betesgräset innehåller. Är hästen fet bör även energiintaget begränsas, vilket är mycket svårt att lyckas med om hästen har fri tillgång på betesgräs. Ett mer kontrollerat intag av socker och energi kan rekommenderas vilket kan uppnås genom att utfodra en, utifrån hästens behov, beräknad foderstat baserad på ett vallfoder med lågt sockernehåll. Hästar med EMS skulle kunna gå i sandpaddock eller skogshage och där utfodras med ett sockerfattigt vallfoder för att undvika hög insulinrespons i möjligaste mån, och därmed även minska risken för fång.

Slutsats

Det viktigaste att tänka på vid utfodring av hästar med EMS är att foderstaten ska vara anpassad efter hästens behov. Foderstaten bör vara baserad på ett sockerfattigt grovfoder. Om grovfodret inte är analyserat är det omöjligt att veta hur mycket socker det innehåller. Det är därför viktigt att grovfodret är analyserat med avseende på NSC-innehåll, för att man ska kunna avgöra om fodret är lämpligt att använda i foderstaten till hästar med EMS. Grovfodret bör även analyseras med avseende på energi- och proteininnehåll för bästa möjliga anpassning av foderstaten. Vallfoder som skördats sent på säsongen är att föredra framför tidigt skördat vallfoder och ensilage är att föredra framför hö. Genom att minska mängden socker och stärkelse i foderstaten till hästar med EMS kan risken för fång minskas.

Litteraturförteckning

- Asplin, K. E., Patterson-Kane, J. C., Sillence, M. N., Pollitt, C. C. & McGowan, C. M., (2010). Histopathology of insulin-induced laminitis in ponies. *Equine Veterinary Journal*, 42(8), ss. 700-706.
- Bernes, G., Hetta, M. & Martinsson, K., (2008). Effects of harvest date of timothy (*Phleum pretense*) on its nutritive value, and on the voluntary silage intake and liveweight gain of lambs. *Grass and Forage Science*, 63(2), ss. 212-220.
- Bertrand, A., Tremblay, G.F., Pelletier, S., Castonguay, Y. & Bélanger, G., (2008). Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. *Grass and Forage Science*, 63(4), ss. 421-432
- Carter, R. A., McCutcheon, L. J., George, L. A., Smith, T. L., Frank, N. & Geor, R. J., (2009). Effects of diet-induced weight gain on insulin sensitivity and plasma hormone and lipid concentrations in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 70(10), ss. 1250–1258.
- De Laat, M.A., McGowan, C.M., Sillence, M.N. & Pollitt, C. C., (2010). Equine laminitis: induced by 48 h hyperinsulinaemia in Standardbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 42(2), ss. 129-135.
- Eps, A.W. & Pollitt, C.C., (2006). Equine laminitis induced with oligofructose. *Equine Veterinary Journal*, 38(3), ss. 203-208.
- Frank, N., Geor, R., Bailey, S., Durham, A., & Johnson, P., (2010). Equine Metabolic Syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 24(3), ss. 467–475.
- Frank, N., (2011). Equine Metabolic Syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 27(1), ss. 73-92.
- Freestone, J.F., Beadle, R., Shewmaker, K., Bessin, R.T., Wolfsheimer, K. J. & Church, C., (1992). Improved insulin sensitivity in hyperinsulinaemic ponies through physical conditioning and controlled feed intake. *Equine Veterinary Journal*, 24(3), ss. 187–190.
- Geor, R.J., (2008). Metabolic Predispositions to Laminitis in Horses and Ponies: Obesity, Insulin Resistance and Metabolic Syndromes. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28(12), ss. 753–759.
- Geor, R.J., (2010). Nutrition and Exercise in the Management of Horses and Ponies at High Risk for Laminitis. *Journal of Equine Veterinary Science*, 30(9), ss. 463–470.
- Glatter, M., Wiedner, K., Hirche, F., Mielenz, N., Hillegeist, D., Bochnia, M., Cehak, A., Bachmann, M., Greef, J. M., Glase, B., Wolf, P., Breves, G. & Zeyner, A., (2016). Fermentation Characteristics along the Gastrointestinal Tract after Feeding of Jerusalem Artichoke Meal to Adult Healthy Warmblood Horses. *Journal of Animal Research and Nutrition*, 1(16), ss. 1-11.
- Jansson, A., Lindberg, J. E., Rundgren, M., Müller, C. E., Connysson, M., Kjellberg, L. & Lundberg, M., (2011). Utfodringsrekommendationer för häst. Rapport 289. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU.
- Kagan, I.A., Kirch, B.H., Thatcher, C.D., Teutsch, C.D., Elvinger, F., Shepherd, D.M. & Pleasant, S., (2011a). Seasonal and Diurnal Changes in Starch Content and Sugar Profiles of Bermudagrass in the Piedmont Region of the United States. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(9), ss. 521-592.
- Kagan, I.A., Kirch, B.H., Thatcher, C.D., Strickland, J.R., Teutsch, C.D., Elvinger, F. & Pleasant, S., (2011b). Seasonal and Diurnal Variation in Simple Sugar and Fructan Composition of Orchardgrass Pasture and Hay in the Piedmont Region of the United States. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(8), ss. 488-497.

- Lindåse, S., Nostell, K., Jensen-Waern, M. & Bröjer, J., (2016). Effects of diet-induced weight gain and turnout to pasture on insulin sensitivity in moderately insulin-resistant horses. *American Journal of Veterinary Research*, 77(3), ss. 300-309.
- Lindåse, S. T. (2017a). *Insulin sensitivity and postprandial insulin response in equines*. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, 2017(82).
- Lindåse, S.*, Nostell, K., Söder, J. & Bröjer, J., (2017b). Relationship between β -cell response and insulin sensitivity in horses based on the oral sugar test and the euglycemic hyperinsulinemic clamp. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31(5), ss. 1541-1550.
- Lindåse, S., Müller, C., Nostell, K. & Bröjer, J., (2018). Evaluation of glucose and insulin response to haylage diets with different content of nonstructural carbohydrates in 2 breeds of horses. *Domestic Animal Endocrinology*, 64, ss. 49-58.
- Longland, A.C. & Byrd, B.M., (2006). Pasture nonstructural carbohydrates and equine laminitis. *Journal of Nutrition*, 136(7), ss. 2099S-2102S.
- Longland, A.C., Barfoot, C. & Harris, P. A., (2011). Effects of soaking on the water-soluble carbohydrate and crude protein content of hay. *The Veterinary record*, 168(23), ss. 618.
- Longland, A.C., Barfoot, C. & Harris, P. A., (2014). Effect of period, water temperature and agitation on loss of water-soluble carbohydrates and protein from grass hay: implications for equine feeding management. *The Veterinary Record*, 174(3), ss. 68.
- McCue, Geor, & Schultz. (2015). Equine Metabolic Syndrome: A Complex Disease Influenced by Genetics and the Environment. *Journal of Equine Veterinary Science*, 35(5), ss. 367-375.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G., (2011). *Animal nutrition*. Sjunde utgåvan. Harlow, England: Pearson.
- Merry, R. J., Winters, A. L., Thomas, P.I., Müller, M. & Müller, T., (1995). Degradation of fructans by epiphytic and inoculated lactic acid bacteria and by plant enzymes during ensilage of normal and sterile hybrid ryegrass. *Journal of Applied Microbiology*, 79(6), ss. 583-591.
- Morgan, R.A., Keen, J.A. & McGowan, C.M., (2016). Treatment of equine metabolic syndrome: A clinical case series. *Equine Veterinary Journal*, 48(4), ss. 422–426.
- Müller, C.E., (2012). Equine ingestion of haylage harvested at different plant maturity stages. *Applied Animal Behaviour Science*, 134(3), ss.144–151.
- Müller, C. E., Nostell, K., & Bröjer, J. (2016). Methods for reduction of water soluble carbohydrate content in grass forages for horses. *Livestock Science*, 186, ss. 46–52.
- Nilsson, U., Oste, R., Jägerstad, M. & Birkhed, D., (1988). Cereal fructans: in vitro and in vivo studies on availability in rats and humans. *The Journal of Nutrition*, 118(11), ss. 1325-1330.
- Shewmaker, G.E., Mayland, H. F., Roberts, C.A., Harrison, P. A., Chatterton, N.J. & Sleper, D. A., (2006). Daily carbohydrate accumulation in eight tall fescue cultivars. *Grass and Forage Science*, 61(4), ss. 413-421.
- Sjaastad, Ø.V., Sand, O., & Hove, K., (2016) *Physiology of Domestic Animals*. Tredje utgåvan. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. ss. 286–287
- Spörndly, R., (2003). Fodertabeller för idisslare. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. För husdjurens utfodring och vård, Rapport 257. SLU-HUV-R—257--SE
- Treiber, K.H., Kronfeld, D. S., Hess, T. M., Byrd, B.M., Splan, R.K. & Staniar, W. B., (2006). Evaluation of genetic and metabolic predispositions and nutritional risk factors for pasture-associated laminitis in ponies. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 228(10), ss.1538–1545.

Vervuert, I., Voigt, K., Hollands, T., Cuddeford, D. & Coenen, M., (2009). Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinaemic responses in healthy horses. *The Veterinary Journal*, 182(1), ss. 67-72.