



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap

Institutionen för husdjurens utfodring och
vård

Kolhydratdigestion hos häst – Icke-strukturella kolhydrater

Malin Arkå

*Uppsala
2018*

Kolhydratdigestion hos häst – Icke-strukturella kolhydrater

Carbohydrate digestion in the horse – Non-structural carbohydrates

Malin Arkå

Handledare: Cecilia Müller, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Examinator: Maria Löfgren, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0700

Program/utbildning: Veterinärprogrammet

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2018

Serienamn: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen

Delnummer i serien: 2018:9

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: ekvin, foder, fodermedel, fruktaner, fång, kolik, magsår, stärkelse

Key words: colic, equine, feed, feedstuff, fructans, laminitis, starch, stomach ulcers

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Summary	3
Inledning	5
Material och metoder	5
Litteraturoversikt.....	5
Kolhydrater i fodermedel	5
Digestion och upptag av icke-strukturella kolhydrater i hästens mag- tarmkanal.....	6
Utfodringsrelaterade problem associerade till stärkelserika fodermedel ...	7
Utfodringsrelaterade problem associerade till fruktanrika fodermedel	8
Diskussion.....	9
Slutsats	11
Litteraturförteckning	12

SAMMANFATTNING

Hästar utfodras i dagsläget på ett sätt som inte är anpassat efter deras digestionsapparat. Det kan leda till sjukdomar såsom kolik, fång och magsår. De här sjukdomarna är vanligt förekommande och kan i vissa fall vara fatala. En av flera orsaker till de här sjukdomarna är för högt innehåll av icke-strukturella kolhydrater i hästens foderstat. Därför ämnar den här litteraturstudien undersöka hästens digestion av framför allt icke-strukturella kolhydrater och ta reda på vilka utfodringsrekommendationer det finns för foder som innehåller icke-strukturella kolhydrater till häst.

Hästens föda består till största delen av kolhydrater, dels strukturella kolhydrater såsom cellulosa och hemicellulosa, men även icke-strukturella kolhydrater såsom stärkelse och socker. I hästens naturliga föda dominerar de strukturella kolhydraterna men i och med att människan domesticerat hästen har dess föda modifierats och hästen utfodras i större utsträckning med fodermedel som har högt innehåll av icke-strukturella kolhydrater, särskilt spannmål som innehåller mycket stärkelse.

Stärkelse bryts ned till glukos i tunntarmen som tas upp av enterocyterna. Glukos används sedan som energi direkt eller lagras som glykogen i levern eller i musklerna. De strukturella kolhydraterna kan inte brytas ned av kroppsegna enzymer utan fermenteras av mikrober i grovtarmen till flyktiga fettsyror (volatile fatty acids, VFA) som tas upp genom tarmslemhinnan och används som energi. Eftersom stärkelse inte utgör någon stor andel av hästens naturliga föda är inte heller kapaciteten att enzymatiskt bryta ned den i tunntarmen särskilt stor. Det leder till att onedbruten stärkelse fortsätter vidare till grovtarmen då tunntarmens enzymer överbelastas, till exempel vid en stärkelserik fodergiva. Tunntarmen kan anpassa sig till en större stärkelsegiva genom att aktiviteten av amylas ökar och genom att kapaciteten för transporten av monosackarider över enterocyterna ökar. Anpassning kan dock endast ske till en viss gräns, förutsatt att stärkelsegivan introduceras och successivt ökas.

När stärkelse fermenteras i grovtarmen ökar den totala koncentrationen av mikrober, och stärkelsefermenterande bakterier såsom laktobaciller och streptokocker ökar i antal medan cellulolytiska bakterier, som fermenterar strukturella kolhydrater, minskar. Det leder till produktion av mjölksyra varvid pH sjunker, vilket kan leda till störningar i grovtarmens funktion. Stärkelse kan också fermenteras i magsäckens körtelfria del vilket orsakar produktion av både mjölksyra och VFA i magsäcken. Det resulterar i ett lägre pH än normalt i den övre delen av magsäcken. Det kan i kombination med en låg grovfodergiva (och därmed också minskad salivutsöndring) öka risken för magsår, då saliven bidrar med buffrande bikarbonat till magsäcken. För att minska risken för att hästen ska drabbas av störningar i gastrointestinalkanalerna till följd av fermentation av stärkelse i grovtarmen finns det utfodringsrekommendationer vilka syftar till att inte utfodra med för stora mängder stärkelse.

Fruktaner är icke-strukturella kolhydrater som utgör den främsta upplagringsformen av glukos i gräsarter i kallare klimat. Fruktaner kan inte brytas ned enzymatiskt i tunntarmen. De har pekats ut som en möjlig orsak till fång och kan användas för att inducera insjuknande i samma sjukdom. Stort intag av fruktaner leder till kraftig fermentation i grovtarmen med mjölksyrabildning och sänkt pH-värde som följd. Detta påverkar tight junctions mellan cellerna

i grovtarmens slemhinna och ger ökad permeabilitet för bakterier och deras metaboliter in i blodbanan. Detta är en (av flera) föreslagna patogener för betesassocierad fång.

SUMMARY

Today's feeding of horses is not fitted for the horse's digestive tract and can lead to diseases associated with it, for example colic, laminitis and stomach ulcers. These diseases are common and can be fatal to affected horses. One reason, among others, for these diseases is high intake of non-structural carbohydrates (NSC). Therefore the aim of this literature study was to examine the horse's digestion of non-structural carbohydrates and to find out which feeding recommendations that exists for feeds containing NSC when used for horses.

Carbohydrates constitute a large portion of the horse's feed. Carbohydrates can be divided into structural carbohydrates (such as cellulose and hemicellulose) and non-structural carbohydrates (commonly starch and sugars). In the horse's natural feed, structural carbohydrates are the main source of carbohydrates. Since man has domesticated the horse, the proportions between structural and non-structural carbohydrates in the daily feed rations has changed. The proportion of non-structural carbohydrates has increased, especially by using cereal grains that are rich in starch.

Starch is normally digested enzymatically to glucose in the small intestine, and glucose is absorbed by enterocytes. Glucose is used as energy directly or stored as glycogen in the liver or in the muscles. Structural carbohydrates cannot be digested by endogenous enzymes but are fermented by microbes in the hindgut. The product from fermentation is VFA (volatile fatty acids) which are absorbed by the intestinal mucosa in the hindgut and used as energy. Since starch does not constitute any large portion of the horse's natural feed, the capacity to digest starch in the small intestine is limited in equines. Large meals of starch can therefore pass the small intestine undegraded due to overload of the enzymatic degrading capacity, and be fermented in the hindgut instead. The small intestine can adapt to a certain level to larger meals of starch by increased activity of amylase and by increased transport of glucose through the enterocytes, but it will take time for this adaptation to occur, and an increased starch content of the diet should be introduced and increased over time.

When starch is fermented in the hindgut, the total concentration of gut microbes increase, and microbes that ferment starch, as lactobacillus and streptococcus, increase while cellulolytic microbes, that ferment structural carbohydrates, decrease. These changes result in production of lactic acid and a decrease in pH in the hindgut, which can lead to disturbances in the gastrointestinal tract. Starch can also be fermented in the cutaneous part of the stomach, which can lead to production of lactic acid and VFA. This results in a decrease in pH in the same place and the risk of stomach ulcers may increase. To reduce the risk of disturbances in the gastrointestinal tract due to starch overload, feeding recommendations for maximum amount of starch in daily ration exist.

Fructans are non-structural carbohydrates which are the main form of storage of glucose in cold climate grasses. Fructans cannot be degraded enzymatically in the small intestine of the horse. They have been pointed out as a possible reason for laminitis and are used to experimentally induce the illness in healthy horses. Large intake of fructans may lead to massive fermentation in the hindgut with lactic acid production and decreased pH as a result. This affects the tight junctions between the cells in the mucous membrane and the permeability through the mucous

membrane to the bloodstream increases, which can lead to absorption of bacteria and bacterial metabolites in the bloodstream. This is a suggested pathogenesis for pasture associated laminitis.

INLEDNING

Våra domesticerade hästar utfodras vanligtvis med grovfoder och varierande mängder av kraftfoder. Kraftfodret ges för att hästen ska kunna prestera det som människan kräver av den. Både grovfoder och kraftfoder består till stor del av kolhydrater. Kolhydrater delas in i strukturella och icke-strukturella (Sjaastad *et al.*, 2010). De strukturella kolhydraterna, såsom cellulosa och hemicellulosa, är de som framför allt ingår i hästens naturliga föda. Icke-strukturella kolhydrater, såsom stärkelse och socker, ökar kraftigt i mängd med intag av kraftfoder. I och med att människan tagit hästen i bruk har proportionerna mellan de olika typerna av kolhydrater i födan ändrats för många hästar (Hoffman, 2009). En diet rik på icke-strukturella kolhydrater, som ofta är resultatet av en stor kraftfodergiva, kan orsaka störningar i hästens digestionsapparat då denna inte är anpassad till den typen av föda (Hoffman, 2009). Störningarna kan leda till sjukdomar som i en del fall kan vara fatala. Till exempel har utfodring med stärkelsesrika kraftfoder associerats med högre risk för kolik (Tinker *et al.*, 1997), fång (Al Jassim & Andrews, 2009) och magsår (Luthersson *et al.*, 2009). Därför ämnar denna litteraturstudie redogöra för hästens digestion av framför allt icke-strukturella kolhydrater, och undersöka vilka utfodringsrekommendationer för stärkelsesrika kraftfoder som finns för hästutfodring.

MATERIAL OCH METODER

Under litteratursökningen användes databaserna Web of Science, Google Scholar och PubMed med sökorden: feed, concentrate, hay, forage, roughage, horse, equine, starch, carbohydrates, metabolism, colic, digestion, fructans, acidosis, hindgut, caecum, colon, gut microbes, gastric ulcers, och laminitis. Sökorden har komponerats med olika ändelser och på olika sätt.

LITTERATURÖVERSIKT

Kolhydrater i fodermedel

Hästar är herbivorer som i naturen lever av gräs. Gräs består till stor del av olika kolhydrater som hästen kan tillgodogöra sig för att få energi (Sjaastad *et al.*, 2010). Kolhydrater utgör även den största delen av hästens foder då den hålls i fångenskap (Sjaastad *et al.*, 2010). Grovfodret är mer likt hästens naturliga föda med högt innehåll av strukturella kolhydrater, medan kraftfodret innehåller större andel icke-strukturella kolhydrater (Al Jassim & Andrews, 2009). Kraftfoder i form av spannmål ges ofta som komplement till grovfoder för att öka energimängden i foderstaten (Hoffman, 2009). Det kan vara olika sorters spannmål som majs, korn, havre och vete, och gemensamt för samtliga är att de innehåller mycket stärkelse. Anledningen till att hästar utfodras med spannmål är för att det är ett billigt och smakligt foder med högt energivärde (Al Jassim & Andrews, 2009).

Kolhydraterna måste brytas ned i mindre beståndsdelar för att hästen ska kunna ta upp dem i blodbanan och använda dem som energikälla (Sjaastad *et al.*, 2010). Cellulosa är en vanlig strukturell kolhydrat som består av långa kedjor av glukosmolekyler som sitter samman genom β -glykosidbindningar. Stärkelse är icke-strukturella kolhydrater som är vanliga i olika kraftfoder och består av glukoskedjor som är sammanlänkade genom α -glykosidbindningar. Cellulosans β -glykosidbindningar kan inte brytas ned av kroppsegna enzymer och därför kan cellulosa inte brytas ned i hästens tunntarm, utan fermenteras av mikrober i grovtarmen.

Däremot kan α -glykosidbindningarna i stärkelse brytas ned av kroppsegna enzymer, såsom amylas, som finns i bukspottet. Det gör att stärkelse kan brytas ned i tunntarmen (Sjaastad *et al.*, 2010).

Gröna växter producerar glukos genom fotosyntes. Lagring av glukos i växten sker som stärkelse eller fruktaner, vilket varierar mellan olika växtarter. Gräsarter i varmare klimat lagrar glukos i huvudsak i form av stärkelse, medan gräsarter i kallare klimat främst lagrar glukos som fruktaner. Växter som lagrar fruktaner kan lagra hur mycket som helst, medan det finns en maximal gräns hos dem som lagrar stärkelse (Longland & Byrd, 2006). Mängden fruktan i växter kan variera mellan olika tider på dygnet. Produktion av glukos i gräset varierar med solljusets intensitet och ökar under dagen medan det minskar under natten. Halten WSC (water-soluble carbohydrate, lösliga kolhydrater som omfattar glukos, fruktos, sukros och fruktaner) är därför oftast högre i gräset på eftermiddagen jämfört med på förmiddagen (Bowden *et al.*, 1968).

I en undersökning jämfördes hur koncentrationen av WSC i grovfoder påverkades av olika konservering, lagringstid och blötläggning i vatten (Müller *et al.*, 2016). Hösilage, ensilage och hö användes i studien. Minskning av WSC var större vid ensilering än vid konservering av hösilage eller torkning av hö. Lagring av fodret under 3, 6, 12 och 18 månader visade liten eller ingen påverkan på koncentrationen av WSC i de studerade fodermedlen. Däremot minskade koncentrationen av WSC när grovfoder blötlades i vatten under 12 och 24 timmar. Ingen större skillnad i WSC-koncentration uppmättes när fodret fick ligga i blöt i 12 jämfört med 24 timmar, och 24 timmars blötläggning ansågs därmed vara onödigt lång tid för samtliga fodermedel. Blötläggning av hö gav en större reduktion av den initiala WSC-koncentrationen än blötläggning av ensilage eller hösilage. Det skulle, enligt artikelförfattarna, kunna bero på att det redan skett en större reduktion av WSC vid själva ensileringen eller konserveringen av hösilaget än vid torkningen av höet (Müller *et al.*, 2016).

Digestion och upptag av icke-strukturella kolhydrater i hästens mag-tarmkanal

Hästens saliv innehåller inte några stärkelsenedbrytande enzymer (Al Jassim & Andrews, 2009) och därmed sker ingen enzymatisk nedbrytning av stärkelse förrän i tunntarmen. Viss mikrobiell fermentation av stärkelse till mjölksyra och VFA kan dock ske i magsäcken (Alexander & Davies, 1963). Stärkelse hydrolyseras i tunntarmen av enzymet amylas till disackariden maltos. Maltos bryts i sin tur ned till monosackariden glukos av disackaridaset maltas, som finns i tunntarmslemhinnans borstbrämsmembran (Sjaastad *et al.*, 2010).

Disackariden sukros bryts ner till monosackariderna glukos och fruktos med hjälp av enzymet sukras som också finns i tunntarmens borstbrämsmembran (Sjaastad *et al.*, 2010). Monosackariderna tas sedan upp genom enterocyterna i tunntarmen. Glukos kan lagras i form av glykogen i levern eller muskelvävnad, för att senare användas som energi (Sjaastad *et al.*, 2010). Upptag av glukos i enterocyterna sker mot en koncentrationsgradient och därför behövs hjälp av Na^+ /glukos-transportören SGLT-1 (sodium-glucose cotransporter 1, natrium-glukoskotransportprotein 1) (Dyer *et al.*, 2009; Sjaastad *et al.*, 2010). Na^+ -gradienten upprätthålls med hjälp av en ATP-krävande Na^+/K^+ -pump som pumpar ut Na^+ över basallamina och ut i interstitiet. Fruktos transporteras genom faciliterad diffusion, oberoende av Na^+

(Sjaastad *et al.*, 2010). Transport ut ur enterocyterna, över basallamina, sker med hjälp av GLUT-2-transportörer (glucose transporter 2, glukostransportprotein 2) (Thorens, 1993). Sukras uttrycks i hela tunntarmen, men dess aktivitet är störst proximalt (Dyer *et al.*, 2002).

Hästar har ett relativt lågt innehåll av amylas i bukspottet jämfört med flera andra djurslag (Sjaastad *et al.*, 2010). I ett försök där aktiviteten av amylas undersöktes, upptäcktes att hästar som fick en foderstat innehållande spannmål och hö ökade sin amylasaktivitet i tunntarmen med omkring 50% jämfört med hästar som enbart utfodrades med hö. Alltså kan amylasaktiviteten öka vid ökat intag av stärkelse (Kienzle *et al.*, 1994).

I en studie undersöktes hur en stärkelsesrik kraftfodergiva påverkade glukostransportörernas aktivitet i olika delar av tunntarmen (Dyer *et al.*, 2009). Skillnaden i uttryck av SGLT-1 undersöktes mellan hästar som fick en foderstat baserad på grovfoder jämfört med hästar som utfodrades med både grovfoder och stärkelsesrikt kraftfoder (Dyer *et al.*, 2009). Biopsier från tunntarmen togs vid bestämda tidpunkter för undersökning av uttryck av glukostransportörerna (Dyer *et al.*, 2009). Studien visade att transport av glukos in i enterocyterna ökade hos hästar som åt kraftfoder regelbundet jämfört med hästar som endast åt grovfoder. Ökningen av glukostransport in i enterocyterna skedde genom uppreglering av gener som uttryckte SGLT-1-molekyler, och inte genom förbättrad affinitet för substratet hos befintliga SGLT-1-molekyler. Uppregleringen skedde till följd av ökad koncentration av monosackarider i tunntarmen och inte av ökad koncentration av stärkelse (Dyer *et al.*, 2009). Studien visade att tunntarmens enzymutsöndring anpassade sig med tiden till en högre stärkelsegiva och att förändringar i utfodringen därför bör introduceras över tid, särskilt om mängden stärkelse ökar, för att ge tunntarmen chans till anpassning och minska risken för intestinala störningar (Dyer *et al.*, 2009).

Utfodringsrelaterade problem associerade till stärkelsesrika fodermedel

Vid stärkelsesrik fodergiva, som överskrider tunntarmens stärkelsenedbrytande kapacitet, kan störningar i grovtarmen uppkomma till följd av att stärkelsen fermenteras i grovtarmen istället för att brytas ned enzymatiskt i tunntarmen (Goodson *et al.*, 1988). Det kan då ske en ökning av totala antalet bakterier i grovtarmen, stärkelsefermenterande bakterier såsom laktobaciller och streptokocker kan öka i antal och cellulolytiska bakterier, som fermenterar strukturella kolhydrater, kan minska i antal. Därmed produceras mjölksyra av laktobaciller och streptokocker, varvid pH sjunker (Goodson *et al.*, 1988). Stärkelse som når grovtarmen och den kraftiga fermentation som då kan ske kan vara en orsak till att utfodring med hög andel stärkelsesrika kraftfoder ökar risken för att hästen drabbas av till exempel kolik (Tinker *et al.*, 1997). Enligt rekommendationer från SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet) bör man ge maximalt 1,5 g stärkelse per kg kroppsvikt och utfodringstillfälle, dock maximalt 5 g stärkelse per kg kroppsvikt och dygn (Jansson *et al.*, 2012).

Vid intag av stärkelsesrika foder kan en fermentation av stärkelse ske även i magsäckens körtelfria del, vilket leder till produktion av VFA och mjölksyra med sänkt pH som följd och därmed ökad risk för magsår (Coenen & Vervuert, 2010). Risken för uppkomst av magsår ökar även med ökad kraftfodergiva då kraftfoder inte stimulerar till lika stor salivproduktion och därmed minskar den buffrande effekten i magsäcken (Luthersson *et al.*, 2009). Mängden

stärkelse som utfodrades per dag och per mål identifierades som en viktig riskfaktor för förekomst av magsår hos häst i en dansk studie (Luthersson *et al.*, 2009). I studien, där 201 hästar undersöktes för magsår, upptäcktes att risken för magsår ökade när hästarna fick mer än 1 g stärkelse per kg kroppsvikt och utfodringstillfälle, eller mer än 2 g stärkelse per kg kroppsvikt och dygn (Luthersson *et al.*, 2009).

Stärkelse som passerat tunntarmen onedbruten kan orsaka grovtarmsstörningar genom dess påverkan på mikrosamhället i grovtarmen. I en studie undersöktes skillnader i pH-värde och mikrobinnehåll i faeces hos hästar som utfodrades med olika sorters stärkelsrika kraftfoder (Harlow *et al.*, 2016). Även en kontrollgrupp som endast åt hö inkluderades. Studien visade att utfodring med olika stärkelsrika fodermedel kunde leda till olika stora förändringar i grovtarmen, trots att stärkelsesmängden i fodergivan var lika stor för alla foderstaterna med undantag för kontrollgruppen som inte fick något stärkelsrikt fodermedel alls. Mikrobiotan i kontrollgruppen ändrades därmed inte under försöket. Däremot gav majs till exempel större förändring i den fekala mikrosammansättningen än vad havre gjorde (Harlow *et al.*, 2016). Skillnader i stärkelsens smältbarhet beror på stärkelsens struktur i olika fodermedel (Kienzle *et al.*, 1997). Lagring av stärkelse i växter sker i granuler. I olika växtarter kan granulerna vara uppbyggda på olika sätt vilket kan påverka smältbarheten av dem. Granulerna i majs sitter hårt sammanlänkade genom protein vilket gör att amylas har svårt att hydrolysera stärkelsen (Kienzle *et al.*, 1997). Det har även påvisats att tuggningen spelar stor roll i hur väl majsstärkelse bryts ned i tunntarmen (Kienzle *et al.*, 1997). I ett försök studerades hur väl olika hästar tuggade sitt foder och vad det hade för betydelse för nedbrytning av stärkelse i tunntarmen (Kienzle *et al.*, 1997). Deltagande hästar delades in i två grupper, den ena bestod av hästar som ansågs tugga sin föda väl och den andra gruppen bestod av hästar som åt snabbare och ansågs tugga sin föda mindre noggrant. Digesta togs ut ur tunntarmen genom en fistel som placerats i den kaudala delen av *jejunum* och undersöktes med avseende på storlek av foderpartiklar och andel nedbruten stärkelse. Den vältuggande gruppens digesta innehöll mindre andel partiklar som var större än 1,4 mm (27% foderpartiklar som var större än 1,4 mm) jämfört med de snabbätande hästarna (49% foderpartiklar som var större än 1,4 mm). De vältuggande hästarna hade brutit ned 50% av stärkelsen jämfört med 1% hos de snabbätande hästarna (Kienzle *et al.*, 1997). Stärkelse i havre hade enligt samma studie högst smältbarhet innan ileum av de fodermedel som undersöktes, vilka var majs, havre, potatis och korn. Stärkelsegranulerna i korn hade en liten yta som gjorde att kontakten med amylas blev liten, vilket gav en lägre smältbarhet mätt före ileum (Kienzle *et al.*, 1997).

Utfodringsrelaterade problem associerade till fruktanrika fodermedel

Fruktaner kan inte brytas ned av kroppsegna enzymer hos råttor eller människa (Nilsson *et al.*, 1988), men hos hästar som utfodrats med jordärtskocka (vilket innehåller fruktaner) kunde nedbrytningsprodukter från fruktanerna identifieras i magsäck och tunntarm (Glatter *et al.*, 2016). Detta indikerade att nedbrytning av fruktanerna började innan de anlände till grovtarmen (Glatter *et al.*, 2016). *In vitro* försök har gjorts för att undersöka om endogena nedbrytningsprocesser av fruktaner kan ske i magsäcken, alltså uteslöts fermentation av fruktaner i magsäcken som nedbrytningsväg (Strauch *et al.*, 2017). Detta gjordes genom att simulera den kemiska miljön i magsäck och tunntarm och undersöka nedbrytning av olika foder. Grovfoder med olika sammansättning användes *in vitro* och sedan analyserades

nedbrytningsprodukterna (Strauch *et al.*, 2017). Försöket syftade till att undersöka en teori om att sur hydrolys låg bakom degradering av fruktaner i magsäcken och testade detta genom att simulera magsäcksnedbrytning *in vitro* vid olika pH-värden (pH 2, 3 och 4). Försöket visade att störst andel fruktaner degraderades vid det högst testade pH-värdet, pH 4. Författarna till studien diskuterade även möjligheten att det kan ha varit växtzymer som låg bakom nedbrytningen, men kom fram till att det krävs fler studier för att kunna dra några vidare slutsatser (Strauch *et al.*, 2017).

Inom forskning används fruktaner för att inducera insjuknande i fång. Tillförsel av fruktaner kan orsaka kraftig fermentation och sänkning av pH-värdet i grovtarmen (Al Jassim & Andrews, 2009). Sänkt pH-värde i grovtarmen gör att tight junctions i tarmslemhinnan släpper, vilket kan leda till en ökad permeabilitet i tarmslemhinnan och förenklad passage för bakterier och deras metaboliter in i blodbanan. Detta är en föreslagen patogenes för betesassocierad fång (Harlow *et al.*, 2017). *In vitro* försök har gjorts för att undersöka om fruktanernas längd inverkar på hur snabb fermentationen i grovtarmen blev (Harlow *et al.*, 2017). I denna studie användes fruktanen inulin från jordärtskockor, dels i korta kedjor (short chain, SC) och dels i längre kedjor (long chain, LC). Försöket visade att SC-inulin fermenterades i större utsträckning än LC-inulin. Av det drogs slutsatsen att SC-inulin gav en större risk för insjuknande i fång på grund av den kraftigare fermentationen dessa fruktaner orsakade (Harlow *et al.*, 2017). Artikelförfattarna diskuterade också att användandet av detta inulin, som förekommer i låg koncentration i hästarnas naturliga föda, kanske inte gav samma resultat som fruktaner som vanligen finns i gräs skulle ha gjort, då de senare kan variera mycket i längd beroende på gräsart och tid på säsongen (Harlow *et al.*, 2017).

DISKUSSION

Utfodring av häst, som den ser ut i dagsläget, speglar inte hur hästens naturliga föda ser ut och det kan leda till sjukdomar och problem i dess digestionskanal (Hoffman, 2009). Hästen förväntas prestera på en högre nivå vilket kräver mer energi, som vi också förser den med, ofta i form av stärkelsesrik spannmål eller annat kraftfoder. Då hästens digestionskanal inte är anpassad för en stärkelsesrik foderstat medför det problem som kan associeras till den typen av utfodring (Hoffman, 2009). Vanliga kraftfodermedel är till exempel olika spannmål som havre, korn och majs, vilka alla har ett högt innehåll av stärkelse (Al Jassim & Andrews, 2009). Beroende på hur stort näringsbehov den individuella hästen har och det näringsmässiga innehållet i det grovfoder den utfodras med kan det räcka att endast utfodra hästen med grovfoder, och då kan man komma ifrån problem som överutfodring med stärkelse kan föra med sig (Coenen & Vervuert, 2010). Om man inte har ett grovfoder som täcker hästens energibehov kan man dock behöva komplettera med spannmål eller annat stärkelseinnehållande kraftfoder (Hoffman, 2009). Då bör man i första hand välja ett kraftfoder med stärkelsegranuler som bryts ner i så hög utsträckning som möjligt i tunntarmen. Det skulle till exempel vara att man väljer havre framför korn eller majs, då havrens stärkelse har en högre pre-caecal smältbarhet. Då kommer mindre andel stärkelse fermenteras i grovtarmen (Kienzle *et al.*, 1997).

I studien av Nilsson *et al.* (1988) har råttor och människa använts som modell, och inte häst. Den uppfattades ändå som en viktig studie att ha med i den här uppsatsen då den förklarar varför det tidigare funnits en uppfattning om begränsad nedbrytning av fruktaner i hästens magsäck och

tunntarm. Ett påstående som motbevisats av minst två senare studier som båda utförts på häst (Glatter *et al.*, 2016; Strauch *et al.*, 2017).

Om en häst av någon anledning rekommenderas en diet med lågt innehåll av icke-strukturella kolhydrater, till exempel hästar som diagnosticerats med fång, har tidigare rekommendation varit att inte ge kraftfoder och att utfodra med fjolårshö, för att det skulle innehålla lägre koncentrationer av icke strukturella kolhydrater på grund av att det lagrats under en längre tid. Vetenskaplig dokumentation för det här påståendet är dock liten (Müller *et al.*, 2016), och enligt studier gjorda för att undersöka hur koncentrationen av WSC i grovfodret påverkas av olika hanterings- och lagringsmetoder kom man fram till att lagringstider på 3, 6, 12 och 18 månader inte hade någon nämnvärd effekt på koncentrationen av WSC. Däremot visade det sig att ensilering gav den största minskningen av WSC av de undersökta hanteringsmetoderna. Även om blötläggning av grovfodret gav en minskning av WSC-koncentrationen var minskningen vid ensilering större. Samma studie visade också att konservering av hösilage gav en större reduktion av WSC än torkning av hö (Müller *et al.*, 2016). De här kunskaperna kan alltså nyttjas för att skapa ett grovfoder som passar den individuella hästen bättre. Vad som bör hållas i åtanke är dock att fodrets innehåll måste analyseras för att slutsatser om huruvida just det partiet foder passar en viss häst. Det är alltså inte en generell rekommendation att ensilage eller hösilage alltid är bättre än hö, utan snarare ett konstaterande att koncentrationen av WSC kan ändras olika mycket beroende på hur man behandlar ett parti foder.

Enligt SLU:s rekommendation bör hästar utfodras med maximalt 1,5 g stärkelse per kg kroppsvikt och utfodringstillfälle och mindre än 5 g stärkelse per kg kroppsvikt och dygn (Jansson *et al.*, 2012). Andra författare (Luthersson *et al.*, 2009) rapporterar om ökad risk för magsår redan vid stärkelsegiva över 1 g per kg kroppsvikt och utfodringstillfälle och giva över 2 g stärkelse per kg kroppsvikt och dygn. Att rekommendationerna skiljer sig åt kan bero på att olika författare fokuserat på olika sjukdomar.

Både stärkelse och fruktaner kan leda till kraftig fermentation i grovtarmen (Goodson *et al.*, 1988; Al Jassim & Andrews, 2009), men orsakerna till detta är olika. Stärkelse kan enzymatiskt brytas ned i tunntarmen (Sjaastad *et al.*, 2010), men fermenteras i grovtarmen då tunntarmens förmåga att enzymatiskt bryta ned stärkelse överbelastas (Goodson *et al.*, 1988). Till skillnad från stärkelse kan fruktaner inte brytas ned enzymatiskt och fermenteras därför i grovtarmen hos råtta och människa (Nilsson *et al.*, 1988). Det finns dock studier som tyder på att nedbrytning av fruktaner kan ske redan innan grovtarmen hos hästar. Den här litteraturstudien har granskat två olika studier som kommit fram till detta. Den ena påvisade förekomst av nedbrytningsprodukter av fruktaner i magsäck och tunntarm hos avlivade hästar (Glatter *et al.*, 2016). Den andra var en *in vitro* studie där magsäckens endogena nedbrytning av olika grovfoder simulerades, vilket också resulterade i nedbrytning av fruktaner (Strauch *et al.*, 2017). I försöket där tarminnehåll studerades från avlivade hästar kunde mikrobiell fermentation i magsäcken inte uteslutas som orsak till nedbrytningen. Eftersom *in vitro* försöket endast studerade endogena processer kunde slutsatsen dras att nedbrytningen skett på annat sätt än genom mikrobiell fermentation. Deras teori var att fruktanerna brutits ned genom sur hydrolys, men experiment med olika pH-värden visade endast att nedbrytning av fruktaner inte

ökade ju lägre pH-värdet var. Istället diskuterades möjligheten att nedbrytningen kan ha skett med hjälp av växtzymer från digestan (Strauch *et al.*, 2017).

Slutsats

Varför finns det utfodringsrekommendationer för kraftfoder till hästar? Kraftfoder är ett vanligt fodermedel att ge till häst och de vanligaste kraftfodermedlen har ofta ett högt stärkelseinnehåll. En hög stärkelsegiva kan inverka negativt på hästens hälsa, genom att kapaciteten att bryta ned stärkelsen i tunntarmen överbelastas vilket leder till att onedbruten stärkelse hamnar i grovtarmen och där jäses snabbt. Därför är det viktigt att man inte ger hästen stora givor av stärkelserika fodermedel. Man bör även introducera förändringar i foderstatens innehåll av icke-strukturella kolhydrater över tid, för att ge tarmen chans att anpassa sig till den nya foderstatens sammansättning. Även foder som innehåller mycket fruktaner kan leda till kraftig fermentation i grovtarmen och störningar associerade till detta, varpå man ska vara försiktig med fodermedel som innehåller stora koncentrationer av fruktaner.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Al Jassim, R. A. M. & Andrews, F. M. (2009). The Bacterial Community of the Horse Gastrointestinal Tract and Its Relation to Fermentative Acidosis, Laminitis, Colic, and Stomach Ulcers. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice*, 25: 199-215.
- Alexander, F. & Davies, M. E. (1963). Production and fermentation of lactate by bacteria in the alimentary tract of the horse and pig. *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics*, 73: 1-8.
- Bowden, D. M., Taylor, D. K. & Davis, W. E. P. (1968). Water-soluble carbohydrates in orchardgrass and mixed forages. *Canadian Journal of Plant Science*, 48: 9-15
- Coenen, M. & Vervuert, I. (2010). A minimum of roughage and a maximum of starch –necessary benchmarks for equine diets. *Pferdeheilkunde*, 26: 147-151
- Dyer, J., Al-Rammahi, M., Waterfall, L., Salmon, K. S. H., Geor, R. J., Boure, L., Edwards, G. B., Proudman, C. J. & Shirazi-Beechey, S. P. (2009). Adaptive response of equine intestinal Na⁺/glucose co-transporter (SGLT1) to an increase in dietary soluble carbohydrate. *Pflugers Archiv-European Journal of Physiology*, 458: 419-430.
- Dyer, J., Fernandez-Castaño, Meredi, E., Salmon, K. S. H., Proudman, C. J., Edwards, G. B. & Shirazi-Beechey, S. P. (2002). Molecular characterisation of carbohydrate digestion and absorption in the equine small intestine. *Equine Veterinary Journal*, 34:349–358.
- 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*. doi: 10.21767/2572-5459.100016. 2018-02-22.
- Goodson, J., Tyznik, W. J., Cline, J. H. & Dehority, B. A. (1988). Effect of an abrupt diet change from hay to concentrate on microbial numbers and physical environment in the cecum of the pony. *Applied and Environmental Microbiology*, 54: 1946-1950.
- Harlow, B. E., Kagan, I. A., Lawrence, L. M. & Flythe, M. D. (2017). Effects of Inulin Chain Length on Fermentation by Equine Fecal Bacteria and *Streptococcus bovis*. *Journal of Equine Veterinary Science*, 48: 113-120.
- Harlow, B. E., Lawrence, L. M., Hayes, S. H., Crum, A. & Flythe, M. D. (2016). Effect of Dietary Starch Source and Concentration on Equine Fecal Microbiota. *Plos One*, 11: 21.
- Hoffman, R. M. (2009). Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horses. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, 38: 270-276.
- Jansson, A., Lindberg, J. E., Rundgren, M., Müller, C., Connysson, M., Kjellberg, L. & Lundberg, M. (2013). *Utfodringsrekommendationer för häst*. 7. uppl. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Institutionen för husdjurens utfodring och vård). Rapport 289. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/publikationer/utfodringsrekommendationer-for-hast_2013_rapport_289.pdf (2018-03-05).
- Kienzle, E., Pohlenz, J. & Radicke, S. (1997). Morphology of starch digestion in the horse. *Journal of Veterinary Medicine Series a-Physiology Pathology Clinical Medicine*, 44: 207-221.
- Kienzle, E., Radicke, S., Landes, E., Kleffken, D., Illenseer, M. & Meyer, H. (1994). Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 72: 234-241.

- Longland, A. C. & Byrd, B. M. (2006). Pasture Nonstructural Carbohydrates and Equine Laminitis. *The Journal of Nutrition*, 136: 2099S–2102S.
- Luthersson, N., Nielsen, K. H., Harris, P. & Parkin, T. D. H. (2009). Risk factors associated with equine gastric ulceration (EGUS) in 201 horses in Denmark. *Equine Veterinary Journal*, 41: 625-630.
- Müller, C. E., Nostell, K. & Brojer, J. (2016). Methods for reduction of water soluble carbohydrate content in grass forages for horses. *Livestock Science*, 186: 46-52.
- Nilsson, U., Oste, R., Jagerstad, M. & Birkhed, D. (1988). Cereal fructans – *in vitro* and *in vivo* studies on availability in rats and humans. *Journal of Nutrition*, 118: 1325-1330.
- Sjaastad, Ø.V., Sand, O. & Hove, K. (2010). The Digestive System. I: *Physiology of Domestic Animals*. 2. uppl. Oslo: Scandinavian Veterinary Press, 553-616.
- Strauch, S., Wichert, B., Greef, J. M., Hillegeist, D., Zeyner, A. & Liesegang, A. (2017). Evaluation of an invitro system to simulate equine foregut digestion and the influence of acidity on protein and fructan degradation in the horses stomach. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101: 51-58.
- Thorens, B. (1993). Facilitated glucose transporters in epithelial cells. *Annual Review of Physiology*, 55: 591-608.
- Tinker, M. K., White, N. A., Lessard, P., Thatcher, C. D., Pelzer, K. D., Davis, D. & Carmel, D. K. (1997). Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Veterinary Journal*, 29: 454–458.