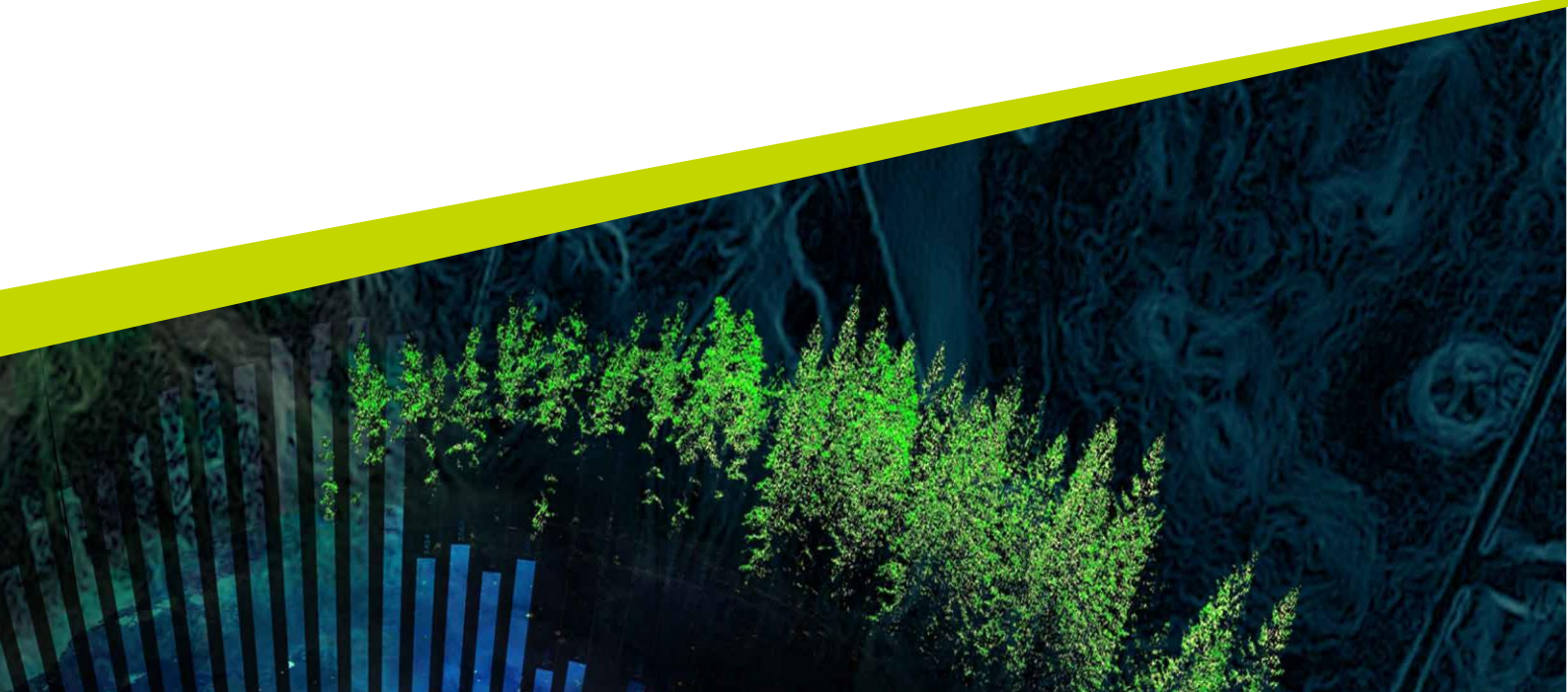




Variation i valfodrets sockerhalt och dess betydelse för hästar med olika hälsostörningar

Linnea Järnström

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Djur och hållbarhet (kandidat)
Uppsala 2024



Variation i vallfodrets sockerhalt och dess betydelse för hästar med olika hälsostörningar

Variation in sugar content in forage and its importance for horses with different health disorders

Linnea Järnström

Handledare: Cecilia Müller, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Examinator: Katrin Lindroth, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap. G2E

Kurskod: EX0865

Program/utbildning: Djur och hållbarhet (kandidat)

Kursansvarig inst.: Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2024

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: ekvint metabolt syndrom, gräsart, klimat, konserveringsmetod, lättlösliga kolhydrater, pituitary pars intermedia dysfunction, polysaccharide storage myopath, WSC – koncentration

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institution för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Sammanfattning

Det finns idag flera olika hälsostörningar hos hästar som är kopplade till utfodring och sockerhalten i vallfodret. Detta gör att det är viktigt att ha kunskap om hur sockerhalten i vallfodret varierar under olika omständigheter, samt hur sockerhalten påverkar hälsostörningar som ekvint metabolt syndrom (EMS), pituitary pars intermedia dysfunction (PPID) och polysaccharide storage myopathy (PSSM). Har hästen en störning i sin glukosmetabolism behöver innehållet av lättlösliga kolhydrater (WSC) i foderstaten anpassas för att främja hästens välmående. De sockerarter som ingår i WSC är glukos, fruktos, sukros och fruktaner. Innehållet av WSC i vallfodret är beroende av flera olika faktorer. I betesgräs styrs innehållet av WSC främst av gräsart, klimat och det botaniska utvecklingsstadiet hos gräset, medan koncentrationen av WSC i konserverat vallfoder påverkas främst av konserveringsmetod och skördetidpunkt. I denna litteraturstudie sammanfattas flera olika studier om hur sockerhalten i vallfoder varierar samt hur sockerhalten påverkar hästar med EMS, PPID och PSSM. Olika faktorer som påverkar koncentrationen av WSC i betesgräs var antal soltimmar, temperatur, nederbörd, avbetning, gödsling samt tidpunkt på dygnet. I konserverat vallfoder påverkades WSC-koncentrationen främst genom val av konserveringsmetod, blötläggning, förtorkning samt användning av inokulanter vid ensilering. Det är enklare att påverka WSC-koncentrationen i konserverat vallfoder än i betesgräs. Vilka faktorer som påverkar WSC-koncentrationen i vallfoder är viktigt att veta vid både utfodring och betesplanering för hästar med EMS, PPID eller PSSM.

Nyckelord: ekvint metabolt syndrom, gräsart, klimat, konserveringsmetod, lättlösliga kolhydrater, pituitary pars intermedia dysfunction, polysaccharide storage myopathy, WSC – koncentration

Abstract

There are currently several different health disorders in horses that are linked to feeding and the sugar concentration of forages. Therefore, it is important to know how the sugar concentration in forage varies under different circumstances and how it affects various health disorders such as equine metabolic syndrome (EMS), pituitary pars intermedia dysfunction (PPID) and polysaccharide storage myopathy (PSSM). If the horse has a disturbance in its glucose metabolism, the sugar content in the feed ration needs to be adjusted to promote the horse's well-being. Water soluble carbohydrates (WSC) content in forage depends on several factors. The sugars contained in WSC are glucose, fructose, sucrose and fructans. In pasture grass, the content is mainly influenced by the grass species, climate and the botanical development stage of the grass. However, the concentration of WSC in preserved forage is mainly affected by method of conservation and harvest time. This literature review summarizes several different studies on how the sugar concentration in forage varies and how it affects horses with EMS, PPID and PSSM. Factors affecting the concentration of WSC in pasture grass include the number of hours of sunshine, temperature, precipitation, grazing, fertilizing, and time of day. In preserved forage, the WSC concentration is mainly affected by the method of conservation, soaking, pre-drying, and the use of inoculants in silage. It is easier to influence the WSC-concentration in preserved forage than in pasture grass. Understanding the factors influencing the WSC-concentration in forage is crucial for feeding and pasture management, especially for horses with EMS, PPID and PSSM.

Keywords: climate, equine metabolic syndrome, grass species, method of conservation, pituitary pars intermedia dysfunction, polysaccharide storage myopathy, WSC-concentration

Innehåll

Tabellförteckning	6
Figurförteckning	7
Förkortningar	8
Introduktion	9
1. Sockerarter i växter	10
1.1 Upptag av sockerarter i hästens mag- och tarmkanal.....	11
2. Faktorer som påverkar betesgrässets sockerinnehåll	12
3. Faktorer som påverkar konserverat vallfoders sockerinnehåll	17
4. Hälsotillstånd hos hästar som påverkas av sockerinnehållet	19
4.1 Ekvint metabolt syndrom.....	19
4.2 Pituitary pars intermedia dysfunction	20
4.3 Polysaccharide storage myopathy	20
5. Diskussion	22
6. Slutsats	25
Referenser	26

Tabellförteckning

- Tabell 1. Sukroskoncentrationen (gram per kg torrs substans) i bladen hos gräsarterna timotej, ängssvingel, hundäxing och engelskt rajgräs, med värden för år 1 och år 2 (Waite et al., 1953a) 13
- Tabell 2. Fruktankoncentration (gram per kg torrs substans) i stjälken hos gräsarterna timotej, ängssvingel, hundäxing och engelskt rajgräs, med värden för år 1 och år 2 (Waite et al., 1953a) 13
- Tabell 3. Dygnsvariation i gram per kg torrs substans för glukos, fruktos, sukros och fruktaner i engelskt rajgräs under ett dygn i juni. Temperaturen varierade från plus 8 till 22 °C under dygnet (Waite et al., 1953) 13
- Tabell 4. Medelkoncentrationen (gram per kg torrs substans) av icke-strukturella kolhydrater, fruktaner, sukros och glukos i åtta olika sorter av rörsvingel efter en första skörd i maj och tre återväxtskördar. (Shewmaker et al. 2006) 15
- Tabell 5. Visar WSC-koncentrationen i engelskt rajgräs med ingen kvävegiva samt med fyra olika kvävegivor under tidig vår och höst (Loaiza et al. 2017) 15
- Tabell 6. Koncentration av glukos, fruktos, sukros och fruktan i grönmassa, torkad grönmassa samt i ensilage. Tid avser tiden från att förtorkning och ensileringen börjar. Värdena är angivna i gram per kg torrs substans (Wylam, 1953) 18
- Tabell 7. Koncentrationen av WSC i grönmassa jämfört med ensilage som lagrats i åtta dagar respektive åtta månader. Värdena anges i gram per kg torrs substans (Wylam, 1953) 18

Figurförteckning

Figur 1. Indelning av kolhydrater med socker och icke-socker som undergrupper (efter McDonald et al., 2022) 10

Förkortningar

WSC	Lättlösliga kolhydrater
EMS	Ekvint metabolt syndrom
PPID	Pituitary pars intermedia dysfunction
PSSM	Polysaccharide storage myopathy
DP	Polymeriseringsgrad
g/ kg ts	g per kilo torrs substans
NSC	Icke-strukturella kolhydrater
N	Kväve
Ha	Hektar
ACTH	Adrenokortikotropt hormon

Introduktion

Hästar är utpräglade betesdjur som betar 14-18 timmar per dygn i det fria (Duncan 1980). Därför bör en väsentlig del av den domesticerade hästens foderstat bestå av grovfoder för att främja deras välbefinnande och naturliga ätbeteende. Grässets innehåller en varierande mängd lösliga kolhydrater, så kallade Water Soluble Carbohydrates (WSC). Glukos, fruktos, sukros och fruktaner utgör huvuddelen av WSC i vallfoder (McDonald et al. 2022).

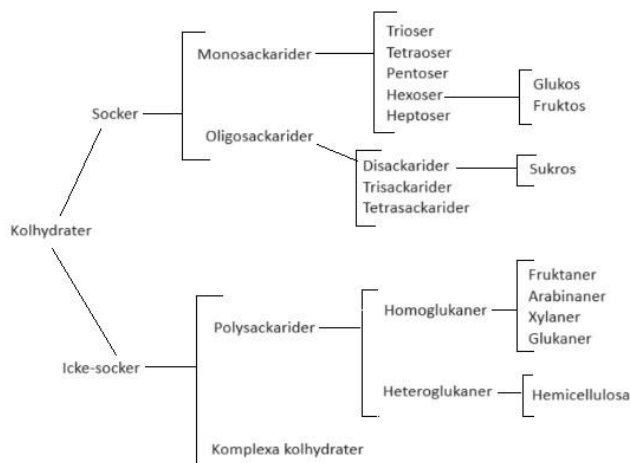
Hästar kan drabbas av olika hälsostörningar som är kopplade till kroppens glukosomsättning, till exempel ekvint metabol syndrom (EMS), pituitary pars intermedia dysfunction (PPID) och polysaccharide storage myopathy (PSSM). För hästar som har drabbats av någon av dessa hälsostörningar är det särskilt viktigt att sockerhalten i fodret inte är för hög. De olika hälsostörningarna kan utlösas vid en foderstat med för hög koncentration av WSC och stärkelse (Geor 2010).

Hästar med EMS har en nedsatt insulinkänslighet och får förhöjda insulinnivåer i blodet efter foderintag (Frank 2015). Vid PPID överproducerar kroppen hormoner, bland annat hormonet kortisol som kan leda till insulinresistens hos den drabbade hästen (Karikoski et al. 2016). Både hästar med EMS och PPID har en risk att utveckla fång som följd av den höga insulinkoncentrationen i blodet och andelen socker i deras foderstat behöver därför hållas på en låg nivå. Vid PSSM som är en genetisk typ av korsförslamning, lagras onormala mängder av glykogen in i muskelcellen, vilket kan orsaka smärta, stelhet och lång konvalescens för hästen. En häst som drabbas av PSSM behöver även den en foderstat med lågt innehåll av socker, framför allt lågt innehåll av sockerarten glukos. Detta är för att begränsa glykogenesen att bilda överdrivet stora mängder glykogen i musklerna hos den drabbade hästen (Borgia et al. 2011). Glukos är även den sockerart som har störst påverkan på insulinsvaret hos hästen, vilket gör att även hästar med EMS och PPID bör ha en foderstat med lågt innehåll av glukos (Borgia et al. 2011).

Eftersom både hästar med EMS, PPID och PSSM behöver foderstater med lågt innehåll av socker är det viktigt att veta hur mycket socker deras foderstater innehåller, samt vilka faktorer som påverkar sockerhalten i både grovfodret och betesgräset de äter. Det är även viktigt att ha kunskap om hur sockerhalten varierar i vallfodret beroende på olika faktorer såsom klimat, tid på dygnet, skördetid och gräsart för att kunna tillhandahålla bete och skördat foder med lågt sockernehåll. Den här litteraturstudiens syfte är att sammanställa vilka olika faktorer som påverkar sockerhalten i både konserverat vallfoder och i betesgräs i tempererat klimat samt hur och varför sockerhalten i dessa fodermedel påverkar hästar med EMS, PPID och PSSM.

1. Sockerarter i växter

Socketter tillhör gruppen kolhydrater och är vanligen uppbyggda av kol-, väte- och syremolekyler. Kolhydrater kan delas in i två huvudgrupper; socker och icke-socker (figur 1). Socker kan sedan i sin tur delas in i två undergrupper, monosackarider och oligosackarider. Monosackarider är enkla sockerarter och kan delas in i flera undergrupper beroende på antalet kolatomer som ingår i strukturen. Monosackarider kan vara bundna till varandra för att bilda di-, tri-, tetra- eller polysackarider, där di-, tri- och tetrasackarider tillhör gruppen oligosackarider. (McDonald et al. 2022).



Figur 1. Indelning av kolhydrater med socker och icke-socker som undergrupper (efter McDonald et al., 2022)

Hexoser är monosackarider som består av sex kolatomer. Både fruktos och glukos tillhör hexoser och är en viktig energikälla för både växter och djur. Glukos och fruktos kan förekomma i raka kedjor och de är stereoisomeriska, det vill säga deras struktur kan förekomma i två olika former som är spegelbilder av varandra. Beroende på var OH-gruppen sitter på kolatom fem kallas formerna D- eller L-form. Ur biologiskt perspektiv är D-formen viktigare än L-formen, då D-formen förekommer naturligt. Under fysiologiska förhållanden kan monosackarider förekomma i andra isomeriska strukturer, vanligen i ringstruktur. Ringstrukturen kan förekomma i två isomeriska strukturer, alfa- eller betaform (McDonald et al. 2022).

Sukros är en oligosackarid och är näringsmässigt en av de viktigaste av disackariderna (figur 1). Sukros består av en α -D-glukosmolekyl och en β -D-fruktosmolekyl som sitter ihop genom en syrebrygga. Sukros är den disackarid som det förekommer mest av i växter, framför allt i rötter, där den bidrar till transport av kol i växter.

Fruktaner är polysackarider i gruppen icke-socker (figur 1). Denna grupp skiljer sig mycket från gruppen socker. De flesta polysackarider har en hög molekylvikt och är uppbyggda av ett stort antal pentos- eller hexosenheter. Fruktaner ingår i gruppen homoglukaner och består av ett varierande antal fruktoskedjor, vanligen med en sukrosmolekyl i den ena änden av strukturen. Fruktaner kan ha flera olika strukturer, men alla kända fruktaner innehåller β -D-fruktos. I fruktan är fruktosmolekylerna sammanbundna med β -2,6- eller β -2,1-bindningar. Beta-2,6 bindningar återfinns i fruktaner som finns i gräs. Fruktaner fungerar som lagringskolhydrat i rötter, stjälkar, blad och frön hos många olika växter (McDonald et al. 2022). Fruktaner kan ha en varierande polymeriseringsgrad (DP). I engelskt rajgräs (*Lolium perenne*) har fruktan en låg DP på 26 (Merry et al. 1995) vilket betyder att kedjorna är kortare och eventuellt kan brytas ned snabbare än om DP var högre, men även fuktiga förhållanden ger en snabbare nedbrytning av fruktaner (Mackenzie & Wylam 1957). Både DP och graden av förgreningar och fruktanmolekylen skiljer sig åt mellan olika gräsarter, vilket i teorin kan påverka hur snabbt de bryts ner.

1.1 Upptag av sockerarter i hästens mag-tarmkanal

Både glukos och fruktos tas upp till blodet i tunntarmen hos hästen. Glukos tas upp snabbare än fruktos. Sukrosmolekylen bryts ned fullständigt i tunntarmen till en glukos- och en fruktosmolekyl. När glukos tas upp till blodet sker en insulinrespons hos hästen (Roberts 1975; Dyer et al. 2002; McDonald et al. 2022). Hur fruktaner tas upp i mag-tarmkanalen hos hästen är inte fullständigt undersökt. Även om fruktaner bryts ner till fruktosmolekyler och en sukrosmolekyl och tas upp i tunntarmen eller om fruktanerna blir jästa i grovtarmen ger de ingen insulinrespons hos hästen, då mängden sukros är så pass liten då fruktaner innehåller en sukrosmolekyl och ett varierande antal fruktosmolekyler. Fruktaner som passerar med digestan in i grovtarmen kan leda till att pH-värdet i grovtarmen sjunker och resulterar i en bakterietillväxt i tarmen (Al Jassim & Andrews 2009).

2. Faktorer som påverkar betesgräsets sockerinnehåll

Sockerinnehållet i betesgräset bestäms av fotosyntesen. Det är framför allt balansen mellan produktionen av glukos i växten och växtens förbrukning av glukos genom respirationen som påverkar sockerinnehållet. Glukos bildas i växten genom fotosyntesen, det vill säga att växten omvandlar ljusenergi och koldioxid till olika kolhydrater. Betesgräs har högst innehåll av WSC på eftermiddagen och innehåll av WSC minskar under natten då fotosyntesen inte är aktiv (Longland & Byrd 2006). Koncentrationen av WSC i gräset påverkas av tidpunkt för sådd, skördetidpunkt (Chatterton et al. 2006), blad-stjälk-förhållande, markens bördighet, vattenstatus i marken (Shewmaker et al. 2006), gräsart och antalet soltimmar (Mackenzie & Wylam 1957). Desto fler soltimmar, desto högre WSC-koncentration återfinns i gräset. Engelskt rajgräs innehåller generellt en högre koncentration av WSC än hundäxing (*Dactylis gomerata*) (McDonald et al. 2022).

I en studie av (Waite & Boyd 1953b; a) undersöktes fyra olika gräsarter; ängssvingel (*Festuca pratensis*), engelskt rajgräs, timotej (*Phleum pratense*) och hundäxing med avseende på hur innehåll av WSC varierade i gräsarterna beroende på om de växte på en betesvall eller på en slåttervall under en period på två år. Prover från gräsen togs från blad och stjälk under april till oktober med en veckas mellanrum. För engelskt rajgräs togs även separata prover under ett dygn i juni med tre timmars mellanrum för att studera dygnsvariationer i WSC-koncentrationen i gräset. Resultatet av studien visade att det fanns en variation av glukos, fruktos, sukros och fruktan i gräset. Koncentrationen av sukros och fruktaner var generellt högre än koncentrationen av glukos och fruktos i gräsarterna i studien. Det engelska rajgräset hade högst innehåll av sukros under de två åren studien utfördes (tabell 1). Hundäxing hade generellt lägst innehåll av sukros. I studien återfanns även att det var högre andel fruktaner i stjälken än i bladen hos gräsarterna. Fruktaninnehållet var som högst vid två tillfällen i hundäxing, timotej och ängssvingel (tabell 2). Den första fruktantoppen var i maj och den andra toppen senare i juli/augusti, medan engelskt rajgräs endast hade en topp i juni. Studien visade även att det finns en variation i koncentrationen av sockerarter i gräset mellan olika år. Under det första året i studien var det mer nederbörd och under våren det andra året var vädret varmare och torrare vilket påverkade koncentrationerna. Temperaturskillnaden var 2 °C för maj månad. Alla gräsarter utom ängssvingel skördades senare i studien, vilket resulterade att gräsen nått ett senare botaniskt utvecklingsstadium (Waite & Boyd 1953b).

Tabell 1. Sukroskoncentrationen (gram per kg torrsbstans) i bladen hos gräsarterna timotej, ängssvingel, hundäxing och engelskt rajgräs, med värden för år 1 och år 2 (Waite et al., 1953a)

Art	April		Maj		Juni		Juli		Augusti	
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
Timotej	80	20	60	20	30	60	20	40	19	18
Ängssvingel	40	39	62	40	38	60	20	20	2	5
Hundäxing	20	20	40	40	20	55	19	20	8	0
Engelskt rajgräs	60	40	100	80	40	60	20	20	10	10

Tabell 2. Fruktonkoncentration (gram per kg torrsbstans) i stjälken hos gräsarterna timotej, ängssvingel, hundäxing och engelskt rajgräs, med värden för år 1 och år 2 (Waite et al., 1953a)

Art	April		Maj		Juni		Juli		Augusti	
	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2	År 1	År 2
Timotej	150	80	170	50	100	100	140	260	250	340
Ängssvingel	90	80	230	100	110	120	140	160	60	80
Hundäxing	60	40	140	70	200	100	220	100	240	80
Engelskt rajgräs	80	80	200	190	280	320	200	260	180	230

De separata prover som togs med tre timmars intervall under ett dygn på engelskt rajgräs visade att det förekom dygnsvariationer i WSC-koncentrationen (tabell 3). Under provtagningsdagen var det soligt väder med en temperatur mellan 8–22 °C. Glukos- och fruktoskoncentrationen var lägst på eftermiddagen, medan koncentrationen av sukros var som störst vid samma tidpunkt. Fruktonkoncentrationen förändrades oregelbundet under dygnet under studiens gång (Waite & Boyd 1953a).

Tabell 3. Dygnsvariation i gram per kg torrsbstans för glukos, fruktos, sukros och fruktaner i engelskt rajgräs under ett dygn i juni. Temperaturen varierade från plus 8 till 22 °C under dygnet (Waite et al., 1953)

Klockslag	Glukos och Fruktos	Sukros	Fruktaner
09.00	29	53	164
12.00	25	63	174
15.00	24	70	161
18.00	28	70	158
21.00	27	66	159
24.00	26	66	166
03.00	28	54	169
06.00	29	53	169

I en annan studie undersöktes om antal soltimmar hade någon effekt på WSC-koncentrationen i engelskt rajgräs (Mackenzie & Wylam 1957). Studien sträckte

sig från maj till november. Den ena halvan av vallen med engelskt rajgräs var täckt för att simulera en molnig dag och den andra halvan av vallen var otäckt och utsatt för direkt solljus. Resultatet från studien visade att solljuset hade en stor påverkan på innehållet av WSC i gräset. Den halva som var täckt hade en tydlig minskning av sukros-koncentrationen den första dagen. Dag två ökade sukros-koncentrationen tydligt då den halva av vallen som var täckt dag ett var otäckt dag två. Studien visade inte på några skillnader i fruktankoncentrationen mellan den otäckta delen och den täckta delen av vallen den första dagen av studien. Fruktankoncentrationen i den täckta vallen minskade under dag två. Efter dag fyra ändrades inte fruktankoncentrationen i den täckta vallen längre, en förklaring till det var brist på sukros för fruktansyntesen. Resultatet av studien visade att WSC-koncentrationen var högre i juni jämfört med i augusti, där gräset hade relativt lågt innehåll av WSC. Faktorer som påverkar WSC-koncentrationen är bland annat växtens botaniska utvecklingsstadium och temperatur. Under studiens gång upptäcktes inga större skillnader i glukos- och fruktoskoncentrationen i gräset. Det var en högre glukos- och en lägre fruktoskoncentration i bladen och tvärtom för koncentrationerna i stjälken. Sukroskoncentrationen var lika i blad och stjälk, och ett samband mellan maximal sukroskoncentration och maximal mängd solljus mitt på dagen påvisades (Mackenzie & Wylam 1957).

I en annan studie undersöktes hur WSC-koncentrationen ändrades beroende på skördetid och tidpunkt för provtagning (Kagan et al. 2019). De gräsarter som undersöktes var hundäxing, engelskt rajgräs och rörsvingel (*Lolium arundinacea*). Proverna togs under april och maj och under provtagningsdagarna togs det två prov per dag, ett på förmiddagen och ett på eftermiddagen. Första skördetidpunkten var i slutet av april, den andra i början av maj och den sista skördetidpunkten var i slutet av maj. Den totala koncentrationen av WSC i gräset var högre på eftermiddagen med 153 gram per kilo torrsbstans (g per kg ts) jämfört med WSC koncentrationen på morgonen som var 126 g per kg ts. Koncentrationen av WSC varierar även mellan de olika gräsarterna (Kagan et al. 2019). I samma studie hade engelskt rajgräs (165 g per kg ts) och rörsvingel (159 g per kg ts) i genomsnitt högre WSC-koncentration medan hundäxing (101 g per kg ts) hade den lägsta koncentrationen av WSC. Koncentrationen av WSC minskade med ökad plantmognad under studiens gång.

Dagsljus, temperatur och tillväxetsstadium är faktorer som påverkar WSC-koncentrationen i gräs. Då fruktaner finns i högre halt i gräs vid svalare temperaturer jämfört med vid varmare temperaturer kan en ändring av WSC-koncentrationen beroende på temperatur förväntas (Kagan et al. 2020). Det botaniska utvecklingsstadiet hos gräset påverkar WSC-koncentrationen då högre koncentrationer av glukos, fruktos och sukros återfinns i gräs i ett tidigt utvecklingsstadium. Vid ökande plantmognad sjunker koncentrationen av glukos, fruktos och sukros, medan fruktankoncentrationen ökar med plantmognaden i

gräset (Chatterton et al. 2006). I en studie undersöktes den dagliga ackumuleringen av icke-strukturella kolhydrater (NSC) i rörsvingel (Shewmaker et al. 2006). Studien visade att koncentrationen av fruktaner, sukros och glukos varierade under studiens gång, men att ackumulationshastigheten av dem var densamma. Koncentrationen av i socker och stärkelse minskade efter varje återväxtskörd i studien. Fruktankoncentrationen var högst under juli, medan sukros- och glukoskoncentrationen var högst under maj (tabell 4).

Tabell 4. Medelkoncentrationen (gram per kg torrsubstans) av icke-strukturella kolhydrater, fruktaner, sukros och glukos i åtta olika sorter av rörsvingel efter en första skörd i maj och tre återväxtskördar. (Shewmaker et al. 2006)

Variabel	17 Maj	6 Juli	8 Augusti	13 September
Icke-strukturella kolhydrater	238	232	141	121
Fruktaner	64	116	35	27
Sukros	79	55	42	46
Glukos	46	22	41	27

Koncentrationen av WSC i gräs kan även påverkas genom gödsling med kväve. Koncentrationen av kväve i gräset minskar under dagen medan koncentrationen av WSC ökar i gräset (Wang et al. 2020). Vid kvävegödsling minskar WSC-koncentrationen i gräset (Loaiza et al. 2017). I studien av Loaiza et al (2017) undersöktes hur kvävetillförsel och slåtter eller avbetning påverkade olika kolhydrater i engelskt rajgräs. Resultatet av studien visade att slåtterfrekvensen påverkade WSC-koncentrationen i gräset, effekten var inte konstant under olika årstider. När slåtterfrekvensen förlängdes från två- till trebladsstadiet ökade WSC-koncentrationen under våren samt hösten. Under sommaren hade gräset något högre innehåll av WSC vid slåtter vid tvåbladsstadiet än vid slåtter i trebladsstadiet. Samma studie visade även att kvävegödsling gav en minskning av WSC under tidig vår och höst, ju högre kvävegiva desto mer reducerades WSC-koncentrationen (tabell 5).

Tabell 5. Visar WSC-koncentrationen i engelskt rajgräs med ingen kvävegiva samt med fyra olika kvävegivor under tidig vår och höst (Loaiza et al. 2017)

Kvävegödsling (kg N ha⁻¹ år⁻¹)	0	75	150	300	450
WSC tidig vår (g kg⁻¹ ts)	118	105	107	97	87
WSC höst (g kg⁻¹ ts)	162	164	146	132	113

Vid avbetning i gräsets återväxststadium ansamlas större mängd WSC i gräset än om avbetningen eller slåtter sker i två-trebladsstadiet. I en studie med engelskt rajgräs undersöktes hur låg kvävegiva och slåtter som sker sällan påverkade WSC-koncentrationen i gräset (Rivero et al. 2019). I studien skördades gräset vid tre blad utvecklingsstadium samt en kvävegiva på $83,3 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ eller skörd av gräset vid två blad och en kvävegiva på $250 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$. Studien kom fram till att engelskt rajgräs med en låg kvävegiva samt slåtter som sker vid ett senare botaniskt utvecklingsstadium hade WSC-koncentrationer på 30–60 g per kg ts högre än engelskt rajgräs som skördades vid ett tidigare utvecklingsstadium med en högre kvävegiva.

3. Faktorer som påverkar sockerinnehållet i konserverat vallfoder

Vallfoder till hästar utgörs ofta av någon form av konserverat gräs såsom hö, hösilage eller ensilage. Koncentrationen av WSC i konserverat vallfoder kan påverkas efter skörd genom olika konserveringsmetoder. Konserveringsmetoden avgör om vallfodret benämns som hö, hösilage eller ensilage. Ensilage och hösilage är inplastade vallfoder där mjölksyrabakterier använder glukos och fruktos som energi i fermentationsprocessen. Är WSC-koncentrationen för låg kommer inte mjölksyrabakterierna att tillväxa optimalt, där av är det viktigt att grönmassan innehåller tillräcklig hög koncentration av WSC för att mjölksyrabakterierna ska få näring och tillväxa (McDonald et al. 2022). Inplastningen bidrar till en anaerob miljö och mjölksyrabakterierna sänker pH-värdet genom att bilda mjölksyra. Det är mjölksyrabakterier som omvandlar WSC till mjölksyra och som bidrar till att WSC bryts ned och reduceras i ensilaget eller hösilaget. Ju lägre torrsubstans-halt desto mer mjölksyra bildas, vilket bidrar till lägre sockerhalt. Vid en högre torrsubstans-halt minskar tillväxten av mjölksyrabakterier, vilket leder till att fermentationen minskar och att WSC inte förbrukas i lika stor mängd (McDonald et al. 2022).

Skillnaden i konserveringsmetod för hö är att hö endast torkas och lagras i en aerob miljö och ingen fermentation sker. I hö reduceras innehållet av WSC endast genom respiration som sker under slätter eller förtorkning (Wylam 1953). I ett hackat ensilage är den totala WSC-koncentrationen vanligen inte högre än 20 g per kg torrsubstans, medan hö kan ha tio gånger högre WSC-koncentration (McDonald et al. 2022).

I en studie med ensilage, hösilage och hö undersöktes hur olika faktorer kan påverka innehållet av socker i konserverat vallfoder (Müller et al. 2016). I studien undersöktes fyra olika faktorer; lagringstid, konserveringsmetod, blötläggning samt användning av bakteriella inokulanter. Prover togs från hö, hösilage och ensilage med lagringstid på 3, 6, 12 och 18 månader. De foder som blötlades i studien hade lagrats i 3 och 12 månader och blötläggningstiden var 12 respektive 24 timmar. Hösilage och ensilage konserverades både med och utan bakteriella inokulanter. Vid användning av bakteriella inokulanter ökade halten mjölksyra i fodret. Resultatet från studien visade att ensileringsprocessen hade störst påverkan på WSC-koncentrationen i grovfodret. Både ensilage och hösilage innehöll lägre nivåer av WSC än hö i studien. Studien visade att blötläggning gav en minskning av WSC-koncentrationen. När ensilage blötlades i 12 timmar minskade koncentrationen av fruktos och den totala WSC-koncentrationen till hälften jämfört med innan blötläggningen. Vid blötläggning av hö minskade WSC-koncentrationen efter 12 timmar samt ytterligare efter 24 timmars blötläggning. I höet minskade

glukosinnehållet med 50 %, fruktosinnehållet med 70 %, sukrosinnehållet med 15% och fruktaninnehållet med 40 % efter blötläggningen. Lagringstiden påverkade inte koncentrationen av WSC i fodermedlen i studien (Müller et al. 2016). Vid användning av inokulanter vid ensileringen var mjölksyrakoncentrationen högre i ensilage och hösilage i studien jämfört med utan användning av inokulanter. Fruktosinnehållet i hösilaget och ensilaget var generellt högre vid användning av inokulanter.

I en annan studie undersöktes olika förändringar av WSC-koncentrationen som sker i gräs efter skörd, under torkning till hö samt under ensilering vid skörd i maj månad (Wylam 1953). Resultatet av studien visade att det sker en hydrolys av fruktan och sukros efter skörd, samt att processen är snabbare vid fuktiga förhållanden än vid torra förhållanden (tabell 5). När grönmassan förtorkades efter skörd reducerades sockerhalten vid hydrolysen jämfört med när grönmassan inte förtorkades. Enligt studien upphörde hydrolysen av sukros efter två timmar i den förtorkade grönmassan, men hydrolysen av fruktan fortsatte.

Tabell 6. Koncentration av glukos, fruktos, sukros och fruktan i grönmassa, torkad grönmassa samt i ensilage. Tid avser tiden från att förtorkning och ensileringen börjar. Värdena är angivna i gram per kg torrs substans (Wylam, 1953)

	Tid	Torrs substans%	Glukos	Fruktos	Sukros	Fruktan
Grönmassa		18,4	13	17	62	96
Förtorkad grönmassa	2 h	20,6	13	17	51	92
	24 h	44,6	19	29	54	52
	8 dagar	78,1	16	14	52	35
Ensilage	4 h	18,4	17	21	48	71
	96 h	18,4	32	24	34	28

I samma studie av Wylam (1953) gav hydrolys av oligosackarider en ökning i fruktoshalten efter åtta månaders lagring. Ensilage som lagrats i åtta månader hade avsevärt lägre glukoskoncentration än ensilaget som lagrades i åtta dagar samt i grönmassan. I studien blev det en total nedbrytning av fruktan och sukros i det ensilage som lagrats under åtta månader (tabell 6)(Wylam 1953).

Tabell 7. Koncentrationen av WSC i grönmassa jämfört med ensilage som lagrats i åtta dagar respektive åtta månader. Värdena anges i gram per kg torrs substans (Wylam, 1953)

	Grönmassa	Ensilage 8 dagar	Ensilage 8 månader
Glukos	68	83	30
Fruktos	45	62	108
Sukros	52	3	0
Fruktan	84	18	0

4. Hälsostörningar hos hästar som påverkas av sockerinnehållet

För EMS, PPID och PSSM är hästens insulinrespons av intresse och hur insulinsvaret beroende på olika foders sockerinnehåll. Vid både EMS och PPID är insulinresponsen viktig då högre glukosupptag ger en högre insulinrespons, vilket leder till en ökad risk för fång för båda hälsotillstånden. Insulin produceras av bukspottkörtelns beta-celler och är en metabolisk reaktion som svar på ökad glukoskoncentration i blodet efter foderintag (Aronoff et al. 2004). Glukosupptag kan dels ske genom glukos som finns i fodret, men även genom den enzymatiska nedbrytningen som sker i tunntarmen av sukros, som ger en glukos- och en fruktosmolekyl per nedbruten sukrosmolekyl (McDonald et al. 2022). För hästar med PSSM sker en onormal glykogeninlagring i musklerna, vilket gör det viktigt att WSC-koncentrationen är låg i fodret (Valberg et al. 2011).

4.1 Ekvint metabolt syndrom

Ekvint metabolt syndrom är ett samlingsnamn för flera olika hälsotillstånd som påverkar insulinfrisättningen i blodet, så som insulindysreglering (ID) med hyperinsulinemi, fetma samt ökad risk för fång (Durham et al. 2019). Vid EMS är cellerna mindre känsliga för insulin, det vill säga att kroppen har en nedsatt insulinkänslighet (Frank 2015). Hästar med insulindysreglering har nedsatt insulinkänslighet och får onormalt höga nivåer av insulin i blodet i samband med utfodring. En foderstat med högt innehåll av WSC ger onormalt höga nivåer av insulin i blodet hos hästar med EMS. Det som är avgörande om en häst med EMS kommer drabbas av fång vid ett för stort intag av näringsrikt och sockerrikt vallfoder är hur insulindysreglerad hästen är. Därför är det viktigt att utfodra hästar med EMS korrekt och undvika att överutfodra med vallfoder med högt näringsinnehåll samt högt sockerinnehåll för att hålla ett bra hull samt minska onödigt lidande för hästen. Vid utfodring av fodermedel som innehåller socker och stärkelse kan insulinkänsligheten minska hos hästen (Lindåse et al. 2018). Hästar med EMS rekommenderas att inte ha mer än 10 % WSC av torrsubstansen i sin foderstat (Durham et al. 2019). I en studie undersöktes hur hästars postprandiella glukos- och insulinvar påverkades av utfodring med vallfoder innehållande olika koncentrationer av WSC (Lindåse et al. 2018). Vallfodret som användes i studien var hösilage med låg (38,9 g per kg ts WSC), medelhög (129,5 g per kg ts WSC) samt hög (177,1 g per kg ts WSC) koncentration av WSC. Resultatet av studien visade att det postprandiella insulinsvaret påverkades av WSC-koncentrationen i vallfodret, men även av hästarnas individuella insulinkänslighet. Det postprandiella

insulinsvaret var högre hos hästarna efter utfodring med hösilage med medelhög eller hög koncentration av WSC jämfört med hösilaget med låg WSC-koncentration.

4.2 Pituitary pars intermedia dysfunction

Pituitary pars intermedia dysfunction är en kronisk progressiv endokrin sjukdom som ger en överproduktion av hormoner från binjurebarken. Det är en av de vanligaste endokrina sjukdomarna hos äldre hästar (Kirkwood et al. 2022). En studie från Australien undersökte prevalensen av hur många hästar över 15 år som hade PPID, resultatet var att ungefär 20% av hästarna som var över 15 år hade PPID (Mcgowan et al. 2013). Symptomen är lång päls, muskelatrofi, hängig buk, ökad risk för fång och att hästen kan dricka och urinera mer än normalt. Däremot kan de kliniska symptomen variera mellan olika individer (Durham et al. 2014). Orsaken till sjukdomen är att hypofysen överproducerar ämnen som påverkar binjurebarken, bland annat adrenokortikotropt hormon (ACTH), som leder till att tillverkningen av kortisol i kroppen ökar som i sin tur kan leda till insulinresistens hos hästen (Karikoski et al. 2016; Horn & Bertin 2019). Individer med PPID har ofta störningar i glukos- och insulinmetabolismen (Frank et al. 2006). Det är okänt om det är den endokrina dysregleringen vid PPID som orsakar hyperinsulinemi eller om de hästar som utvecklar hyperinsulinemi även har EMS parallellt med PPID (Karikoski et al. 2016). Hästar med PPID bör inte utfodras med foder med högt innehåll av icke-strukturella kolhydrater, däribland socker. Detta är extra viktigt om hästen har problem med insulindysreglering eller fång (Kirkwood et al. 2022). Foderstaten bör inte innehålla mer än 10-12% icke-strukturella kolhydrater av torrsubstansen (Jarvis 2009; Galinelli et al. 2023). Utfodringen bör anpassas till hästens näringsbehov och eventuella symptom på PPID, då minskning av både hästens hull och muskelmassa är vanligt förekommande (Kirkwood et al. 2022).

4.3 Polysaccharide storage myopathy

Polysaccharide storage myopathy är en typ av genetisk korsförämning. Vid korsförämning sker en nedbrytning av skelettmuskelcellerna i främst rygg- och bakbensmuskulaturen hos hästen (Hunt et al. 2008). De kliniska symptomen kan variera mellan olika hästar men även mellan olika sjukdomsepisoder på samma individ. Symptomen på korsförämning är muskelsvaghet, muskelskakningar, muskelstelhet, ovilja att röra på sig, svettningar, anorexi, depression, myoglobinuri och sekundär njursvikt. Vid PSSM sker en överdriven upplagring av glykogen i skelettmuskulaturen, vilket sker på grund av ett överaktivt enzym som snabbt tar upp glukos från blodet och leder till att glykogenet inte förgrenas på ett normalt sätt

innan det lagras i muskulaturen. Muskulaturen får även en onormal inlagring av amylasresistenta polysackarider (Valberg et al. 2011, 2016). Det finns två olika typer av PSSM; PSSM typ 1 och PSSM typ 2. Polysaccharide storage myopathy typ 1 orsakas av genmutationen GYS1 och ger både ökad glykogeninlagring samt amylasresistenta polysackarider i muskulaturen hos hästen. Typ 2 är övriga fall av PSSM där symptomen är lika som för PSSM, men utan genmutationen GYS1 (McCue et al. 2008). Symptom på att hästen har drabbats av PSSM visar sig ofta i början på ett träningspass. Faktorer som påverkar PSSM är lång vila, dålig kondition/form samt en foderstat som innehåller stora mängder av lättlösliga kolhydrater. Vid PSSM aktiveras inte nedbrytningen av glykogen av muskelcellerna som hos friska hästar, därför är det viktigt att minska intaget av stärkelse och socker för att minska substratet för glykogenbildningen, det vill säga glukos (Valberg et al. 2011, 2016). Foder med högt innehåll av WSC och stärkelse kan trigga PSSM hos hästar (Borgia et al. 2011). Regelbunden motion samt en foderstat som innehåller mindre än 15% icke-strukturella kolhydrater är viktigt för hästar med korsförädlning (Valberg et al. 2011). Glukosmetabolismen är kraftigt förändrad hos hästar med PSSM. Vid en insulingiva blir hästar med PSSM hypoglykemiska, det vill säga glukoskoncentrationen i blodet sjunker under normala nivåer, och de är hypoglykemiska längre än friska hästar. Hästar med PSSM har förutom en överdriven inlagring av glykogen i musklerna även en ökad insulinkänslighet. Efter träning kan hästar med PSSM ha normala glykogennivåer i musklerna, men en onormal glykogensyntes gör att depåerna fylls på till onormalt höga nivåer igen (Annandale et al. 2004). Vid utfodring av hästar med PSSM är det viktigt att tänka på att begränsa icke-strukturella kolhydrater i fodret. I en studie undersöktes hur insulinsvaret skiljer sig mellan friska hästar och hästar med PSSM genom utfodring med hö med olika koncentrationer av icke-strukturella kolhydrater (Borgia et al. 2011). Resultatet av studien visade att utfodring med hö som innehöll höga nivåer av icke-strukturella kolhydrater gav höga insulinnivåer hos hästarna, vilket kan vara skadligt för hästar med PSSM. I en foderstat till en häst med PSSM kan fett ges som en alternativ energikälla, upp till 15% av det dagliga energibehovet, för att reducera andelen icke-strukturella kolhydrater i foderstaten men ändå komma upp i tillräcklig energi för att bibehålla ett bra hull hos hästen (McKenzie et al. 2003; Ribeiro et al. 2004).

5. Diskussion

Att säkerställa ett lågt sockerinnehåll i vallfoder är särskilt viktigt för hästar med EMS, PPID och PSSM, då höga sockerkoncentrationer kan ge ett försämrat hälsotillstånd. När det gäller att undvika vallfoder med högt sockerinnehåll är kunskap om vilka faktorer som påverkar sockerkoncentrationen viktig. Det finns flera metoder för att minimera WSC-koncentrationen i konserverat vallfoder, där konserveringsmetoden är den viktigaste faktorn (Müller et al. 2016; McDonald et al. 2022). Även skördetidpunkt, plantmognad vid skörd och eventuell gödsling är faktorer som påverkar WSC-koncentrationen i konserverat vallfoder. I inplastat vallfoder reduceras sockerinnehållet genom fermentationsprocessen. Müller et al (2016) kom fram till att ensilerat vallfoder har lägre innehåll av WSC än hö, även Wylam (1953) kom fram till samma sak. Blötläggning av hö, hösilage och ensilage i minst 12 timmar reducerade innehållet av socker (Müller et al. 2016), men är en arbetskrävande process samt att andra näringsämnen riskerar att försvinna från fodret och är därför inte blötläggning en metod som rekommenderas för att reducera WSC-koncentrationen i vallfodret. Då sockerinnehållet i hö påverkas av plantmognaden hos gräset, kvävegödsling, tidpunkten för skörd och respiration efter slåtter är det viktigt att skörda höet vid en tidpunkt där sockerinnehållet i gräset är lågt. Men även använda sig av gräsarter i vallen med ett lågt WSC-innehåll (Waite & Boyd 1953b). Detta då det är svårt att påverka sockerinnehållet i hö efter skörd. Vilka gräsarter som finns i betesgräset eller i det konserverade vallfodret kan vara svårt för hästägare att påverka. Jag tror att det saknas kunskap hos hästägare och grovfoderproducenter om olika gräsarters sockerinnehåll och hur innehållet av socker varierar. Hundäxing har lågt innehåll av WSC, men gräsarternas sockerhalt varierar beroende på säsong och andra lokala faktorer. Detta gör det svårt att uppskatta innehållet av socker i olika gräsarter. En blandvall med olika gräsarter är att rekommendera då sockerhalten varierar. Vid ensilage och hösilage används sockerarterna i grönmassan som energi till fermentationsprocessen och på så vis reduceras sockerhalten, ju lägre torrsbstanshalt desto lägre WSC i vallfodret (McDonald et al. 2022). Hästägare till hästar som har hälsostörningar kopplade till glukosmetabolismen bör analysera sitt konserverade vallfoder för att säkerställa att WSC-koncentrationen är låg. För hästar med insulindysreglering är ensilage den vallfodertyp som mest effektivt reducerar WSC-koncentrationen och bör därför föredras.

Vid planering av eventuellt bete för hästar med EMS, PPID och PSSM är det viktigt att förstå hur olika faktorer påverkar sockerhalten i betesgräset. Waite och Boyd (1953) visade att WSC-koncentrationen påverkades av tidpunkt på dygnet, med högre koncentrationer av sukros på eftermiddagen, glukos- och fruktoskoncentrationen var högst under morgonen medan fruktoskoncentrationen

varierade oregelbundet under dygnet. Koncentrationen av sukros hade den största variationen under dygnet enligt Waite och Boyd (1953). Då sukros bryts ned till en glukosmolekyl och en fruktosmolekyl bör både mängden av sukros och glukos i fodret vara så lågt som möjligt för att undvika ett insulinsvar eller en ny sjukdomsepisod av PSSM hos hästen. Både slåtter, avbetning och kvävegödsling av gräset påverkar WSC-koncentrationen (Loaiza et al. 2017; Rivero et al. 2019). Ju större kvävegiva desto mer reduceras WSC-innehållet (Loaiza et al. 2017). Vilket gör att det är fördelaktigt att kvävegödsla vallen, men även gräsbetet för att minska WSC-koncentrationen i gräset. Rivero et al (2019) kom fram till att slåtter vid ett tidigt botaniskt utvecklingsstadium och en kvävegiva på 250 kg N ha⁻¹år⁻¹ minskar WSC-koncentrationen, vilket gör att skörd eller avbetning tidigt på kvävegödslat gräs ger lägre WSC-koncentration. Både hästar EMS, PPID och PSSM är känsliga för höga halter av glukos i foderstaten. Det behövs fler studier för att bättre förstå hur fruktaner påverkar hästens matsmältning, ämnesomsättning och hälsa.

Ökning av antal soltimmar gav en ökning av sockerhalten i gräset, då solljus får gräset att växa (Mackenzie & Wylam 1957), detta betyder att det är högre sockerhalt i gräset soliga dagar än molniga. Longland och Byrd (2006) visade i sin studie att sockerhalten varierade mellan olika gräsarter. Gräsart, gräsets botaniska utvecklingsstadium, väderförändringar, gödsling med kväve, avbetning och tidpunkt på dygnet påverkar sockerhalten i gräset (Waite & Boyd 1953b; a; Mackenzie & Wylam 1957; Chatterton et al. 2006; Rivero et al. 2019). Då värme gör att gräset växer påverkas sockerhalten av temperaturen. Låga temperaturer gör att gräset inte växer. Under nätter med låga temperaturer växer inte gräset och förbrukar inte socker vilket leder till att dagar med soligt väder som följs av en kall natt ger högre sockernehåll i gräset dagen efter (Chatterton et al. 2006). Det är därför viktigt att göra bedömningar baserat på lokala förhållanden och den individuella hästens förutsättningar såsom insulinkänslighet vid eventuellt gräsbete vilket är svårt för hästägaren och grovfoderproducenter att bedöma då flera faktorer som är svåra att kontrollera påverkar WSC-koncentrationen i gräset.

Då hästar med EMS, PPID och PSSM ska ha en foderstat med lågt sockernehåll, framför allt lågt innehåll av glukos är det viktigt att utfodra med ett vallfoder som uppfyller dessa krav. Konserverat vallfoder är enklare att analysera sockernehållet i jämfört med gräsbete och på så vis avgöra om sockernehållet är högt eller lågt. Hösilage innehåller i regel mer socker än ensilage (McDonald et al. 2022) då ensilage har en lägre torrsubstanshalt. Sockerhalten i hösilage kan även variera kraftigt, ju högre torrsubstanshalt desto högre sockerhalt. Vid utfodring av inplastat vallfoder är det viktigt att fermentationsprocessen är färdig innan balen öppnas. Om fermentationsprocessen avbryts bildas inte tillräcklig mängd mjölksyra, vilket kan bland annat leda till förhöjt pH-värde i balen, tillväxt av patogener och att fodret innehåller en högre sockerhalt än vid en optimal fermentationsprocess. Gräsbete och utfodring med konserverat vallfoder med högt

sockerinnehåll till hästar med EMS, PPID och PSSM ska undvikas, rekommendationerna för utfodring som finns angående WSC-koncentrationen bör följas till hästar med EMS, PPID och PSSM. Går hästen på gräsbete är det viktigt att veta om riskerna med att hästen får i sig stora mängder WSC och att det är svårt att påverka koncentrationen av WSC i betesgräs då koncentrationen varierar kontinuerligt. Det är viktigt att ha kunskap och planera för vilket vallfoder som passar bäst utifrån hästens hälsostörning. Många hästägare är även beroende att köpa in sitt konserverade vallfoder från en grovfoderproducent, vilket gör att det kan vara svårt att kontrollera vilken gräsart det är i vallen, tid för skörd och gödsling med kväve. Däremot går det att påverka om det är hö, hösilage eller ensilage som köps in, samt att det finns en analys där WSC är inkluderat på det konserverade vallfodret. Fler studier behövs för att undersöka vilka gräsarter med låg WSC-koncentration som är lämpade att odla i olika geografiska platser för hästar med EMS, PPID och PSSM, då gräsarter som växer i andra geografiska områden inte behöver innehålla liknande WSC-koncentrationer om de odlas inom ett nytt geografiskt område då temperatur, nederbörd och markens bördighet bland annat kan skilja sig åt (Waite & Boyd 1953a; b; McKenzie et al. 2003; Chatterton et al. 2006; Longland & Byrd 2006).

Genom klimatförändringarna kommer temperaturen bli varmare, vilket kommer att påverka tillväxten av gräset. Varmare temperaturer kommer även resultera en högre koncentration av WSC i betesgräset. Höga temperaturer kan göra fotosyntesen effektivare och ge en högre produktion av sockerarter och minska gräsets tillväxt. Det i sin tur resulterar i att en större andel av sockerarterna lagras in i växten i stället för att användas för tillväxt. Varmare temperaturer ger även möjligt att odla tropiska gräs som innehåller stärkelse i stället för fruktaner, vilket hästar med EMS och PPID ska utfodras restriktivt med. För att veta hur olika gräsarter skulle påverkas behövs fler studier.

Arbetets frågeställningar har hjälpt mig att svara på syftet i denna litteratursammanställning på ett bra sätt, även om de var breda. Jag tycker att det var relativt enkelt att hitta relevanta studier inom ämnet med hjälp av de sökord jag använde. För att kunna jämföra resultat från studier om gräsets WSC-koncentration har jag tittat efter att metoderna som används i studierna vara lika eller påverka WSC-koncentrationen på ett jämförbart sätt. Olika analysmetoder kan påverka de uppmätta WSC-koncentrationerna, vilket gör det svårt att dra korrekta slutsatser vid jämförelse av studier. Olika kemiska metoder ger olika resultat för samma gräsprov beroende på metodens känslighet och specificitet för olika sockerarter. Det gör att det är viktigt att förstå vilken metod som studien har använt för att kunna använda resultatet och jämföra med andra studier på ett korrekt sätt.

6. Slutsats

Det finns många olika faktorer som påverkar WSC-koncentrationen i vallfoder. Genom att välja vallfoder med en låg WSC- koncentration till hästar med EMS, PPID och PSSM kan man bidra till att hästarnas välbefinnande förbättras. I framtiden behövs studier om hur olika gräsarter och grässorters WSC-innehåll påverkas av varierande temperaturer, antal timmar solljus och nederbörd. Men det behövs även fler studier om hur sockerarterna har för effekter på hästarnas hälsa och välbefinnande. Foder med hög sockerhalt kan orsaka fång hos hästar med EMS eller PPID samt utlösa sjukdomsepisoder hos hästar med PSSM. Genom att undvika gräsbete och i stället ge konserverat vallfoder med låg sockerhalt går det enklare att kontrollera hästens intag av WSC. Gräsbete är mindre lämpligt för hästar med hälsostörningar som EMS, PPID och PSSM, då flera svårkontrollerade faktorer påverkar WSC-innehållet i betesgräset.

Referenser

- 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 (2), 199–215. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2009.04.005>
- Annandale, E.J., Valberg, S.J., Mickelson, J.R. & Seaquist, E.R. (2004). Insulin sensitivity and skeletal muscle glucose transport in horses with equine polysaccharide storage myopathy. *Neuromuscular Disorders*, 14 (10), 666–674. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2004.05.007>
- Aronoff, S.L., Berkowitz, K., Shreiner, B. & Want, L. (2004). Glucose Metabolism and Regulation: Beyond Insulin and Glucagon. *Diabetes Spectrum*, 17 (3), 183–190. <https://doi.org/10.2337/diaspect.17.3.183>
- 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 (6), 798–807. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01116.x>
- Chatterton, N.J., Watts, K.A., Jensen, K.B., Harrison, P.A. & Horton, W.H. (2006). Nonstructural Carbohydrates in Oat Forage. *The Journal of Nutrition*, 136 (7), 2111S–2113S. <https://doi.org/10.1093/jn/136.7.2111S>
- Duncan, P. (1980). Time-Budgets of Camargue Horses: II. Time-Budgets of Adult Horses and Weaned Sub-Adults. *Behaviour*, 72 (1/2), 26–49
- Durham, A.E., Frank, N., McGowan, C.M., Menzies-Gow, N.J., Roelfsema, E., Vervuert, I., Feige, K. & Fey, K. (2019). ECEIM consensus statement on equine metabolic syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (2), 335–349. <https://doi.org/10.1111/jvim.15423>
- Durham, A.E., McGowan, C.M., Fey, K., Tamzali, Y. & Van Der Kolk, J.H. (2014). Pituitary *pars intermedia* dysfunction: Diagnosis and treatment. *Equine Veterinary Education*, 26 (4), 216–223. <https://doi.org/10.1111/eve.12160>
- Dyer, J., Merediz, E.F.-C., Salmon, K.S.H., Proudman, C.J., Edwards, G.B. & Shirazi-Beechey, S.P. (2002). Molecular characterisation of carbohydrate digestion and absorption in equine small intestine. *Equine Veterinary Journal*, 34 (4), 349–358. <https://doi.org/10.2746/042516402776249209>
- Frank, N. (2015). Equine Metabolic Syndrome. I: *Robinson's Current Therapy in Equine Medicine*. Elsevier. 569–573. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-4555-5.00135-7>
- Frank, N., Andrews, F.M., Sommardahl, C.S., Eiler, H., Rohrbach, B.W. & Donnell, R.L. (2006). Evaluation of the combined dexamethasone suppression/thyrotropin-releasing hormone stimulation test for detection of *pars intermedia* pituitary adenomas in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20 (4), 987–993. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2006\)20\[987:EOTCDT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2006)20[987:EOTCDT]2.0.CO;2)
- Galinelli, N.C., Bailey, S.R., Bamford, N.J. & Harris, P.A. (2023). Nutritional considerations for the management of equine pituitary *pars intermedia* dysfunction. *Equine Veterinary Education*, 35 (1), 33–44. <https://doi.org/10.1111/eve.13593>

- Geor, R.J. (2010). Current Concepts on the Pathophysiology of Pasture-Associated Laminitis. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 26 (2), 265–276. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2010.06.001>
- Horn, R. & Bertin, F.-R. (2019). Evaluation of combined testing to simultaneously diagnose pituitary pars intermedia dysfunction and insulin dysregulation in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (5), 2249–2256. <https://doi.org/10.1111/jvim.15617>
- Hunt, L.M., Valberg, S.J., Steffenhagen, K. & McCUE, M.E. (2008). An epidemiological study of myopathies in Warmblood horses. *Equine Veterinary Journal*, 40 (2), 171–177. <https://doi.org/10.2746/042516408X244262>
- Jarvis, N.G. (2009). Nutrition of the Aged Horse. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 25 (1), 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2009.01.003>
- Kagan, I.A., Anderson, M.L., Kramer, K.J., Seman, D.H., Lawrence, L.M. & Smith, S.R. (2020). Seasonal and Diurnal Variation in Water-Soluble Carbohydrate Concentrations of Repeatedly Defoliated Red and White Clovers in Central Kentucky. *Journal of Equine Veterinary Science*, 84, 102858. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102858>
- Kagan, I.A., Goodman, J.P., Seman, D.H., Lawrence, L.M. & Smith, S.R. (2019). Effects of Harvest Date, Sampling Time, and Cultivar on Total Phenolic Concentrations, Water-Soluble Carbohydrate Concentrations, and Phenolic Profiles of Selected Cool-Season Grasses in Central Kentucky. *Journal of Equine Veterinary Science*, 79, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.05.005>
- Karikoski, N.P., Patterson-Kane, J.C., Singer, E.R., McFarlane, D. & McGowan, C.M. (2016). Lamellar pathology in horses with pituitary pars intermedia dysfunction. *Equine Veterinary Journal*, 48 (4), 472–478. <https://doi.org/10.1111/evj.12450>
- Kirkwood, N.C., Hughes, K.J. & Stewart, A.J. (2022). Pituitary Pars Intermedia Dysfunction (PPID) in Horses. *Veterinary Sciences*, 9 (10), 556. <https://doi.org/10.3390/vetsci9100556>
- 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, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.03.006>
- Loaiza, P.A., Balocchi, O. & Bertrand, A. (2017). Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate. *Grass and Forage Science*, 72 (3), 556–567. <https://doi.org/10.1111/gfs.12258>
- Longland, A.C. & Byrd, B.M. (2006). Pasture Nonstructural Carbohydrates and Equine Laminitis. *The Journal of Nutrition*, 136 (7), 2099S–2102S. <https://doi.org/10.1093/jn/136.7.2099S>
- Mackenzie, D.J. & Wylam, C.B. (1957). Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. VIII.—Changes in carbohydrate composition during the growth of perennial rye-grass. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 8 (1), 38–45. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740080107>
- McCue, M.E., Valberg, S.J., Miller, M.B., Wade, C., DiMauro, S., Akman, H.O. & Mickelson, J.R. (2008). Glycogen synthase (GYS1) mutation causes a novel skeletal muscle glycogenosis. *Genomics*, 91 (5), 458–466. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2008.01.011>
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. & Wilkinson, R.G. (2022). *Animal nutrition*. Eighth edition. Pearson.
- Mcgowan, T.W., Pinchbeck, G.P. & McGowan, C.M. (2013). Prevalence, risk factors and clinical signs predictive for equine pituitary pars intermedia dysfunction in aged horses. *Equine Veterinary Journal*, 45 (1), 74–79. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00578.x>
- McKenzie, E.C., Valberg, S.J., Godden, S.M., Pagan, J.D., MacLeay, J.M., Geor, R.J. & Carlson, G.P. (2003). Effect of Dietary Starch, Fat, and Bicarbonate Content on

- Exercise Responses and Serum Creatine Kinase Activity in Equine Recurrent Exertional Rhabdomyolysis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 17 (5), 693–701. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2003.tb02502.x>
- 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 Bacteriology*, 79 (6), 583–591. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1995.tb00941.x>
- Müller, C.E., Nostell, K. & Bröjer, J. (2016). Methods for reduction of water soluble carbohydrate content in grass forages for horses. *Livestock Science*, 186, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.011>
- Ribeiro, W.P., Valberg, S.J., Pagan, J.D. & Gustavsson, B.E. (2004). The effect of varying dietary starch and fat content on serum creatine kinase activity and substrate availability in equine polysaccharide storage myopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18 (6), 887–894. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2004\)18<887:teovds>2.0.co;2](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2004)18<887:teovds>2.0.co;2)
- Rivero, M.J., Balocchi, O.A., Moscoso, C.J., Siebald, J.A., Neumann, F.L., Meyer, D. & Lee, M.R.F. (2019). Does the “high sugar” trait of perennial ryegrass cultivars express under temperate climate conditions? *Grass and Forage Science*, 74 (3), 496–508. <https://doi.org/10.1111/gfs.12406>
- Roberts, M.C. (1975). Carbohydrate digestion and absorption studies in the horse. *Research in Veterinary Science*, 18 (1), 64–69. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)33632-4](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)33632-4)
- 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), 413–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2006.00550.x>
- Valberg, S.J., McCue, M.E. & Mickelson, J.R. (2011). The Interplay of Genetics, Exercise, and Nutrition in Polysaccharide Storage Myopathy. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31 (5–6), 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.001>
- Valberg, S.J., McKenzie, E.C., Eyrich, L.V., Shivers, J., Barnes, N.E. & Finno, C.J. (2016). Suspected myofibrillar myopathy in Arabian horses with a history of exertional rhabdomyolysis. *Equine Veterinary Journal*, 48 (5), 548–556. <https://doi.org/10.1111/evj.12493>
- Waite, R. & Boyd, J. (1953a). The water-soluble carbohydrates of grasses. I.—Changes occurring during the normal life-cycle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4 (4), 197–204. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740040408>
- Waite, R. & Boyd, J. (1953b). The water-soluble carbohydrates of grasses. II. —Grasses cut at grazing height several times during the growing season. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4 (6), 257–261. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740040601>
- Wang, C., Hou, F., Wanapat, M., Yan, T., Kim, E.J. & Scollan, N.D. (2020). Assessment of cutting time on nutrient values, in vitro fermentation and methane production among three ryegrass cultivars. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33 (8), 1242–1251. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0369>
- Wylam, C.B. (1953). Analytical studies on the carbohydrates of grasses and clovers. III.—Carbohydrate breakdown during wilting and ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4 (11), 527–531. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740041107>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.