



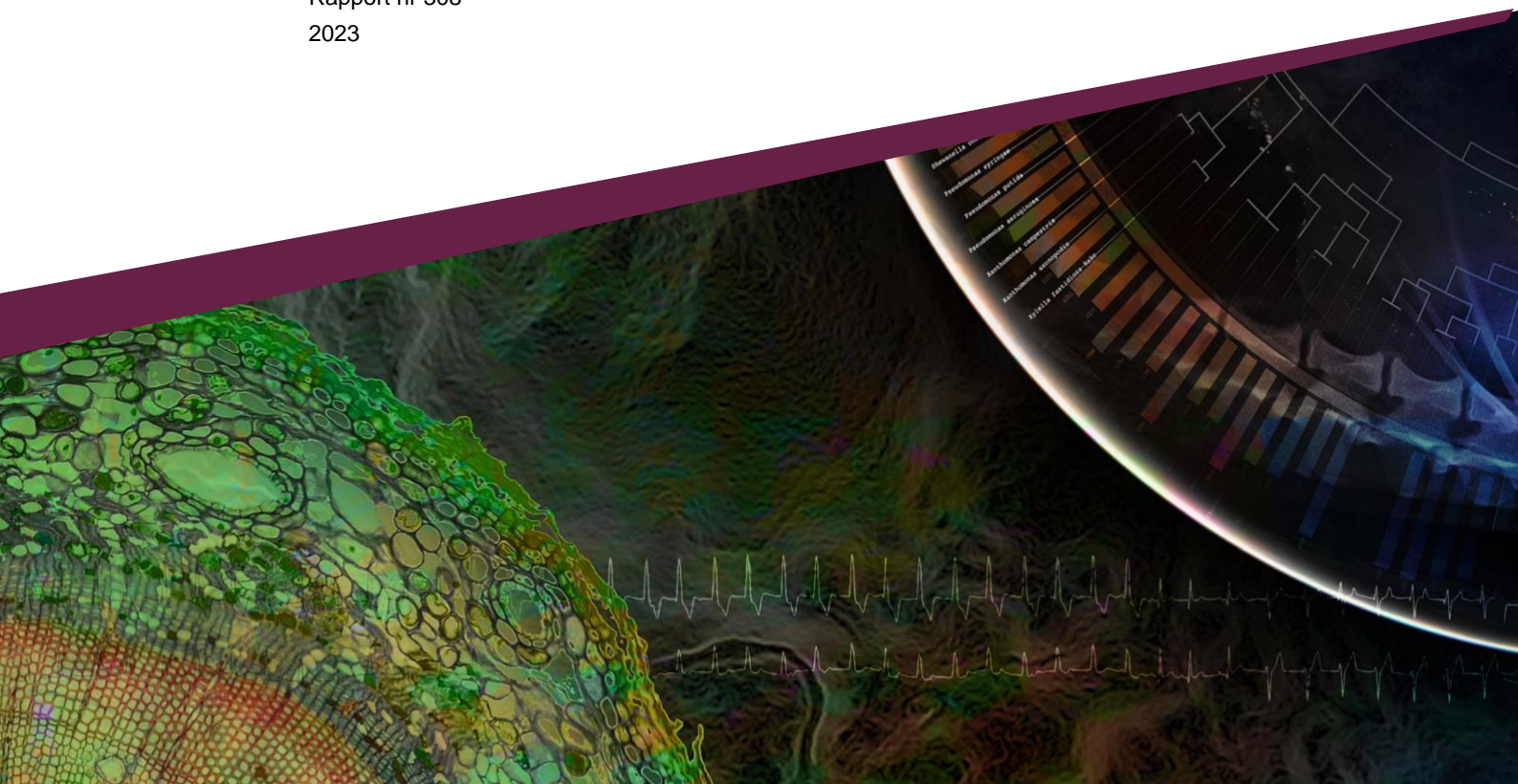
Valfoder till hästar ur ett utfodringsperspektiv

– en kunskapssammanställning från 1903-2022

*Forages for horses from a feeding perspective- a collection of knowledge
from 1903 to 2022*

Sara Ringmark, Malin Connysson, Katarina Arvidsson
Segerkvist, Anna Jansson, Cecilia E. Müller

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Utgivare Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Rapport nr 308
2023



Vallfoder till hästar ur ett utfodringsperspektiv- en kunskapssammanställning från 1903 till 2022

Forages for horses from a feeding perspective – a collection of knowledge from 1903 to 2022

Sara Ringmark	Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Malin Connysson	Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Katarina A. Segerkvist	Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Anna Jansson	Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Cecilia E. Müller	Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Redaktör:	Cecilia E. Müller, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Utgivningsår:	2023
Utgivningsort:	Uppsala
Illustration:	
Serietitel:	Rapport Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Delnummer i serien:	308
ISSN:	0347-9838
ISRN:	SLU-HUV-R-308-SE
Nyckelord:	ensilage, gräs, häst, hö, hösilage, lusern

Uppdaterad version

Denna pdf uppdaterades 2024-06-24. Figur 2 var omvänd och har rättats till. Några referenser som saknades har lagts till.

Sammanfattning

En kunskapssammanställning om vallfoder till hästar ur ett utfodringsperspektiv har genomförts. Syftet var att samla och sprida befintlig kunskap samt identifiera kunskapsluckor inom ämnesområdet. En systematisk kartläggning omfattande den tillgängliga vetenskapliga litteraturen inom ämnesområdet från 1900-talets början fram till april 2022 utfördes och har sammanställts i föreliggande rapport.

Hur mycket vallfoder en häst kan konsumera avgörs av flera faktorer men en av de viktigaste är vallfodrets innehåll av fiber. Generellt gäller att ju högre fiberinnehållet är, desto mer behöver hästen tugga på fodret och desto längre blir ättiden. Fiberinnehållet i vallfodret avgörs främst av plantans botaniska mognad vid skörd – ju senare plantmognad, desto högre fiberinnehåll. För vallfoder bestående av olika gräsarter är den genomsnittliga frivilliga konsumtionen 2,1 % torrsubstans (ts) av kroppsvikten och för lusern är det frivilliga intaget i regel något högre, 2,6 % ts av kroppsvikten i genomsnitt.

Eftersom hästar i olika fysiologiska stadier (till exempel dräktiga, växande eller tränande) har olika stora behov av energi och näringsämnen betyder det också att olika krav behöver ställas på vallfodret till olika häst kategorier. Hästar med högre energi- och näringsbehov, det vill säga hästar i avel och hård prestation, behöver få sina behov täckta av vallfodret medan hästar med lägre energi- och näringsbehov behöver få tillräckligt lång ättid utan att dess behov överskrids. Den faktor som avgör vilket energivärde ett vallfoder får för hästar är smältbarheten, som i sin tur i huvudsak bestäms av fiberinnehållet i växten. Ju högre fiberinnehåll, desto lägre blir i allmänhet smältbarheten och därmed även energivärdet. Därför kan skörd i en förhållandevis sen plantmognad, då fiberinnehållet är högt, vara lämpligt för hästar med lägre behov medan vallfoder för hästar med högre behov bör vara skördat i en tidigare plantmognad. För växande unghästar, föl och avelsston behöver vallfodret innehålla mer smältbart råprotein. Det kan uppnås med skörd i tidig plantmognad, kvävegödsling av gräs eller genom att använda vallbaljväxter. Det finns dock ett begränsat antal studier på hur väl vallfoder kan täcka energi- och proteinbehovet hos denna häst kategori. Hästarnas mineralämneshöjningar kan täckas av vallfodret med undantag av natrium och selen, men vallfodrets innehåll av mineralämnen varierar mycket och det bör därför analyseras, särskilt om foderstaten enbart består av vallfoder. Vallfodrets innehåll av vitaminer antas täcka hästarnas behov av detsamma då vitaminbrist är ovanligt förekommande, men antalet studier på detta område är litet.

Vallfodrets innehåll av socker kan vara av betydelse för hästar med olika typer av störningar i sin metabolism, som till exempel insulinresistens och korsförflamning. För dessa bör vallfodrets innehåll av socker analyseras, eftersom det kan variera stort beroende på de rådande förutsättningarna vid vallens tillväxt och skörd samt i någon mån påverkas av vilka gräsarter som ingår. Ensilage innehåller dock generellt lägre koncentration av socker än hö eftersom sockret omvandlas under ensileringsprocessen. Hösilage har en begränsad ensilering och därför varierar också sockerhalten i detsamma. Hur vallfodret skördas och/eller konserveras kan påverka dess sammansättning vilket i sin tur kan inverka på hästarnas fodernedbrytning, ämnesomsättning och prestation men antalet studier på detta är begränsat. Hästar som utfodrats med jämförbart ensilage, hösilage och hö, det vill säga som producerats från samma ursprungsgröda, har uppvisat liknande fodernedbrytning och likadana prestationer vid arbetstest oberoende av vilken vallfodertyp de utfodrats med.

Vallfodrets hygieniska kvalitet påverkas av både skörde- och lagringsförhållanden samt av hur fodret hanteras vid utfodring. Hö behöver i allmänhet skyddas mot uppfuktning av omgivande luft redan under tidig höst (oktober) för att motverka tillväxt av mögelsvampar i höets yta. Inplastat

vallfoder behöver istället skyddas mot skador på plasten eftersom syreinträde i balarna ökar risken för mögeltillväxt i fodret. Jämförelser av hö och inplastat vallfoder (hösilage) har visat att hö generellt innehåller högre koncentration av inandningsbara partiklar, oftast i form av mögelsporer, vilka kan medverka till att hästens utvecklar kroniska luftvägssjukdomar. Mögelgifter kan också förekomma i vallfoder men antalet studier på detta område är begränsat. Tillväxt av oönskade bakterier kan ske i vallfoder framför allt då fodret kontaminerats av kadaver. Utfodring av vallfoder med nedsatt hygienisk kvalitet till hästar kan, utöver kroniska luftvägsproblem, medföra allvarliga hälsostörningar som förgiftningar av mögel- eller bakterietoxin (till exempel botulism) vilka inte sällan har dödlig utgång.

Engelskt rajgräs och rörsvingel kan vara infekterade av så kallade endofytsvampar vilka kan bilda giftiga substanser i fält. Dessa substanser kan bland annat orsaka komplikationer vid fölning. Studier på endofytinnehållande vallfoder till hästar har framför allt utförts i USA och svenska sådana saknas trots att det är relevant för det nordiska klimatet.

Vissa vallväxter, särskilt vallbaljväxter, kan innehålla antinutritionella substanser som till exempel växtöstrogener, oxalat eller fotosensitiverande substanser. Antalet studier på dessa substanser och deras betydelse för hästhälsan är begränsat och skulle behöva undersökas vidare.

Vallfoder kan behandlas på olika sätt innan utfodring för att anpassas till det rådande behovet. Det rör sig framför allt om ångbehandling eller blötläggning av vallfoder för att minska mängden inandningsbart damm eller sockerhalten. Både ångbehandling och blötläggning av hö har visat att halten av inandningsbara partiklar minskar kraftigt, men också att hästarnas respons i luftvägarna på blötlagt eller ångbehandlat foder verkar variera. Blötläggning av hö kan reducera sockerhalten till lite mer än hälften av det ursprungliga sockerinnehållet, men effekten av blötlägningen kan variera kraftigt och som en bieffekt kan även råprotein och mineralämnen lakas ur, vilket kan behöva kompenseras för vid utfodring.

Ett flertal kunskapsluckor har identifierats i sammanställningen. Några exempel är att ökad kunskap behövs om hur olika vallarter, inklusive vallbaljväxter, kan användas i vallfoder för att kunna energi- och näringsförsörja olika hästkategorier med fokus på både prestation, hälsa och välfärd. Hur detta påverkar vilka metoder som kan användas för att konservera fodret och vallfodrets hygieniska kvalitet eller innehåll av antinutritionella substanser är kunskap som behövs för en hållbar framtida vallfoderförsörjning av hästpopulationen.

Nyckelord: ensilage, gräs, häst, hö, hösilage, lusern

Abstract

A compilation of knowledge on forages for horses from a feeding perspective, with the aim to collect and increase the availability of existing knowledge, was performed. In addition, knowledge gaps within the subject area were identified. A systematic mapping comprising the available scientific literature from the beginning of year 1900 until April 2022 was done and compiled in the report at hand.

How much forage a horse can consume is determined by several factors, but one of the most important is the fibre content in the forage. In general, the higher the fibre content the more the horse is required to chew the forage, which gives a longer eating time. The fibre content in the forage is largely determined by plant maturity at harvest – the more mature the plants, the higher the fibre content. For forages consisting of different grass species, the voluntary dry matter intake in the horse

is on average 2.1 % dry matter (DM) of body weight, and for Lucerne somewhat higher, 2.6 % DM of body weight.

As horses in different physiological states (*e.g.* gestation, growing, exercising) differ in energy and nutrient requirements, the forage energy value and nutrient content needs to be different to suit the different horse categories. For horses in breeding or heavy exercise, the forage should fully cover their high energy and protein requirements, and for horses with lower energy and protein requirements, the forage should fulfil their requirement of a long eating time without overfeeding energy and protein. The energy value in forages for horses is primarily determined by the digestibility, which in turn is largely determined by the fibre content in the plants. The higher the fibre content, the lower the digestibility and therefore also the energy value. Forages for horses with lower energy and protein requirements should therefore be harvested in late plant maturity where fibre content is high, while forages for horses with high energy requirements needs to be harvested in an earlier plant maturity. For growing horses, foals and broodmares the forage needs to contain more digestible crude protein, which can be achieved by early harvest, nitrogen fertilization of grass or use of forage legumes. The number of studies on how forages can cover the requirements of this horse category is however limited. The requirement of mineral elements in horses can be covered by the forage, except for sodium and selenium. Forages however vary widely in their content of mineral elements and should therefore be analysed for its content of them, especially in forage-only diets. The content of vitamins in forages is assumed to cover the vitamin requirements in horses as vitamin deficiency is rarely seen, but the number of studies within the area is small.

The content of sugar in forages can be of importance for horses with deviations in their metabolism such as insulin dysregulation or exertional rhabdomyolysis. For these horses, the sugar content in forages should be analysed as it can vary widely due to the prevailing conditions during growth and harvest, as well as to some extent depend on the included grass species. However, forage conserved as silage generally have lower sugar content than hay as the sugars are used as fuel during the ensiling process. As haylage has a restricted ensiling process, the sugar content in it varies. How the forage is harvested and/or conserved may influence its chemical and microbial composition, which may in turn influence digestion, metabolism and performance in horses. The number of studies within the area is limited, but horses fed silage, haylage and hay produced from the same forage crop has shown similar digestion and performance in exercise tests.

The hygienic quality of forages is affected by the circumstances at both harvest, storage and feeding. Hay generally needs to be protected from moist air during storage, already during early autumn (October) to avoid mould growth in the hay surface. Wrapped forages such as silage and haylage needs to be protected against damages to the wrappings as an inflow of oxygen-rich air into the bales will cause mould growth in the forage. Comparisons between hay and wrapped forages (haylage) have shown that hay in general contain higher concentrations of respirable particles that consist of primarily mould spores. These can contribute to development of chronic airway diseases in the horse. Moulds may also produce mycotoxins in forages, which may have detrimental effects on horses. Growth of undesired bacteria may be present in forages and especially if it has been contaminated by cadavers or if it has been stored incorrectly. Feeding forages with compromised hygienic quality may lead to severe health risks (apart from chronic airway diseases) such as intoxications by mould or bacterial (*e.g.* botulism) toxins, which not infrequently has a fatal outcome.

Perennial ryegrass and tall fescue may be infected by endophytic fungi, which can produce toxic substances in the field. These substances can primarily cause complications at foaling. Studies on endophyte-containing forages for horses has been performed in the USA, and there are no Swedish studies within the area although the topic is relevant for the Nordic climate.

Some forage species, especially forage legumes, may contain anti-nutritional substances such as phytoestrogens, oxalate or photosensitizing substances. The number of studies on these substances and their importance for horses is limited but further studies are desired as use of forage legumes may reduce the need for inorganic fertilizers in forage production for horses.

Forages can be treated in different ways prior to feeding. Steaming or soaking are methods used for reducing the amount of respirable dust or the sugar concentration in the forage. Both steaming and soaking can reduce the majority of respirable particles in hay, but the airway response in horses to soaked or steamed hay is variable. Soaking of hay can reduce the sugar concentration to about half of the original content, but the sugar reduction varies widely and a side effect may be that crude protein and minerals are also lost and need to be compensated for at feeding.

Several knowledge gaps have been identified in this study. Some examples include that increased knowledge is needed on how different forage species, including forage legumes, can be used in forages to supply different horse categories with energy and nutrients and with focus on both performance, health and welfare. This also includes which methods that can be used for forage conservation as well as hygienic quality of the forage or presence of anti-nutritional substances. Such knowledge is required for a sustainable future forage supply to the horse population.

Keywords: grass, hay, haylage, horse, Lucerne, silage

Förord

Under hösten 2021 gjordes en särskild utlysning av Stiftelsen Hästforskning avseende en kunskapssammanställning om vallfoder till hästar ur ett utfodringsperspektiv. Ett behov av att få en samlad bild av kunskapsläget kring vall som fodermedel till häst framhölls, liksom att sprida befintlig kunskap kring vall som fodermedel till den praktiska hästnäringen. Sammanställningen skulle utmynna i en rapport baserad på nationell och internationell forskning av högsta vetenskapliga kvalitet inom området vall ur ett strikt utfodringsperspektiv (exkluderande bete), samt vara fokuserad på de förutsättningar som råder för nordiska förhållanden. Kunskapsgenomgången förväntades främst fokusera på energi- och näringsvärde i vallfoder för användning till olika hästkategorier, skörd och konservering för nyttjande av vallfoder till häst, samt foderhygieniska perspektiv på vallfoder för hästar, inkluderande även endofytsvampar. I rapporten skulle också kunskapsglapp där ytterligare forskning behövs identifieras.

Föreliggande rapport är resultatet av en sådan kunskapssammanställning. Rapporten har baserats på en systematisk sökning och sammanställning av den existerande vetenskapliga litteraturen på området. Det innebär att det kan finnas områden som inte alls eller i väldigt liten utsträckning blivit belysta, av den enkla anledningen att det på dessa områden inte finns några tillförlitliga studier. Det är vår förhoppning att rapporten kan fungera som ett gemensamt kunskapsunderlag för alla som på något sätt är involverade i utfodring av hästar och/eller produktion av foder för hästar.

En referensgrupp har varit arbetsgruppen (författarna) behjälplig under rapportens framtagande. Referensgruppen har bestått av Nils Söderberg, Helleby Gård AB, Hölö; Eva Dahlström, Oberoende Foderråd, Örebro; samt Erica Lindberg, LRF Häst, Stockholm. Ett stort tack riktas till referensgruppen för nedlagd tid och värdefulla synpunkter på rapportens framställning. Ett stort tack riktas också till Bibliotekarie Agneta Lindsten vid SLU-biblioteket som varit ett ovärderligt stöd för författarna i arbetet med att söka och hitta litteratur. Tack även till Stiftelsen Hästforskning som finansierat projektet.

Författarna, Uppsala 2023-02-28

Rapporten har uppdaterats 2024-06-17.

Innehållsförteckning

Förkortningar.....	12
1. Inledning.....	13
2. Material och metoder	15
2.1. Kriterier för inklusion och exklusion samt avgränsningar.....	16
3. Frivilligt intag av olika vallväxter hos hästar	17
3.1. Frivilligt intag av vallfoder hos hästar	17
3.2. Preferens för olika vallfoder hos hästar	24
3.3. Ättid och ätbeteende för olika vallfoder	26
3.4. Rekommenderade grovfodermängder för hästar.....	27
4. Energi och näringsinnehåll i vallfoder för hästar	29
4.1. Översiktligt energi- och proteinbehov hos olika hästkategorier	30
4.2. Plantmognadens inverkan på vallfoders smältbarhet för hästar.....	31
4.3. Vallfoders möjligheter att tillgodose energibehovet hos olika hästkategorier	35
4.3.1. Vuxna hästar på underhållsfoderstat och i lätt träning	35
4.3.2. Dräktiga och digivande ston	36
4.3.3. Växande unghästar	36
4.3.4. Presterande växande unghästar	37
4.3.5. Presterande vuxna hästar	38
4.4. Vallfodrets möjligheter att tillgodose proteinbehov hos olika hästkategorier	39
4.5. Vallfodrets möjligheter att tillgodose mineralämnesbehov hos olika hästkategorier	41
4.6. Vallfodrets möjligheter att tillgodose vitaminbehov hos olika hästkategorier	42
4.7. Inverkan av vallfodrets sammansättning på grovtarmens och träckens sammansättning	43
4.8. Vallfoders innehåll av socker och dess inverkan på hästar	46
4.8.1. Innehåll av socker i vallfoder	46

4.8.2.	Hästars respons på vallfoders innehåll av socker	48
5.	Skörde- och konserveringsmetoder för vallfoder för hästar	50
5.1.	Konserveringsmetoder för vallfoder och dess inverkan på fodrets näringsinnehåll	51
5.2.	Konserveringsmetoder för vallfoder och dess inverkan på smältbarhet och hästens digestion av vallfoder	52
5.2.1.	Ensilage, hösilage och hö	52
5.2.2.	Vallfoder som hackelse, pellets, kuber, briketter eller långstråigt hö	53
5.2.3.	Syrabehandlat hö	55
5.3.	Konserveringsmetoder för vallfoder och associationer med hästars hälsa och välfärd	55
6.	Hygienisk kvalitet i vallfoder	58
6.1.	Analys och bedömning och av hygienisk kvalitet i vallfoder	58
6.2.	Skörde- och lagringsförhållanden och dess inverkan på vallfodrets hygieniska kvalitet	60
6.3.	Mögelsvampar och respirabla partiklar i vallfoder	61
6.3.1.	Respirabla partiklar och mögelsvampar i vallfoder och dess inverkan på stallluftens kvalitet	62
6.3.2.	Inverkan av vallfoders respirabla partiklar, mögelsvampar och endotoxiner på hästars luftvägar	64
6.3.3.	Mögel och mykotoxiner i vallfoder och deras inverkan på hästar	65
6.3.4.	Effekter av att utfodra mögelskadat vallfoder till hästar (utöver luftvägslidanden)	68
6.4.	Bakterier	69
6.4.1.	<i>Clostridium botulinum</i> , botulin och botulism	70
6.4.2.	<i>Listeria</i> spp. och listerios	71
6.5.	Endofytsvampar	72
6.5.1.	Inverkan av endofytinfekterat vallfoder på hästar	73
6.5.2.	Endofyter och ergotalkaloider i fröblandningar	76
6.5.3.	Mjöldryga	76
6.6.	Övriga hygieniska risker	77
6.6.1.	Insekter	77
6.6.2.	Antinutritionella substanser i vallfoder	77
6.6.3.	Tungmetaller	79
6.6.4.	Fysiska föremål	80
7.	Behandling av vallfoder före utfodring	81
7.1.	Blötläggning och ångbehandling av vallfoder och dess effekt på respirabla partiklar och mikrobiologisk sammansättning	81

7.2. Blötläggning och ångbehandling och dess effekt på olika näringsämnen i vallfoder	83
7.3. Hästars respons på blötlagt och ångbehandlat vallfoder	86
7.3.1. Luftvägsrespons	86
7.3.2. Foderintag.....	87
7.3.3. Metabol respons och smältbarhet	87
8. Identifiering av kunskapsluckor	88
Referenser	90
Bilaga 1.....	121
Bilaga 2.....	123
Bilaga 3.....	126

Förkortningar

ADF	sur (acid) detergent fiber (i huvudsak cellulosa och lignin)
EA	ekvin astma
MJ	megajoule
NDF	neutral detergent fiber (växtcellväggar, i huvudsak cellulosa, hemicellulosa och lignin)
NIRS	nära infraröd spektrofotometri
NSC	non-structural carbohydrates, icke-strukturella kolhydrater (socker och stärkelse)
OE	omsättbar energi
rp	råprotein
smb rp	smältbart råprotein
spp.	termen spp. används för att beskriva vilket genus (släkte) som avses, då en specifik art inte kan anges.
ts, ts-halt	torrsubstans, torrsubstanshalt
VFA	volatile fatty acids, flyktiga fettsyror
WSC	water soluble carbohydrates, lösliga kolhydrater (socker)

1. Inledning

Hästar är anpassade till att leva på gräs, och såväl ätbeteende, digestion, näringsfysiologi som metabolism är anpassat till en gräsbaserad diet. Hästar som lever fritt betar under ca 10-14 timmar varje dygn (Salter & Hudson, 1979; Duncan, 1992), och det konsumerade betesgräset passerar snabbt magsäck och tunntarm för att jäsas i grovtarmen. Grovtarmens mikroorganismer jäser framför allt fiber till kortkedjiga fettsyror (VFA, volatile fatty acids eller flyktiga fettsyror) vilka i sin tur utgör den största energikällan för hästen. Utfodring av hästar med stärkelsesrika kraftfoder (spannmålsbaserade) har i flera studier påvisats vara förknippade med hälsoproblem som till exempel kolik (Reeves *et al.*, 1996; Tinker *et al.*, 1997; Hillyer *et al.*, 2002). Vidare har en foderstat bestående av bara vallfoder visats kunna ge kortare tid för inläring (Bulmer *et al.*, 2015) samt resultera i lägre kortisolnivå hos hästar under transport (Connysson *et al.*, 2017) jämfört med när hästarna har utfodrats med stor andel kraftfoder. Studier av träckens (Willing *et al.*, 2009; Dougal *et al.*, 2014) och blindtarmens (Hansen *et al.*, 2015) mikrober hos hästar som utfodrats med olika foderstater har visat att mikrosammansättningen ändras beroende på foderstatens sammansättning, men också att mikrobpopulationen i hästens grovtarm är högt specialiserad och inte har förmåga att anpassa sig till stärkelse- eller fettrika substrat utan att samtidigt öka risken för störningar i grovtarmen. På längre sikt minskar diversiteten bland mikroberna när det finns tillgång på lättillgängliga näringsämnen som stärkelse (Willing *et al.*, 2009). En minskad mikrobiell diversitet innebär i sin tur också ett mindre stabilt mikrosamhälle (Hansen *et al.*, 2015), vilket innebär att risken för störningar i grovtarmen blir större vid förändringar i hästens närmiljö som till exempel vid foderbyten eller byte av stall. Utfodring med stärkelsesrika foder har också förknippats med ökad risk för andra hälsoproblem som magsår (*e.g.* Sykes *et al.*, 2015; Galinelli *et al.*, 2019) och korsförslamning (*e.g.* MacLeay *et al.*, 1999; Firshman *et al.*, 2003; McKenzie *et al.*, 2003). Foderstater med låg andel grovfoder ökar även risken för att hästar utvecklar olika stereotypa beteenden som till exempel krubbitning och luftsnappning (McGreevy *et al.*, 1995; Redbo *et al.*, 1998). Sammantaget är det är starkt vägande argument för att hästars foderstater bör bestå till största delen av vallfoder.

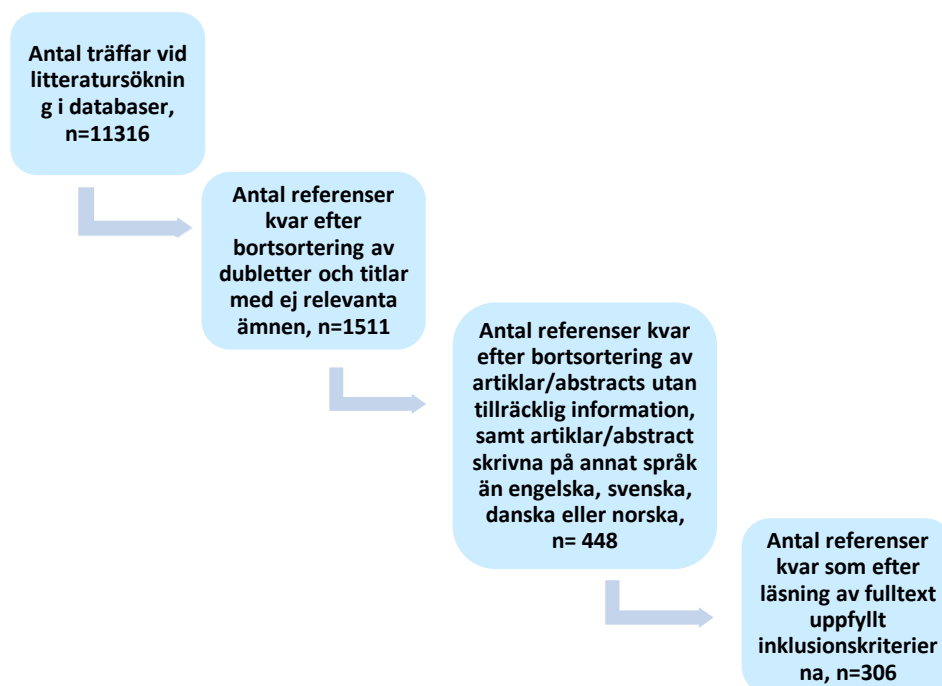
Eftersom hästar i olika fysiologiska stadier (till exempel dräktiga, växande eller tränande) har olika stora behov av energi och näringsämnen betyder det att olika

krav behöver ställas på vallfodret till olika hästkategorier. Vallfodret behöver också ha hög hygienisk kvalitet och inte innehålla något som kan orsaka sjukdomar hos de hästar som utfodras med det, något som också är ett krav i såväl Djurskyddslagen (SFS 2018:1192) som i Lag om foder och animaliska biprodukter (SFS 2006:805).

Denna rapports syfte har varit att systematiskt kartlägga den vetenskapliga information som finns inom ämnesområdet och att granska och sammanfatta den litteratur som kan ha relevans för de nordiska länderna. Syftet har också varit att identifiera kunskapsluckor där mer forskning behövs för att kunna möta framtida utmaningar avseende vallfoder för hästar.

2. Material och metoder

Litteratursökning har gjorts i databaser för vetenskapliga publikationer med söksträngar bestående av sökord som brett beskriver vallfoder och häst (Bilaga 1). Sökningen genererade totalt 11 316 träffar. Efter bortsortering av dubletter samt av titlar som omfattade andra djurslag än häst (och där häst inte fanns med), samt av andra fodermedel än vallfoder (och där vallfoder inte fanns med), fanns 1501 träffar kvar. För dessa 1501 träffar översiktlästes sammanfattningen, och de publikationer som inte innehöll tillräcklig information skriven på engelska, svenska, danska eller norska, samt som enbart omfattade grödor som inte är relevanta för nordiska förhållanden, sorterades bort. Efter detta steg fanns 438 publikationer kvar. Dessa lästes i fulltext och de referenser som inte uppfyllde inklusionskriterierna (se nedan) sorterades bort. Efter detta steg fanns 296 publikationer kvar som inkluderades i studien (figur 1). Ytterligare litteratur har använts där det behövts för att tydliggöra eller förklara sammanhanget.



Figur 1. Översikt för sortering och granskning av referenser i litteratursökningen.

2.1. Kriterier för inklusion och exklusion samt avgränsningar

I första hand inkluderades för ämnet relevanta fullängdsartiklar som publicerats i vetenskapliga tidskrifter och som skrivits på engelska, svenska, norska eller danska. Som relevanta för ämnet räknades publikationer som handlade om hästars intag av vallfoder, energi- och näringsinnehåll i vallfoder för hästar, inverkan av olika skörde- och konserveringsmetoder på vallfodret och dess betydelse för hästar, hygienisk kvalitet i vallfoder och dess betydelse för hästar samt olika sätt att behandla vallfoder före utfodring och dess roll för hästutfodring.

Ingen begränsning sattes för årtal bakåt i tiden, men litteratursökningen gjordes i mars 2022 och därför omfattar rapporten endast artiklar fram till den tidpunkten. Konferenspublikationer inkluderades endast om de innehöll tillräckligt mycket information för att en värdering av studiens genomförande och erhållna resultat skulle kunna göras. Information som omfattade försöksupplägg och statistisk modell eller bearbetning, antal och typ av hästar som använts i studien, vilka fodermedel som studerats och vilka analysmetoder som använts betraktades som nödvändig information för att en värdering av studien skulle kunna göras.

Publikationer som skrivits på annat språk och vars engelska sammanfattning inte innehöll tillräcklig information exkluderades. Publikationer med tydliga brister i försöksutförande och/eller upplägg, eller vars beskrivning av studien medförde att en värdering av den inte kunde göras, exkluderades också. Studier som endast omfattat tropiska vallväxter exkluderades då dessa inte är relevanta för det tempererade klimatet i Sverige. Ett undantag har gjorts för teffgräs som trots att det inte är ett tempererat gräs odlas (i begränsad utsträckning) i Sverige. Bortsortering av artiklar rörande grovfoder med växter som till exempel majs, sorghum, helsädesensilage och hö av cereala växter (till exempel havrehö) har också gjorts då dessa inte räknas som vallfoder.

Artiklar omfattande endast bete har inte inkluderats i litteratursökningen eller sammanställningen då detta inte ingick i frågeställningen och kräver en egen studie. Likaså har publikationer avseende giftiga växter utelämnats då det redan finns en aktuell sammanställning med sökbar databas av sådana publicerad av Statens Veterinärmedicinska Anstalt (www.sva.se). Vidare har sammanställningen inte omfattat odling av vallfoder, då detta inkluderats i en rapport benämnd "Vallen i nordiskt perspektiv" (www.slu.se) och som sammanställts parallellt med den föreliggande.

3. Frivilligt intag av olika vallväxter hos hästar

En grundläggande förutsättning för att ett vallfoder skall vara av intresse för hästutfodring är givetvis att hästen accepterar att äta fodret. Detta har undersökts på olika sätt genom studier av frivilligt intag, acceptans och preferens för olika vallfoder. Födosökstid, ättid och tuggtid är också variabler som har undersökts för olika vallfodertyper, då kort födosöks-, ät- eller tuggtid anses vara förknippat med ökad risk för utveckling av orala stereotypier som krubbitning och/eller luftsnappning (översiktligt beskrivet av Sarrafchi & Blokhuis, 2013).

3.1. Frivilligt intag av vallfoder hos hästar

Hästarnas frivilliga konsumtion av vallfoder kan påverkas av flera faktorer, både sådana som har med hästen att göra och sådana som har med fodret att göra. Vilka arter som ingår i vallfodret, hur det är skördat eller konserverat samt fodrets kemiska sammansättning eller plantmognad (även kallat det botaniska utvecklingsstadiet) vid skörd har redovisats vara faktorer som kan ha större inverkan på intaget. I tabell 1 har resultatet från 30-talet olika studier av hästarnas frivilliga konsumtion av vallfoder relaterat till hästarnas kroppsvikt sammanställts. För vallfoder bestående av gräs har den genomsnittliga frivilliga konsumtionen visat sig vara 2,1 % torrsbstans (ts) av kroppsvikten med intervallet 1,4-2,8 %. För lusern (*Medicago sativa*) har det frivilliga intaget visat sig vara något högre, 2,5 % ts av kroppsvikten i genomsnitt med intervallet 1,7-3,9 %. I några studier har intaget av gräs dock varit högre än intaget av lusern (Dulphy *et al.*, 1997a). Intaget av rörflen (*Phalaris arundinacea*) och teffgräs (*Eragrostis tef*) förefaller generellt vara något lägre än för andra gräsarter, men antalet studier på dessa arter är lågt (tabell 1). I Bilaga 2, tabell 2:1 finns resultat från ytterligare ett antal studier där frivillig konsumtion av olika vallfoder registrerats men inte angetts i relation till hästarnas kroppsvikt, varför de inte kunnat inkluderas i tabell 1.

I en studie undersöktes om hästarnas, liksom idisslarnas, frivilliga intag av vallfoder kunde skattas från vallfodrets näringsmässiga sammansättning, till

exempel utifrån innehållet av råprotein eller en viss fiberfraktion. Resultaten visade dock att det inte var lika god samstämmighet mellan vallfodrets sammansättning och foderintaget hos hästar, som det visat sig vara för idisslare (Dulphy *et al.*, 1997b). Det kan därför vara svårt att förutspå hur mycket vallfoder hästen kommer att äta utifrån fodrets näringsmässiga analys.

Konsumtionen av olika vallarter kan påverkas av vid vilken plantmognad de skördats. Ett vallfoder skördat i sen plantmognad har generellt en högre halt av fibrer (oftast angivet som neutral detergent fiber, NDF, vilket omfattar plantornas cellväggar det vill säga cellulosa, hemicellulosa och lignin), vilket kan påverka både frivillig konsumtion, ättid och preferens. Då metaanalyser av flera studiers resultat utförts har utfallet visat att det frivilliga intaget av vallfoder generellt minskat något med ökande fiberinnehåll (Edouard *et al.*, 2008; Meyer *et al.*, 2010). Vallfodrets näringsmässiga kvalitet har också rapporterats hanteras på olika sätt av olika individer; vissa hästar ökade intaget medan andra minskade det när näringsinnehållet var lågt, dock inte så mycket att någon brist på energi eller protein uppstod (Edouard *et al.*, 2008).

I jämförelser av olika studiers resultat kan det vara svårt att uttyda vad som är en effekt av vallart och vad som är en effekt av i vilken plantmognad vallväxterna skördats, eftersom båda kan inverka på hästarnas frivilliga konsumtion. Det finns dock några studier där intaget av några vallarter som skördats vid olika plantmognad jämförts. I en studie där lusern, timotej (*Phleum pratense*) och hundäxing (*Dactylis glomerata*) alla skördats i tre olika plantmognad och sedan utfodrats till ponnyer, rapporterades att skörd vid senare utvecklingsstadium minskade konsumtionen av lusern men inte av timotej och hundäxing (Darlington and Hershberger, 1968). I en annan studie där timotej skördats i sent vegetativt stadium eller i sen blomning var intaget däremot lika stort för de båda skördarna (Miyaji *et al.*, 2011). Quarterhästars frivilliga konsumtion av teffhö har påvisats vara lika stor, 1,7-1,8 % ts av kroppsvikten, vid skörd i tidig eller medium plantmognad men något lägre, 1,5 % ts av kroppsvikten, i sen plantmognad (Staniar *et al.*, 2010).

Tabell 1. Sammanställning av data från studier där hästars frivilliga intag av torrsubstans i procent av kroppsvikten av olika typer av vallfoder undersökts. Tabellen är uppdelad i sektioner för blandvallar och för vallar i renbestånd, och i varje sektion har data listats efter stigande halt av fiber i g per kg torrsubstans (inom respektive studie). För några studier har fiberhalten inte angetts som Neutral Detergent Fiber (NDF) utan någon annan fiberanalys har använts (acid detergent fiber (ADF) eller växttråd), vilket då har noterats i tabellens kolumn för NDF. De olika fiberanalyserna är inte jämförbara med varandra eftersom de innehåller olika fiberfraktioner

Art och skörd	Typ av vallfoder	Häst	Ålder	NDF	Intag	Referens
Blandvallar med flera arter						
Ospecificerat gräs, lusern	hö	Arabiskt fullblod	2 år	445	2,1	Spooner <i>et al.</i> , 2013
Ospecificerat gräs	hö	Arabiskt fullblod	2 år	499	1,6	Spooner <i>et al.</i> , 2013
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	460	2,1	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	498	2,5	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	514	2,2	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	516	1,7	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	521	2,0	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	522	2,3	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	535	2,0	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	535	2,5	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	551	2,2	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a
Timotej, ängssvingel, engelskt rajgräs	hösilage	varmblodig travhäst	2-3 år	569	2,3	Ringmark <i>et al.</i> , 2017a

Timotej, ängssvingel	hösilage	varmblodig travhäst	1 år	545	2,8	Ringmark <i>et al.</i> , 2013
Timotej, ängssvingel	hösilage	varmblodig travhäst	1 år	600	2,6	Ringmark <i>et al.</i> , 2013
Ospecificerat gräs	direkt-skördad grönmassa	varmblodig travhäst	vuxna	573	1,9	Edouard <i>et al.</i> , 2008
Ospecificerat gräs	hö	varmblodig travhäst	vuxna	637	1,7	Edouard <i>et al.</i> , 2008
Ospecificerat gräs, tidigt skördat, 1a skörd	hö	ridhästar	vuxna	628	2,2	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ospecificerat gräs, återväxt	hö	ridhästar	vuxna	641	2,3	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ospecificerat gräs, medelsent skördat, 1a skörd	hö	ridhästar	vuxna	655	2,1	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ospecificerat gräs, medelsent skördat, 1a skörd	hö	ridhästar	vuxna	663	2,4	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ospecificerat gräs, tidigt skördat, 1a skörd	hö	ridhästar	vuxna	665	2,4	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ospecificerat gräs, återväxt	hö	ridhästar	vuxna	672	2,0	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ospecificerat gräs, sent skördat, 1a skörd	hö	ridhästar	vuxna	702	2,2	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ospecificerat gräs, sent skördat, 1a skörd	hö	ridhästar	vuxna	709	2,1	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Ej angivet	hö	ridhästar	vuxna	682	2,4	Damke <i>et al.</i> , 2015
Ospecificerat ängshö	hö	Welsh-ponnyer	ej angivet	737	2,6	Pearson & Merritt, 1991

Foderlost						
Foderlost	hö, hackat till över 5 cm	ponnyer	vuxna	ADF 420	2,7	Cymbaluk & Christensen, 1986
Hundäxing						
Hundäxing	hö	korsningshästar	vuxna	601	2,0-2,2	Moore <i>et al.</i> , 2019
Hundäxing	hö	Engelskt fullblod	vuxna	663	1,7	Ghajar <i>et al.</i> , 2021
Hundäxing	hö	Quarter	ej angivet	ADF 361	2,1	Webb <i>et al.</i> , 2008
Lusern						
Lusern	Hö	Quarter, Hackney	vuxna	361	1,7	Rodiek & Jones, 2012
Lusern	hö	Quarter, Hackney	1 år	365	3,1	La Casha <i>et al.</i> , 1999
Lusern	hackat hö	ej angivet (523 kg)	vuxna	384	2,3	Todd <i>et al.</i> , 1995
Lusern	kuber	ej angivet (523 kg)	vuxna	386	2,9	Todd <i>et al.</i> , 1995
Lusern	pellets	ej angivet (523 kg)	vuxna	399	2,3	Todd <i>et al.</i> , 1995
Lusern	hö långt	ej angivet (523 kg)	vuxna	409	2,3	Todd <i>et al.</i> , 1995
Lusern	torkat, hackat, 2% melass tillsatt	Welsh-korsning	vuxna	443	3,9	Pearson <i>et al.</i> , 2001
Lusern, 4e skörd	Ensilerad	Welsh-korsning	vuxna	473	1,9	Murray <i>et al.</i> , 2007
Lusern, 2a skörd	Hetlufts-torkad, hackad	Welsh-korsning	vuxna	480	1,6	Murray <i>et al.</i> , 2007
Lusern	hö	varmblodig travhäst	vuxna	517	2,0	Edouard <i>et al.</i> , 2008
Lusern	hö	ridhästar	vuxna	535	2,4	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a

Lusern	hö	ridhästar	vuxna	563	2,0	Dulphy <i>et al.</i> , 1997a
Lusern	hö	Arabiskt fullblod	2-6 år	550	2,8	Crozier <i>et al.</i> , 1997
Lusern	hö hackat till över 5 cm	ponnyer	vuxna	ADF 352	2,5	Cymbaluk & Christensen, 1986
Lusern	hö, hackat	ponnyer	vuxna	ADF 352	2,5	Cymbaluk & Christensen, 1986
Lusern	pellets	ponnyer	vuxna	ADF 352	2,7	Cymbaluk & Christensen, 1986
Lusern, 3e skörd	pellets	korsningsponnyer	1-2 år	växttråd 328	2,8	Haenlein <i>et al.</i> , 1966
Lusern, 3e skörd	hö långt	korsningsponnyer	1-2 år	växttråd 336	2,2	Haenlein <i>et al.</i> , 1966
Lusern, 3e skörd	wafers (kuber)	korsningsponnyer	1-2 år	växttråd 344	2,6	Haenlein <i>et al.</i> , 1966
Rörflen						
Rörflen före axgång	hö	Engelskt fullblod	vuxna	654	1,5	Ordakowski-Burk <i>et al.</i> , 2006
Rörsvingel						
Rörsvingel	hö	Arabiskt fullblod	2-6 år	720	2,5	Crozier <i>et al.</i> , 1998
Rörsvingel	hö	Quarter	vuxna	724	1,8	Redmond <i>et al.</i> , 1991
Teffgräs						
Teff	hö	Quarter, Hackney	vuxna	572	1,4	Rodiek & Jones, 2012
Teff	hö	Ston, 468-593 kg	vuxna	668	1,7	McCown <i>et al.</i> , 2012
Teff, tidigt skördad	hö	Quarter	vuxna	681	1,8	Staniar <i>et al.</i> , 2010
Teff, sent skördat	hö	Quarter	vuxna	708	1,5	Staniar <i>et al.</i> , 2010

Teff, medelsent skördat	hö	Quarter	vuxna	711	1,7	Staniar <i>et al.</i> , 2010
Timotej						
Timotej	hö	Ston, 468-593 kg	vuxna	605	1,8	McCown <i>et al.</i> , 2012
Timotej, före axgång	hö	Engelskt fullblod	vuxna	626	1,8	Ordakowski-Burk <i>et al.</i> , 2006
Timotej	hö	korsningshästar	vuxna	626	2,1	Moore <i>et al.</i> , 2019
Timotej	hö	korsningshästar	vuxna	626	2,4	Moore <i>et al.</i> , 2019
Timotej, tidigt skördad	hö, malt till 5mm	Hokkaido	vuxna	662	2,2	Miyaji <i>et al.</i> , 2011
Timotej, tidigt skördad	hö, klippt till 10 mm	Hokkaido	vuxna	668	2,1	Miyaji <i>et al.</i> , 2011
Timotej, sent skördad	hö, malt till 5mm	Hokkaido	vuxna	715	2,4	Miyaji <i>et al.</i> , 2011
Timotej, sent skördad	hö, klippt till 10 mm	Hokkaido	vuxna	721	2,3	Miyaji <i>et al.</i> , 2011
Timotej (samt 165 g havre)	hö	Arabiskt fullblod	vuxna	683	1,6	O'Connor-Robinson <i>et al.</i> , 2007
Timotej	hö, hackat till 3,5 cm	Shetlandsponnyer	vuxna	ADF 451	1,9	Gallagher <i>et al.</i> , 1984
Timotej	hö, långstråigt	Shetlandsponnyer	vuxna	ADF 453	1,7	Gallagher <i>et al.</i> , 1984

I vilken form fodret erbjuds hästen kan också spela roll för den frivilliga konsumtionen. Genom att erbjuda hö som pellets eller hökuber (större fyrkantiga pellets) kan konsumtionen öka jämfört med när samma hö utfodras långstråigt (Haenlein *et al.*, 1966; Schurg *et al.*, 1978; Cymbaluk & Christensen, 1986). Hästars intag av lusernkuber har också påvisats vara högre än intaget av samma luserngröda som långstråigt hö, hackat hö och pellets (Todd *et al.*, 1995). I en annan studie där lusern utfodrades som långstråigt hö, pellets eller briketter noterades att hästarna försökte dela sönder briketterna med framtänderna och med stöd av krubbans botten och kanter, samt att de ökade sitt frivilliga intag av pellets och briketter under studiens gång men inte av långstråigt lusernhö (Haenlain *et al.*, 1966). I samma studie rapporterades också att hästarna gnagde mer på inredningen

(som var av trä) när de utfodrades med pellets jämfört med briketter och långsträigt hö.

Även strålängden på vallfodret kan påverka intaget, till exempel konsumerades timotej som hackats till 3,5 cm i större mängd (2,8 kg per 100 kg kroppsvikt) än långsträigt timotej (2,4 kg per 100 kg kroppsvikt) i en studie med ponnyer (Gallagher *et al.*, 1984). Vid riktigt korta strålängder verkar dock inte intaget påverkas, något som visades i en studie där timotejhö som hackats till 10 mm längd eller malts till 5 mm partikelstorlek utfodrades i fri tillgång till Hokkaidohästar (Miyaji *et al.*, 2011).

Hästens fysiologiska status och aktuella behov av energi och näringsämnen tycks också kunna påverka dess frivilliga konsumtion av vallfoder. Hos högdräktiga ston, som förutom fri tillgång på hö också utfodrats med 10 % kraftfoder, ökade foderintaget från 11-12 kg ts per dag till 19-21 kg ts per dag tre veckor efter fölning då energi- och proteinbehovet ökade kraftigt på grund av tilltagande laktation (Doreau *et al.*, 1990). Ökande arbete har också påvisats leda till ökande konsumtion hos ponnyer som utfodrats med rajgräshösilage i fri tillgång (Bergero *et al.*, 2002) (Bilaga 2, tabell 2:1). Lättare arbete har däremot inte rapporterats inverka på hästars foderkonsumtion (Moore *et al.*, 2019). Hos Shetlandspannyer i överhull som getts fri tillgång på en kommersiell lusernprodukt har intaget visats vara 2,5 % av kroppsvikten under den första dagen då ponnyerna fick fri tillgång till fodret, minska dag två och sedan öka igen under de följande åtta dagarna för att sedan stabiliseras vid ett intag på 3 % av kroppsvikten (van Weyenberg *et al.*, 2012). Intaget visades sammanfalla med utsöndring av och känslighet för det aptithämmande hormonet leptin hos ponnyerna, men också att det fanns en stor variation mellan ponnyerna i hur detta samband såg ut (van Weyenberg *et al.*, 2012).

3.2. Preferens för olika vallfoder hos hästar

Hästar kan föredra olika typer av vallfoder, både avseende hur det konserverats och vad det består av. I en 20 dagar lång studie av hästars preferens för vallfoder som skördats från samma vall vid samma tillfälle men som konserverats som ensilage, hösilage med två olika ts-halter och hö rapporterades att hästarna visade en tydlig preferens för ensilaget (30 % ts-halt) följt av hösilage med 58 % ts-halt, därefter hösilage med 78 % ts-halt och sist hö med 88 % ts-halt (Müller & Udén, 2007). I en studie där vuxna hästar fick välja mellan syrakonserverat (med en lösning av 80 % propionsyra och 20 % ättiksyra som tillsattes i en mängd om 30 kg per ton hö med 30 % vattenhalt) eller torkat lusernhö visade hästarna en preferens för det torkade höet före det syrakonserverade höet (Lawrence *et al.*, 1987). I samma studie

undersöktes också växande åringars foderintag och tillväxt under en månad när de utfodrades med samma höpartier. Det framkom inga skillnader i foderintag eller tillväxt mellan de åringar som utfodrades med torkat jämfört med syrakonservervat lusernhö, och båda hötyperna konsumerades i en mängd ts som översteg 3 % av åringarnas kroppsvikt (Lawrence *et al.*, 1987). I en annan studie där torkat och syrabehandlat lusernhö jämfördes framkom att vuxna hästar accepterade att äta syrabehandlat lusernhö, och inga skillnader noterades i hästarnas intag av syrabehandlat eller torkat lusernhö (Battle *et al.*, 1988).

Hästarnas preferens för olika vallarter har också undersökts, varvid lusernhö och timotejhö konsumerades i högre mängd och före hö av två olika sorters teffgräs ("Tiffany" som skördats i tidig plantmognad med 90 g rp och 660 g NDF per kg ts och "Horse Candy" som skördats i senare plantmognad med 100 g rp och 720 g NDF per kg ts) (McCown *et al.*, 2012). I samma studie rapporterades också att hästar valde tidigt skördat teffhö framför sent skördat teffhö. I utfodringsstudier med rörsvingel (*Festuca arundinacea*) har hästar observerats lämna tjockare stjälkar av rörsvingel i foderresterna, särskilt vid skörd i senare plantmognad (Särkijärvi *et al.*, 2012). Huruvida det varit vallarten i sig eller dess plantmognad som påverkat hästarnas selektion går inte att avgöra, men i andra studier har samma art skördats i olika plantmognad varvid hästarnas intag av dem har jämförts. Vuxna Quarterhästar har då påvisats föredra lusernhö som skördats i tidig plantmognad och med lågt innehåll av den fiberfraktion som kallas ADF (acid detergent fibre, innehåller cellulosa och lignin), tunna stjälkar (liten diameter) och hög smältbarhet av torrsubstansen framför det motsatta, det vill säga sen plantmognad, högt innehåll av ADF, grova stjälkar och lägre smältbarhet av torrsubstansen (Oliveira *et al.*, 2018).

I en annan jämförelse av gräshö skördat i olika plantmognad och lusernhö, vilka utfodrades i fri tillgång till vuxna hästar, framkom att de foderrester hästarna lämnade av lusernhö alltid hade högre innehåll av NDF jämfört med den utfodrade givan, men att det varierade mer för de olika partierna av gräshö där foderresterna ibland men inte alltid hade lägre innehåll av NDF än den utfodrade givan (Dulphy *et al.*, 1997a). I studier av vuxna varmblodstravare i träning har det framkommit att smältbarheten i de foderrester hästarna lämnat då de getts fri tillgång på hösilage konsekvent varit lägre jämfört med smältbarheten av det foder som utfodrats (Jansson & Lindberg, 2012). Det visar att hästarna selekterat de delar av fodret som haft hög smältbarhet. Sådan selektion verkar dock också kunna vara individuell. I en studie med lusernhö noterades att en del hästar åt alla blad men lämnade stjälkarna, medan andra hästar gjorde tvärtom (Dulphy *et al.*, 1997b).

3.3. Ättid och ätbeteende för olika vallfoder

Utöver frivillig konsumtion och preferens har hästars ättid, tuggtid, tuggarbete och födosöksbeteende för olika vallfoder undersökts. Även för dessa intagsvariabler har plantmognad, fiberinnehåll, botanisk sammansättning och fodrets beredningsform (hackat, snittat, långstråigt) rapporterats kunna inverka.

I en studie (Müller, 2011) där hästar utfodrades med hösilage skördat i förstaskörd från samma vall men i tre olika plantmognadsstadiet (juni med 520 g NDF, juli med 610 g NDF och augusti med 640 g NDF per kg ts) konsumerade hästarna det hösilage som skördats i juni snabbare (29 minuter per kg ts) än det som skördats i juli och augusti (36-37 min per kg ts). Antalet tuggningar per kg ts var starkt associerat till ättiden per kg ts och till fodrets innehåll av NDF - ju högre NDF-halt desto fler tuggningar per kg ts vilket gav längre ättid. Att ättiden blir längre och tugghastigheten långsammare ju högre NDF-halten är i vallfodret har även visats i en annan studie med hö (610 g NDF per kg ts) och hösilage (560 g NDF per kg ts) som var av olika ursprungsgrödor (Noergard *et al.*, 2006). I en annan studie där flera olika hötyper undersöktes rapporterades att tuggtiden var lika (70-82 min per kg ts) för lusernhö och gräshö med NDF-halter från 535 till 702 g per kg ts, medan den var knappt 10 minuter kortare per kg ts för gräshö med 628 till 709 g NDF per kg ts (Dulphy *et al.*, 1997a). I den sistnämnda studien hade hästarna fri tillgång till alla foder, i motsats till den två tidigare nämnda, vilket kan vara en orsak till det annorlunda resultatet.

Ät- och tuggtid har jämförts för långstråigt ängshö (80 g rp och 600 g NDF per kg ts), hetluftstorkad lusernhackelse (150 g rp och 520 g NDF per kg ts) och hetluftstorkad gräshackelse (210 g rp och 520 g NDF per kg ts) hos vuxna islandshästar (Brøkner *et al.*, 2008). Hästarna fick tillgång till alla foder samtidigt och intaget av dem registrerades. Hästarna åt 100 % av den utfodrade mängden lusern- och gräshackelse och 78 % av ängshöet. Intagstiden var 70 min per kg ts för ängshöet, 48 min per kg ts för lusernhackelsen och 38 min per kg ts för gräshackelsen, vilket också motsvarades av ett högre antal tuggningar per minut för gräshackelse följt av lusernhackelse och därefter ängshö (Brøkner *et al.*, 2008).

Vallfodrets strållängd kan också påverka ät- och tuggtiden hos hästar. Timotejhö hackat till 5 cm långa bitar tog kortare tid att äta jämfört med samma hö i långstråigt form vid utfodring till engelska fullblod (Ninomiya *et al.*, 2004). I en annan studie där snittat (nominell snittlängd 7 cm) och långstråigt (>25 cm) hösilage från samma skörd jämfördes uppvisade vuxna halvblodshästar samma ät- och födosökstid i minuter per kg ts för de båda fodren, men antalet tuggningar per minut var något högre och antalet tuggningar per kg ts var något lägre med det snittade jämfört med det långstråiga hösilaget (Müller, 2009). Tiden det tog för treåriga arabston att äta 1,5 kg av lusernhö i form av hela strån eller hackat i 3 till 6 cm långa bitar var densamma (Robison *et al.*, 2017).

Själva tuggarbetet hos vuxna hästar som utfodrats med olika vallfoder har undersökts genom att mäta aktiviteten i den muskulatur som används vid tuggning (Vervuert *et al.*, 2013). De vallfoder som ingick i studien var hö (89 % ts och 350 g växttråd per kg ts) samt hösilage (75 % ts och 380 g växttråd per kg ts). Hästarna hade fri tillgång till vallfodren och rapporterades äta 2,8 % ts av kroppsvikten av höet och 2,4 % ts av kroppsvikten av hösilaget. Hö och hösilage konsumerades lika snabbt i minuter per kg ts och antalet tuggningar per kg ts (2661-3378) liksom kraften i själva tuggarbetet var lika för de båda vallfodren.

Att använda fler än en typ av vallfoder samtidigt kan medföra att hästen får mer av sitt födosöksbeteende uppfyllt enligt resultat från en brittisk studie (Goodwin *et al.*, 2002, 2007). Genom att erbjuda hästen flera olika typer av vallfoder samtidigt minskade tiden hästarna spenderade på andra beteenden som att titta ut över stalldörr/boxdörr, födosöka i ströbädden, gå runt i boxen och att utföra beteenden som indikerade motivation att söka efter andra fodermedel. Studien utfördes under kort tid och omfattade bland annat hö (ej specificerat), lusernhackelse och hösilage av rajgräs. I en senare studie (Thorne *et al.*, 2005) där utfodring med ett eller flera vallfoder undersöktes spenderade hästarna längre och fler perioder på att äta när de fick tillgång till flera olika vallfoder samtidigt (korthackad hetluftstorkad lusern och gräs samt långstråigt rajgräs/timotejhösilage och ospecificerat hö) jämfört med när de endast hade ett vallfoder (långstråigt hö) tillgängligt, trots att den sammanlagda mängden vallfoder var lika för de båda behandlingarna. När hästarna hade tillgång till flera olika vallfoder samtidigt spenderade de mer tid på att äta och mindre tid på att söka efter foder (ca 20 % skillnad i tid), och det stereotypa beteendet vävning noterades bara då hästarna hade tillgång till endast ett vallfoder (Thorne *et al.*, 2005). Motsvarande resultat har redovisats i en studie där hästar som fick tillgång till tre olika höpartier (lusern, timotej och hundäxing) samtidigt uppvisade längre ättider jämfört med om de enbart hade tillgång till ett av höpartierna men där den totala mängden hö var densamma (Ninomiya *et al.*, 2004).

3.4. Rekommenderade grovfodermängder för hästar

De svenska utfodringsrekommendationerna för hästar anger minst 1 kg ts grovfoder (det vill säga även halm och andra grovfoder än vallfoder kan räknas in utöver vallfodret) per 100 kg kroppsvikt och dag som minimigiva, och att hästar helst bör utfodras med mer, 1,5-2 kg ts eller mer per 100 kg kroppsvikt och dygn (Jansson, 2013). I den senaste uppdateringen av de tyska utfodringsrekommendationerna (Coenen *et al.*, 2011) angavs en minimirekommendation om 20 g grovfoder med 84-90 % ts per kg kroppsvikt och dag till hästar (vilket motsvarar 1,7-1,8 kg ts per 100 kg kroppsvikt), men också att vetenskapligt underlag för det i stort saknas och

att mer kunskap behövs om hur hästarnas behov av tuggtid eller födosökstid bäst kan uppfyllas när de inte kan hållas på bete eller ges fri tillgång på vallfoder. I dagsläget finns också en europeisk rekommendation om att hästar bör utfodras så att de får ett artspecifikt födointag under minst 8 men helst 10 h per dygn (Harris *et al.*, 2017). Det kan vara svårt att uppfylla den rekommenderade födosökstiden enbart genom utfodring med vallfoder, även med sådana vallfoder som skördats i mycket sen plantmognad och som har högt fiberinnehåll, framför allt till hästar som utfodras för sitt underhållsbehov eller lätt träning. I de situationerna kommer andra åtgärder för att förlänga ättiden att vara nödvändiga, till exempel kan foderstaten kompletteras med halm för utökad födosökstid (Jansson *et al.*, 2021; Lundqvist & Müller, 2022). Ökad kunskap om andra typer av foder och olika utfodringsmetoder och -strategier och hur de inverkar på födosöks- och ättid behövs, liksom ett säkrare underlag för hur lång tid per dygn hästar behöver kunna födosöka och/eller äta för att minska risken för att stereotypa beteenden utvecklas.

4. Energi och näringsinnehåll i vallfoder för hästar

Energi- och näringsinnehållet i vallfoder beror på flera olika faktorer varav den viktigaste är plantmognaden vid skörd eftersom den avgör förhållandet mellan cellväggar och cellinnehåll i växten, liksom hur förvedade (lignifierade) växternas cellväggar är. Ju högre andel cellväggar och ju högre innehåll av vedämne (lignin) i cellväggen, desto lägre blir fodrets smältbarhet och därmed dess energiinnehåll.

Energivärdet och näringsinnehållet i vallfoder synliggörs genom en energi- och näringsmässig analys av ett prov av det. För att provet skall vara rättvisande behöver det vara representativt uttaget och de analysmetoder som används behöver vara korrekta. Idag används NIRS (Near Infra Red Spectrophotometry) vanligtvis för kommersiella analyser av energivärde och näringsinnehåll i olika foder. Det är en snabb och förhållandevis billig metod, men för att den skall kunna användas måste den kalibreras med resultat från kemiska analyser (där de flesta av fodrets komponenter analyserats var för sig) vilka är svårare och dyrare. Hur bra NIRS är på att skatta energivärde och näringsinnehåll i olika foder beror på flera faktorer, men kalibreringarna spelar stor roll. I en brittisk studie (Le Cocq *et al.*, 2022) undersöktes samstämmigheten mellan NIRS och kemiska analyser i 64 hösilageprov, och resultaten visade att NIRS-metodiken generellt överskattade framför allt innehållet av lättlösliga kolhydrater, det vi i dagligt tal kallar socker eller WSC (water soluble carbohydrates), men variation fanns även i andra variabler som ts, rp, NDF och ADF. En del av variationen beror sannolikt på att NIRS utvecklats framför allt för att analysera vallfoder för idisslare, och att kalibreringsunderlaget därmed också är mer representativt för sådant vallfoder (det vill säga skörd i tidigare plantmognad, lägre ts-halt och högre innehåll av vallbaljväxter). I en mer avgränsad studie (Kramer *et al.*, 2020) där NIRS-kalibreringar utvecklades från kemiska analyser av WSC-innehållet i mer väldefinierade vallfoder specifika för ett visst geografiskt område var samstämmigheten mellan metoderna betydligt högre. Detta talar för att utveckling av kalibreringarna kan förbättra NIRS-metodiken för analyser av vallfoder till hästar.

En översikt av energivärde, innehåll av smältbart råprotein samt mineralämnena kalcium (Ca) och fosfor (P) i vallfoder för hästar i Sverige presenteras i tabell 2.

Tabell 2. En sammanställning av prov från över 1000 vallfoder avsedda för häst som analyserats för sitt innehåll av omsättbar energi i MJ, smältbart råprotein i g samt kalcium (Ca) och fosfor (P) i g, samtliga variabler angivna per kg torrs substans under 2002, 2003 och 2005 (Jansson, 2013)

År	Fodertyp	Omsättbar energi	Smältbart råprotein	Ca	P
2002	Hö	6,0-12,0	5-140	1,1-11,1	0,6-4,2
2002	Hösilage	6,0-12,5	10-196	1,6-14,8	0,9-4,8
2003	Hö	6,4-11,1	2-175	-	-
2003	Hösilage	6,3-11,8	6-185	-	-
2005	Hö	7,0-10,8	0-172	1,3-9,5	1,4-4,0
2005	Hösilage/ grönmassa	7,2-11,9	18-183	1,5-10,1	1,4-4,1

4.1. Översiktligt energi- och proteinbehov hos olika hästkategorier

Behovet av energi och olika näringsämnen som protein, mineralämnen och vitaminer varierar hos olika typer eller kategorier av hästar beroende på vad hästen används till och i vilken fysiologisk status den är. Det är av vikt att översiktligt känna till dessa behov, speciellt av energi och protein, för att kunna avgöra vilka krav som behöver ställas på vallfodret till de olika hästkategorierna. I Sverige används omsättbar energi (OE) i enheten megajoule (MJ) för att beskriva hästars energibehov och foders energivärde, och smältbart råprotein i gram (g smb rp) för att beskriva hästars proteinbehov samt proteininnehållet i fodret. Enheten råprotein (rp) används också ibland, vilken beskriver fodrets totala innehåll av kväve omräknat till råprotein. Det smältbara råprotein utgör en större eller mindre andel av råproteinet beroende på fodrets egenskaper i övrigt. I olika länder används olika fodervärderingssystem som sällan är lätta att översätta direkt till varandra, vilket innebär att resultat från studier där olika system använts får tolkas översiktligt. Olika system för fodervärdering kan också påverkas av vad fodergivorna består av, till exempel verkar energiåtgången för att bryta ner vallfoder vara större än vad den är för kraftfoder (Vernet *et al.*, 1995).

Generellt sett har vuxna hästar i ingen eller lågintensiv träning förhållandevis låga behov av både energi och näringsämnen, och för denna kategori kan det vara

svårt att uppfylla behovet av tillräckligt lång ättid utan att samtidigt överutfodra hästen med energi och protein. För denna kategori kan energivärdet i vallfodret lämpligen vara under 8 MJ OE per kg torrsbstans och innehållet av smältbart råprotein ca 5-6 g per MJ OE (Jansson, 2013) för att ge tillräckligt lång ättid.

Hästar i avel, det vill säga högdräktiga (från månad 8) och digivande ston samt växande unghästar (upp till ca 3 års ålder) har högre energi- men framför allt högre proteinbehov jämfört med vuxna hästar i lågintensiv (eller ingen) träning. För avelshästarna är därför ett vallfoder med över 9 MJ OE per kg torrsbstans och högre proteininnehåll, helst över 8 g smältbart råprotein per MJ OE, önskvärt för att kunna täcka dessa hästars behov i så stor utsträckning som möjligt med vallfodret (Jansson, 2013).

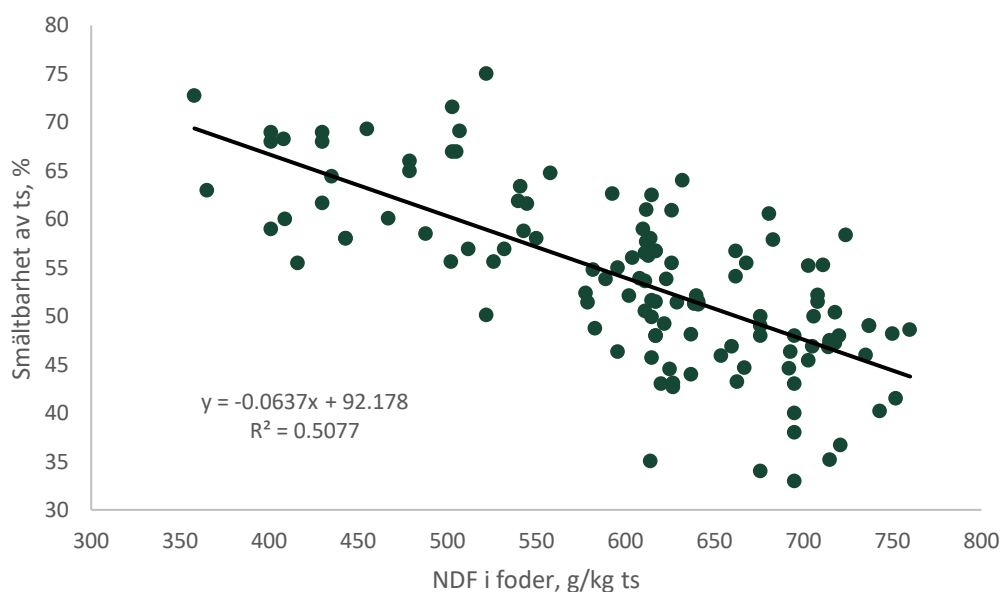
För hästar i träning, framför allt högintensiv sådan, är energibehovet högt. För hästar som är högpresterande eller växande (upp till 36 månaders ålder) och i träning samtidigt bör vallfodret innehålla minst 10,5 MJ OE per kg torrsbstans och >6 g smältbart råprotein per MJ OE för att det skall kunna täcka hästarnas hela behov (Ringmark, 2014). Vid energiinnehåll runt 10,5 MJ OE per kg ts är det viktigt att vallfodret ges i sådan mängd att hästarna kan selektera de mest energirika delarna (Jansson & Lindberg, 2012).

4.2. Plantmognadens inverkan på vallfoders smältbarhet för hästar

Plantmognaden vid skörd är den faktor som huvudsakligen bestämmer vallfodrets generella smältbarhet och därmed också dess energivärde för hästar. Ökad plantmognad vid skörd av timotej i fyra olika plantmognadsstadier minskade fodrets smältbarhet vid utfodring till islandshästar (Ragnarsson & Lindberg, 2008), och motsvarande resultat rapporterades då en vall med flera gräsarter användes istället för timotej (Ragnarsson & Lindberg, 2010b). I en norsk studie (Jensen *et al.*, 2010a) där samma gräsblandning (65 % engelskt rajgräs (*Lolium perenne*), 20 % ängssvingel (*Festuca pratensis*) och 15 % timotej) såtts på två olika fält och som skördats i första skörd som hösilage i tidig (25 maj) respektive sen (14 juni) plantmognad påvisades att smältbarheten för NDF och en rad andra fiberkomponenter påverkades på samma sätt, det vill säga blev lägre med ökande plantmognad. I en svensk studie där en och samma vall användes för skörd i tre olika plantmognadsstadier i förstaskörden var smältbarheten högst för det hösilage som skördades i den tidigaste plantmognaden och lägst för det som skördades i den senaste plantmognaden (Müller, 2012). I en smältbarhetsstudie där timotej/ängssvingel och rörsvingel skördades i tre olika plantmognad utfodrades till

vuxna Finnhästar visade resultatet detsamma, att ju senare plantmognad, desto lägre smältbarhet (Särkijärvi *et al.*, 2012). I samma studie påvisades dock också att olika vallarter med samma NDF-halt kan ha olika smältbarhet för såväl NDF-fraktionen som andra fraktioner som torrs substans och organisk substans, eftersom rörsvingel genomgående hade lägre smältbarhet än timotej/ängssvingel vid jämförbara NDF-halter, vilket också gav ett lägre energivärde för rörsvingel (Särkijärvi *et al.*, 2012).

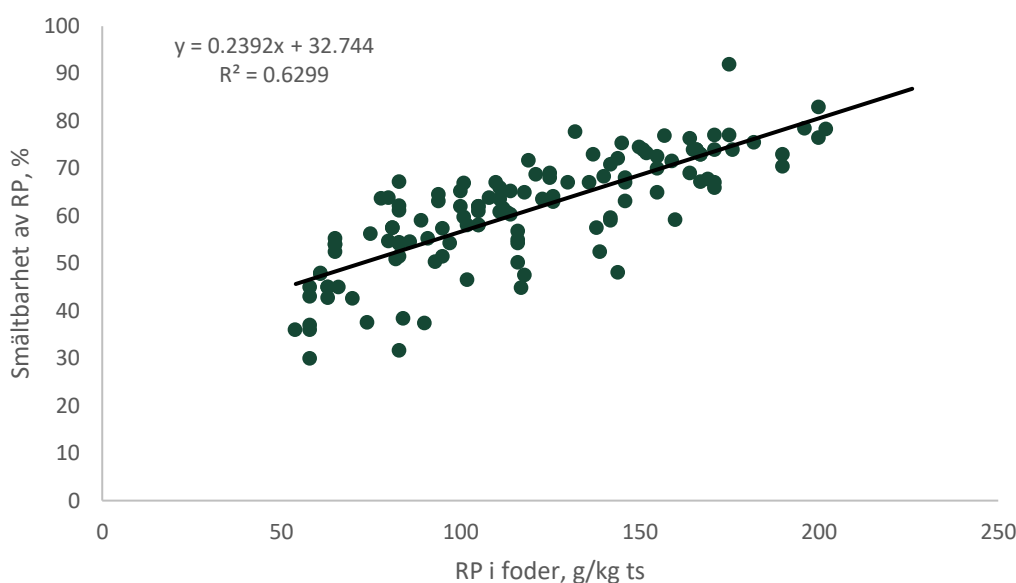
Relationen mellan fodrets NDF-innehåll och fodrets smältbarhet redovisas i figur 2, där resultat från 53 studier med både gräs och vallbaljväxter sammanställts. Mer detaljer om studierna finns i Bilaga 3, tabell 3:1. Figur 2 visar att korrelationskoefficienten mellan NDF-innehållet och smältbarheten av ts är 0,51 (av som mest 1), vilket visar att NDF-halten i fodret förklarar ungefär hälften (51%) av vad smältbarheten av torrs substansen blir. Praktiskt innebär det att ett vallfoder med ett innehåll av NDF på ca 650 g per kg ts kommer ha en smältbarhet av torrs substansen på ungefär 45 %, men om vallfodret innehåller mindre NDF, ca 450 g per kg ts, kommer smältbarheten av torrs substansen att vara högre, ungefär 70 % (figur 2).



Figur 2. Torrs substansens smältbarhet i procent som effekt av fiberinnehållet (NDF, neutral detergent fiber) i g per kg torrs substans i vallfoder. Data från 53 studier med både gräs och baljväxter som utfodrats till hästar (detaljerad information om studierna återfinns i Bilaga 3, tabell 3:1).

Råproteinets smältbarhet beror i hög utsträckning på råproteininnehållet i vallfodret (figur 3). Råproteininnehållet i vallfoder påverkas i första hand av plantmognaden vid skörd men också av botanisk sammansättning och tillförsel av kväve under vallens tillväxt. Figur 3, där resultat från 51 studier sammanställts, visar att korrelationskoefficienten mellan råproteininnehållet i fodret och råproteinets smältbarhet är 0,63, det vill säga att råproteinhalten förklarar ungefär 63 % av råproteinets smältbarhet och att andra faktorer också spelar in. Till exempel påverkar även vallfodrets lignifiering råproteinets smältbarhet eftersom råproteinets finns inne i växtcellerna som är omslutna av mer eller mindre lignifierade cellväggar. Praktiskt innebär det att ett vallfoder med ett innehåll av ca 70 g rp per kg ts kommer ha en smältbarhet av råproteinets på ungefär 40 %, men om vallfodret innehåller ca 150 g rp per kg ts kommer smältbarheten av råproteinets att vara ungefär 75 % (figur 3). Genom att kombinera innehållet av fiber och råprotein i träcken med innehållet av fiber i vallfodret kan torrsubbstansens smältbarhet förutsägas med en förklaringsgrad på ungefär 80 % (Mesochina *et al.*, 1998).

Andra faktorer som har rapporterats kunna påverka vallfoders smältbarhet hos hästar är hur snabbt fodret passerar mag-tarmkanalen, vilket i sin tur kan påverkas av till exempel fodrets partikelstorlek (Miyaji *et al.*, 2011). I en studie där hö som hackats till 10 mm eller malts till 5 mm partikelstorlek utfodrades till hästar rapporterades dock att även om de båda fodrens passagehastighet genom mag-tarmkanalen skiljde sig åt var smältbarheten densamma (Miyaji *et al.*, 2011). I vilken mängd fodrets utfodras kan också påverka dess smältbarhet då högre fodergivor kan ge lägre smältbarhet (Ragnarsson & Lindberg, 2010a; Clauss *et al.*, 2013). Vid fri tillgång på två höpartier av högre och lägre näringsmässig kvalitet uppvisade shetlandsponnyer dock högre smältbarhet för det näringsrikare höet (Clauss *et al.*, 2013). I en annan studie där lignin-reducerad lusern jämfördes med vanlig, ej-ligninreducerad lusern rapporterades att torrsubbstansens smältbarhet var ca tre procentenheter högre för det ligninreducerade lusernhöet, men passagehastigheten genom magtarmkanalen var densamma för de båda lusernsorterna (Grev *et al.*, 2021). Smältbarheten för vallfoder verkar också kunna påverkas av odefinierade skillnader mellan olika hästraser (Jensen *et al.*, 2010b; Ragnarsson & Jansson, 2011).



Figur 3. Råproteinets smältbarhet i procent som effekt av råproteininnehållet (rp) i g per kg torrs substans i vallfoder. Data från 51 studier med både gräs och baljväxter som utfodrats till hästar (detaljerad information om studierna återfinns i Bilaga 3, tabell 3:1).

Mätmetodens inverkan

Fodrets smältbarhet kan mätas med olika metoder som alla har olika för- och nackdelar. Ett vanligt sätt är så kallad totaluppsamling, då all träck samlas upp under flera sammanhängande dygn, vägs och analyseras och jämförs med fodrets innehåll. Det är en förhållandevis säker metod men tids- och resurskrävande. Ett annat sätt är att använda markörer i fodret. Det kan vara markörer som finns naturligt i fodret eller som tillsätts. All träck behöver då inte samlas upp utan det räcker att ta stickprov, och innehållet av markören i träcken och i fodret relateras till den komponent man vill skatta smältbarheten för. Fördelen med den metoden är att den inte är lika resurskrävande men den är å andra sidan inte heller lika säker som totaluppsamling (Shaafstra *et al.*, 2017). För mer detaljerad information om var i mag-tarmkanalen ett foder eller en komponent i fodret smälts används särskilda försökshästar där prov kan tas ut från en eller flera delar av digestionskanalen. Sådana studier är mycket kostsamma och det finns begränsningar i hur många fodermedel som kan undersökas inom en och samma tidsperiod. Vilken metod som använts för att skatta fodrets smältbarhet kan i någon mån påverka resultatet, och därför har metoden som använts i olika studier redovisats i Bilaga 3, tabell 3:1.

Smältbarheten på ett foder kan också skattas med *in vitro*-metoder, det vill säga då man använder laboriemetoder istället för eller tillsammans med skattningar

av smältbarheten i utfodringsstudier med hästar. Initiala studier har visat att *in vitro*-bestämningar av torrsubstansens smältbarhet i hetluftstorkad lusernhackelse och gräshösilage då hästräck använts som inokulant har potential att tillräckligt korrekt skatta fodrets smältbarhet och energivärde (Lowman et al., 1999).

4.3. Vallfoders möjligheter att tillgodose energibehovet hos olika hästkategorier

Ett av syftena med den här rapporten var att ta reda på vilken kunskap som finns om hur vallfoder med olika egenskaper kan tillgodose energibehovet hos olika hästkategorier. En begränsning för det har dock varit att olika länder använder sig av olika energivärderingssystem för vallfoder, och dessa är inte direkt jämförbara med varandra. I Sverige använder vi ett energivärderingssystem som utgår från mängden omsättbar energi (OE) i fodret. Mängden OE i vallfodret uppskattas och beräknas från smältbarheten av den organiska substansen i det svenska energivärderingssystemet. I andra länders energivärderingssystem kan energivärdet i vallfodret istället beräknas från fodrets olika komponenter (råprotein, råfett, växttråd och sockerinnehåll). Det ger värden på omsättbar energi som inte är riktigt jämförbara med de som beräknas från smältbarheten av den organiska substansen. För att resultaten från utländska studier skall gå att applicera på svenska förhållanden har i första hand de studier där mängden OE i fodret angetts inkluderats i rapporten, vilket också innebär att den analysmetod som använts har varit i enlighet med hur vi analyserar vallfoder i Sverige. För vissa områden har inga sådana studier hittats och då har studier där ett annat energivärderingssystem använts inkluderats, och som definition för att energibehovet hos hästarna i studierna har uppfyllts har bibehållen kroppsvikt och/eller kroppshull över minst två veckors tid använts som kriterium.

4.3.1. Vuxna hästar på underhållsfoderstat och i lätt träning

Vuxna hästar på underhållsfoderstat har påvisats kunna bibehålla sin kroppsvikt, och därmed täcka sitt energibehov, då de utfodrats med 1,1-1,9 kg ts per 100 kg kroppsvikt av vallfoder med 10,6-11,7 MJ OE per kg ts (Muhonen *et al.*, 2008a,b; Ragnarsson & Lindberg 2010a,b). Vuxna hästar i lätt träning har redovisats bibehålla sitt hull då de under nio veckor utfodrats med 1,4-1,8 kg ts per 100 kg kroppsvikt av vallfoder med 7,7-12,4 MJ OE per kg ts (Müller, 2012).

4.3.2. Dräktiga och digivande ston

Dräktiga ston som utfodrats med fri tillgång på en foderstat bestående av 10 % kraftfoder och 90 % av ett vallfoder med 715 g NDF och 57 g rp per kg ts (motsvarar 22 g smb rp per kg ts) kunde inte bibehålla sitt hull under sista delen av dräktigheten (Doreau *et al.*, 1990). Ston som i samma studie utfodrades med samma kraftfoder men istället fick ett vallfoder med 503 g NDF och 117 g rp per kg ts (motsvarar 79 g smb rp per kg ts) hade däremot ingen förändring av kroppshullet. Konsumtionen var högre hos de ston som utfodrades med det senare fodret (Bilaga 2, tabell 2:1). Fölens vikt påverkades inte av stonas foderstater. Under tidig laktation ökade stonas foderintag och båda foderstaterna gav då tillräckligt med energi för att stona skulle kunna bibehålla sitt hull (Doreau *et al.*, 1990). Dräktiga ston som utfodrats med lusernhösilage i fri tillgång från november till mars samt med tillägg av 1-2 kg majs/soja per dag under sista dräktighetsmånaden visade sig hålla hullet (Lawrence *et al.*, 1992).

Ston som utfodrats med fri tillgång till ett rörsvingelhö och 5% kraftfoder (totalt växttrådsinnehåll i foderstaten 257 g per kg ts) höll enligt författarna tillräckligt hull men producerade mindre mjölk än ston som utfodrats med fri tillgång på samma hö och 50 % kraftfoder (totalt växttrådsinnehåll i foderstaten 150 g per kg ts) (Doreau *et al.*, 1992). Däremot innehöll mjölken mer fett när stona utfodrades med den lägre kraftfoderandelen vilket gjorde att energiinnehållet i mjölken var nästan detsamma och att fölen växte lika mycket vid båda utfodringsstrategierna för stona.

I en svensk studie (Forsmark, 2006) påverkades inte hullet hos höglakterande fölston och inte heller fölens tillväxt av om de fick en foderstat med vallfoder (timotej, ängssvingel och rödklöver (*Trifolium pratense*) med 10,9 MJ OE, 90 g smb rp och 6,8 g lysin per kg ts), jämfört med en foderstat med vallfoder och kraftfoder som hade motsvarande energi- och näringsinnehåll.

4.3.3. Växande unghästar

Det finns få studier där vallfoder som enda fodermedel till växande unghästar undersökts. I några av de publikationer som inkluderats i rapporten har hästarna varit under 36 månader gamla och därmed växande (LaCasha *et al.*, 1999; Spooner *et al.*, 2010; Spooner *et al.*, 2013a,b; Obitsu *et al.*, 2015), men i dessa studier har det inte varit tillväxt på endast vallfoder som utgjort huvudfrågeställningen och det är därför svårt att dra några slutsatser från dem om detta. Tillväxten hos avvanda föl har dock visats vara lika stor vid utfodring av en foderstat bestående av bara vallfoder (timotej, ängssvingel och rödklöver med 10,9 MJ OE, 90 g smb rp och

6,8 g lysin per kg ts) som vid en foderstat med samma vallfoder, havre och soja (Jansson *et al.*, 2012). Fölen ökade sin kroppsvikt något mer under den första veckan på foderstaten med bara vallfoder, vilket troligtvis berodde på mer fyllnad i grovtarmen på den foderstaten jämfört med foderstaten med vallfoder, havre och soja.

4.3.4. Presterande växande unghästar

Få studier har gjorts där effekter av att utfodra unghästar i träning med enbart vallfoder har undersökts. Då både tillväxt och träning kräver energi är behovet hos dessa hästar, relativt sin kroppsstorlek, högre än hos vuxna hästar i träning. I en svensk studie utfodrades 16 varmlodiga travhästar i träning med enbart vallfoder (och mineralfoder) från och med hösten som 1-åringar då de kördes in till och med december som 3-åringar då målet var att de skulle ha deltagit i kvalificeringslopp med godkänt resultat och börjat tävla (Ringmark *et al.*, 2013; Ringmark *et al.*, 2017a; Ringmark *et al.*, 2017b). Under hela studien hade hästarna fri tillgång på gräshösilage skördat i återväxten, bestående av främst timotej, ängssvingel och engelskt rajgräs. Hösilaget kompletterades med 0,25-1 kg lusernpellets per häst och dag (samt salt och ett sammansatt vitamin- och mineralfoder). Under studien användes sju olika hösilagepartier och dessa innehöll mellan 10,2 och 11,7 MJ OE och mellan 100-147 g råprotein per kg ts (motsvarande 63 till 107 g smb rp per kg ts). I genomsnitt konsumerade hästarna drygt 10 kg ts per dag vilket motsvarade 2,2 % av kroppsvikten (Ringmark *et al.*, 2013; Ringmark *et al.*, 2017a; Ringmark *et al.*, 2017b). Detta resulterade i ett genomsnittligt energiintag av 123 MJ OE per 500 kg kroppsvikt och dag, vilket motsvarar rekommenderat dagligt energiintag för den här typen av hästar och arbete (Jansson *et al.*, 2013). Tillväxten hos hästarna var densamma som beskrivits i andra studier med liknande hästraser men som utfodrats med kraftfoder i tillägg till vallfoder, och hästarna höll ett önskat hull under hela studien. Som 2-åringar genomförde alla 16 hästarna ett godkänt premiellopp och som 3-åringar kvalade 15 hästar och 9 hästar kom till start innan studien var slut, vilket var en lika stor eller större andel än hästarna i referensgrupperna som utfodrats med både vallfoder och kraftfoder. I samma studier framkom också att växande unghästar som utfodras med enbart vallfoder (och mineralfoder) bör få minst 48 h återhämtning efter ett ansträngande arbete innan träningen återupptas för att glykogenreserverna i musklerna skall hinna fyllas på (Ringmark *et al.*, 2017a), då brist på glykogen kan begränsa prestationsförmågan (Lacombe *et al.*, 2001).

Studier har också genomförts med 2-åriga hästar som använts för distanslopp och som utfodrats med enbart vallfoder (Spooner *et al.*, 2013a). Hästarna konsumerade i genomsnitt 1,9-2,3 % ts vallfoder av sin kroppsvikt, den lägre siffran

för en ren gräsvall och den högre för en blandvall med hälften gräs och hälften lusern. Studien pågick under 126 dagar varvid inga anmärkningsvärda förändringar i hästarnas kroppsvikt noterades, vilket tydde på att hästarnas energibehov blivit tillgodosett. I en fortsättningsstudie konsumerade hästarna 1,4-1,9 % ts av sin kroppsvikt av ett hackat hö från en blandvall (Spooner *et al.*, 2013b).

4.3.5. Presterande vuxna hästar

Hästar i hård träning har ungefär dubbelt så stort energibehov som när de inte tränas alls. För att fylla den hårt tränande hästens höga energibehov måste fodret vara energirikt. Historiskt har detta behov av energi tillgodosetts med stora mängder kraftfoder, särskilt stärkelsesrika sådana, vilket också påvisats öka risken för kolik (Reeves *et al.*, 1996; Tinker *et al.*, 1997; Hillyer *et al.*, 2002), magsår (Sykes *et al.*, 2015; Galinelli *et al.*, 2019) och korsförflamning (MacLeay *et al.*, 1999; Firshman *et al.*, 2003; McKenzie *et al.*, 2003). Ett alternativ är därför att utfodra med energirikt vallfoder istället. Vuxna travhästar i full träning verkar kunna bibehålla kroppsvikt och hull då de utfodras med 1,7-2,4 kg ts per 100 kg kroppsvikt av ett vallfoder med 10,4-11,7 MJ OE per kg ts (tabell 3). Det finns också studier där högpresterande hästar under 21 dagar kunnat bibehålla kroppsvikt och hull trots lägre energivärden i vallfodret, 9,5 respektive 9,8 MJ per kg ts (Connysson *et al.*, 2010; Connysson *et al.*, 2017). I de studierna lämnade hästarna dock en hel del foderrester vilket gjorde att de hade möjlighet att selektera de mest energirika delarna av fodret. Gemensamt för samtliga vallfoder i tabell 3 är också att de haft relativt höga halter av råprotein.

En foderstat bestående av i huvudsak vallfoder till högpresterande hästar kan resultera i något högre kroppsvikt jämfört med då både vallfoder och kraftfoder utfodras (Connysson *et al.*, 2010; Jansson & Lindberg, 2012). Ännu större kroppsviktsökningar har rapporterats på distanshästar (Danielsen *et al.*, 1995) och hårt tränande ridhästar (Ellis *et al.*, 2002) när de utfodrats med endast vallfoder skördat i sen plantmognad. De här ökningarna av kroppsvikt beror sannolikt på en större fyllnad i grovtarmen (av fibrer och vatten) vilket hästen verkar kunna använda för att bibehålla sin vätskebalans under perioder utan foderintag (Connysson *et al.*, 2010). Hästar som utfodrats med en foderstat i huvudsak bestående av vallfoder hade också en lägre mjölksyrakoncentration i plasma under arbetstest och en högre mjölksyratröskel jämfört med då de utfodrats med vallfoder och kraftfoder (Jansson & Lindberg 2012). Vidare har några studier visat att hästar kan ha en lägre plasmakortisolkoncentration och hjärtfrekvens under till exempel transport när de utfodrats med en foderstat som i huvudsak består av vallfoder jämfört med en foderstat med vallfoder och kraftfoder (Connysson *et al.*, 2017; Jansson *et al.*, 2018). En studie som genomfördes med engelska fullblod indikerade

att fibersmältbarheten var högre för hästar både i vila och träning då de utfodrades med en lusernpellets och blandvallshö jämfört med en foderstat bestående av samma vallfoder och spannmål (Pagan *et al.*, 1998).

Tabell 3. Sammanställning av intag i kg torrsubstans (ts) per 100 kg kroppsvikt (motsvarar % av kroppsvikten) samt innehåll av torrsubstans i procent, omsättbar energi i MJ per kg ts, råprotein i g per kg ts och fiber (NDF, neutral detergent fiber) i g per kg ts i vallfoder som utfodrats som enda energikälla till vuxna travhästar i hård träning där hästarna under tiden studien pågått bibehållit sin kroppsvikt

Torrsubstanshalt	Omsättbar energi	Råprotein	NDF	Intag	Referens
45	11,7	160	492	2,0	Connysson <i>et al.</i> , 2006
50	11,7	128	488	1,7	Connysson <i>et al.</i> , 2006
80	10,4	104	605	2,4	Jansson & Lindberg, 2012
82	11,6	155	479	1,9	Muhonen <i>et al.</i> , 2008b
45	11,6	167	430	1,9	Muhonen <i>et al.</i> , 2008b
68	11,2	145	477	2,2	Muhonen <i>et al.</i> , 2008b
41	11,3	131	456	2,2	Muhonen <i>et al.</i> , 2008b

4.4. Vallfodrets möjligheter att tillgodose proteinbehov hos olika hästkategorier

Hästars proteinomsättning är inte studerad i samma omfattning som hos många andra djurslag, vilket innebär att kunskapen om hästarnas behov av protein och/eller specifika aminosyror och hur detsamma kan uppfyllas av vallfoder är begränsad. Den aminosyra det i dagsläget finns ett underlag för att skatta behovet av hos hästar är lysin, och då endast hos växande unghästar (NRC, 2007). Det betyder inte att alla andra aminosyror är oviktiga, men att dagens kunskapsläge inte medger att specifika behov av dem kan formuleras i behovsnormer. Överslagsberäkningar visar att om vallfodrets proteininnehåll täcker den växande unghästens

proteinbehov kommer även lysinbehovet att bli täckt. Lysinhalten är generellt sett högre i olika gräsarter jämfört med i spannmål.

Kroppen har liten möjlighet att lagra protein som inte behövs i uppbyggnaden av kroppsvävnad. Om proteinintaget är större än behovet bryts proteinet därför ned i levern *via* deaminering av aminosyror, varvid den kvarvarande kolföreningen används i energiomsättningen medan den kväveinnehållande aminogruppen utsöndras med urinen. En överutfodring av protein leder därför till ökad mängd kväve i både urin och träck (Connysson *et al.*, 2006; Woodward *et al.*, 2011; Kuchler *et al.*, 2020) och högre koncentration av urea i blodet (Fonnesbeck & Symmons 1969; Connysson *et al.*, 2006) jämfört med om proteinbehovet precis blir täckt. Vid utfodring av foderstater med bara vallfoder har en högre andel av kvävet utsöndrats i träcken jämfört med vid utfodring av foderstater som innehåller både vallfoder och kraftfoder, där en större andel av kvävet utsöndrats i urinen (Graham-Thiers & Bowen, 2011; Saastamoinen *et al.*, 2021). Det beror på att en större andel av proteinet i kraftfodret har smältts i hästens tunntarm, medan grovfodrets protein inte brutits ned till lika stor del i tunntarmen, utan fortsatt till grovtarmen där en del av proteinet omsatts av grovtarmens mikrober eller utsöndrats i träcken. Hur hög smältbarhet vallfodrets protein har beror i hög grad på vallväxternas proteininnehåll men också på plantmognad och lignifiering vid skörd, eftersom det generellt påverkar hur stor del andel av proteinet som blir tillgängligt vid nedbrytningen av fodret i mag-tarmkanalen. I en studie med utfodring av lusern till hästar påvisades att smältbarheten för proteinet minskade med ökad plantmognad, men också att aminosyrasammansättningen i lusern inte förändrades med ökad plantmognad (Woodward *et al.*, 2011).

Högt råproteininnehåll i vallfodret kan påverka miljön i grovtarmen hos hästar (Muhonen *et al.*, 2008a). Intag av vallfoder med en råproteinhalt på 168 g rp (motsvarar 126 g smb rp) per kg ts har påvisats kunna öka koncentrationen av VFA och sänka pH-värdet från 7,2 till 6,9 i grovtarmen, men inte påverka innehållet av olika kväveföreningar efter tre veckors utfodring (Muhonen *et al.*, 2008a). Ett snabbt foderbyte mellan vallfoder som innehöll olika mängd råprotein (166 *vs.* 125 g per kg ts vilket motsvarade 125 respektive 86 g smb rp per kg ts) har påvisats kunna ge lös träck och lägre ts-halt i träcken under några dagar efter bytet (Connysson *et al.*, 2006). I samma studie (Connysson *et al.*, 2006), vilken genomfördes på högpresterande travhästar, påverkades inte prestationen under ett travloppsliknande arbetstest av att utfodra hästarna med rekommenderat intag av protein jämfört med 160 % av råproteinbehovet. Utfodring med 160 % av råproteinbehovet gav högre koncentration av muskelglykogen jämfört med att utfodra 100 % av råproteinbehovet, vilket kan vara en fördel för musklernas återhämtning efter intensiv träning (Essén-Gustavsson *et al.*, 2010).

4.5. Vallfodrets möjligheter att tillgodose mineralämnesbehov hos olika hästkategorier

Olika hästkategorier har olika stort behov av olika makro- och mikromineraler. Generellt sett kan vallfoder som odlats i norra Europa innehålla alla mineralämnen hästen behöver utom natrium (Na) och selen (Se), men gör inte alltid det eftersom flera olika faktorer inverkar på mineralinnehållet. De faktorer som har störst inverkan är botanisk sammansättning, plantmognad vid skörd, gödsling av vallen samt jordart. Innehållet av makro- och mikromineraler i vallfoder från 128 svenska och norska gårdar har analyserats, och i relation till hästars underhållsbehov av mineralämnen kunde vallfodrens genomsnittliga innehåll möta behoven av kalcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), järn (Fe) och mangan (Mn), medan innehållet av fosfor (P), Na, kobolt (Co), koppar (Cu), zink (Zn), jod (I) och Se inte täckte behoven (Zhao & Müller, 2016). Det fanns också ett samband mellan flera av mineralämnena och andra variabler i samma studie; ju högre NDF-halt (ju senare plantmognad) desto lägre koncentrationer av Ca, P, Mg, Cu och Se, och ju högre halt av råprotein, desto mer P och Cu innehöll fodret. Skörd i sen plantmognad har även i en tysk-schweizisk studie omfattande vallfoder från 60 gårdar påvisats ge ett lägre innehåll av framför allt Ca och i någon mån även Mg (Kienzle *et al.*, 2008). I studier av franska vallfoder har innehållet av Cu och Zn befunnits vara för lågt för att kunna täcka framför allt växande unghästars behov av dessa mineralämnen (Blanchard, 2005).

Hur stor andel av mineralämnena i vallfodret som kan tas upp av hästen kan också skilja sig en del mellan olika växtarter. Till exempel var upptaget av Ca från lusernhö betydligt högre än från timotejhö (Cuddeford *et al.*, 1990). Upptaget av P påverkades dock inte av arten i samma studie. I en annan studie var upptaget av Ca, S och K högre vid utfodring av lusern jämfört med rörsvingel (Crozier *et al.*, 1997), och i ytterligare en studie var smältbarheten för både Ca och Mg ca 50 % vid utfodring med lusernhö (Meyer *et al.*, 1992). Smältbarheten för Ca och P i lusern har i andra studier rapporterats vara 46-79 % respektive <0-46 % (Cymbaluk & Christensen 1986; Cuddeford *et al.*, 1990; Crozier *et al.*, 1997; Sturgeon *et al.*, 2000) och för Mg 27-64 % (Cuddeford *et al.*, 1990; Crozier *et al.*, 1997; Sturgeon *et al.*, 2000). För hästar som utsatts för långvarig svält har lusernhö rapporterats ge ett högre upptag av Mg jämfört med andra fodermedel (Witham & Stull, 1998). Det bör i detta sammanhang också nämnas att hänsyn tagits till mineralämnenas generella smältbarhet i de normer som anger hästars behov av mineralämnen.

I ett par svenska studier har omsättningen av P undersökts hos unghästar som utfodrats med vallfoder kompletterade med mineralfoder (Ögren *et al.*, 2013). Studierna visar att unghästar verkar ha lika stora oundvikliga förluster av P via träck som vuxna hästar, och att P-utsöndringen med träcken ökar med ökat P-intag liksom att P i hästträck är lösligt (Ögren *et al.*, 2013), något som också påvisats

i finska studier (Saastamoinen *et al.*, 2020). Vallfodrets P-innehåll bör därför inte vara onödigt högt eftersom det påverkar storleken på P-läckaget när hästarnas träck lämnas utomhus (till exempel i hagar och paddockar). Det är av miljöskäl viktigt att minimera P-förluster från all djurhållning.

Andra substanser i olika vallarter kan påverka upptaget av olika mineralämnen. Hö av rörgräs (*Calamagrostis* spp.) och starr (*Carex* spp.) har orsakat negativ fosforbalans vid utfodring till ponnyer, möjligen beroende på innehållet av oxalat och/eller fytat (vilka båda kan binda P i osmältbara komplex) i växterna då både Ca- och P-innehållet i rörgräs-starrhöet var tillräckligt högt för att täcka underhållsbehovet av dessa mineralämnen hos ponnyerna (Cymbaluk & Christensen, 1986).

Seleninnehållet i jorden är generellt lågt i hela norra Europa och följaktligen är även innehållet av selen i foder som odlats i regionen lågt. I Sverige finns därför ett behov av att komplettera hästarnas foderstater med selen för att undvika brist på detsamma. I en kanadensisk studie användes istället för selentillskott selengödslat vallfoder, och detta verkade kunna tillgodose selenbehovet hos vuxna hästar (Montgomery *et al.*, 2011). I andra delar av världen där det finns selenrika jordar (till exempel USA) kan flera olika arter, däribland lusern, istället ackumulera så mycket selen att utfodring med sådant foder kan orsaka kronisk selenförgiftning hos hästar med typiska symptom som alopeci (håravfall, spröda hår- och tagelstrån), horisontella sprickor eller fåror i kronranden (efter perioder av nedsatt hållfasthet i hovhornets lameller) eller hovhorn med korrugerat utseende (Witte *et al.*, 1993).

Försök att öka mineralinnehållet i vallfoder har gjorts med så kallad biosorption. Metoden går ut på att behandla fodret med en mineralberikad lösning före utfodring. I en studie rapporterades att lusern tog upp mer av mineralämnena vid sådan behandling jämfört med gräs, och att den maximala upptagskapaciteten var 28 mg Zn, 39 mg Cu, 4 mg Mn och 33 mg krom (Cr) per g lusern (Michalak *et al.*, 2019).

4.6. Vallfodrets möjligheter att tillgodose vitaminbehov hos olika hästkategorier

Litteratursökningen har genererat få studier där innehållet av vitaminer i vallfoder till hästar och vallfodrets möjligheter att täcka hästarnas vitaminbehov har undersökts på ett tillförlitligt sätt. Generellt anses ett välbärgat vallfoder kunna täcka behovet av vitaminer hos hästar som också dagligen vistas utomhus. Det skall här förtydligas att brist på betakaroten (förstadiet till vitamin A) normalt sett inte

förekommer hos hästar så länge de har tillgång till vallfoder av något slag, det är enbart extrema foderstater som helt renats från betakaroten som kan ge upphov till bristsymptom för vitamin A hos hästar (NRC, 2007). Det är dock känt att innehållet av betakaroten i hö sjunker under lagring på grund av en långsam oxidation. Jämfört med gräshö verkar innehållet av betakaroten vara högre i lusernhö och rödklöverhö (Fonnesbeck *et al.*, 1967) och detta har avspeglats i hästarnas plasmakoncentrationer av betakaroten samt av vitamin A i en serie av utfodringsstudier. I en av studierna innehöll lusernhöet mindre betakaroten än vissa av de gräshö som testades, men utfodring med lusernhöet resulterade trots det i högst plasmakoncentration av vitamin A hos hästarna. Hästarna i studien utfodrades med 90 % av den hömängd de konsumerat vid fri tillgång, och det genomsnittliga intaget av betakaroten för både ett antal olika gräshö samt lusern- och rödklöverhö översteg det rekommenderade intaget med 14 gånger. Inget av vallfodren resulterade i någon brist på vitamin A. Resultat från en annan studie har visat att plasmakoncentrationen av vitamin A var högre när hästarna utfodrats med lusernhö skördat i maj jämfört med när de utfodrats med rörsvingelhö skördat i juni (Crozier *et al.*, 1997).

Plasmanivåerna av fettlösliga vitaminer (A-, D-, E-vitamin) hos dräktiga ston och föl har påvisats vara ungefär hälften så höga under vintern då hästarna utfodrades med hö jämfört med under sommaren då hästarna hölls på bete. Detta skulle kunna reflektera ett lägre vitamininnehåll i höet än i betet, och/eller att de vitaminerna som lagrats i kroppen användes i större utsträckning under vintern än under sommaren (Mäenpää *et al.*, 1988).

4.7. Inverkan av vallfodrets sammansättning på grovtarmsinnehållet och träckens sammansättning

Hästar är som tidigare nämnts utpräglade grovtarmsjäsare och grovtarmens funktion är av avgörande betydelse för hästens hälsa liksom för dess förmåga att överleva och prestera på fiberrika foder. Därför är det av intresse att känna till om eller hur olika vallfoder kan inverka på grovtarmens funktion. Kunskapen om grovtarmens mikroorganismer och deras roll i hästars hälsa, prestation och sjukdom är dock mycket begränsad, i hög grad beroende på svårigheten att kartlägga mikroberna och deras roll. Det är först under de senaste åren kostnadseffektiva DNA-baserade metoder för att analysera mikrobiell sammansättning blivit mer tillgängliga, vilket också återspeglas i den vetenskapliga publiceringen. Dessa metoder påvisar dock enbart vilket mikrob-DNA som finns i provet, och inte vilken roll eller aktivitet en viss art eller släkte har i det mikrobiologiska ekosystemet i

hästens grovtarm. Ytterligare en begränsning är att studier av utfodringens inverkan på grovtarmen oftast baseras på prover tagna från hästens träck, trots att det i dagsläget är känt att träckens innehåll av mikrober inte nödvändigtvis reflekterar sammansättningen i de olika delarna av hästens grovtarm (Sorenson *et al.*, 2021). Likaså är det känt att variation i mikrobiotan i hästens träck är naturligt förekommande över året och variation i till exempel betestillgång/tillgång på skördat hösilage och väderlek har påvisats inverka på sammansättningen av mikrober i träckprover från hästar (Salem *et al.*, 2018). Kännedom om dessa inneboende begränsningar i metodiken är viktig för att tolka resultaten från de genomförda studierna på området.

Studier där molekylärbiologiska metoder använts för att karaktärisera mikrobiotan i hästens träck har visat att hos hästar som utfodrats med hundäxinghö under 28 dagar var *Firmicutes* (44 %), *Verrucomicrobia* (4 %), *Proteobacteria* (4 %) och *Bacteroidetes* (4 %) vanligast förekommande, men också att 38 % var oidentifierade sekvenser vilket talade om att diversiteten i mikrobiotan i hästens träck är större än vad som beskrivits tidigare (Shepherd *et al.*, 2012). Studier av träckens (Dougal *et al.*, 2014; Zhu *et al.*, 2021a,b) och blindtarmens (Hansen *et al.*, 2015) mikrober hos hästar som utfodrats med olika foderstater har visat att mikrosammansättningen ändras beroende på foderstatens, även vallfodrets, sammansättning. Hur variationen i grovtarmens mikrobiota mer precist påverkar grovtarmens funktion och möjlighet att bryta ned olika typer av fiber eller andra substrat är inte känt i dagsläget, men det är möjligt att olika hästars grovtarmsmikrobiota är olika bra på att bryta ned olika fibertyper, och att det kan resultera i olika fibersmältbarhet för samma vallfoder hos olika hästar. Detta påvisades bland annat i en studie där vanligt lusern hö och lusern hö med reducerat ligninnehåll (men med samma proteinnehåll och energivärde) utfodrades till hästar och jämfördes med avseende på mikrosammansättningen i träcken. Hästarna i studien svarade individuellt på utfodring med det ligninreducerade lusernhöet med avseende på vilka mikrober som ökade eller minskade, men betydelsen av detta är oklar då några tydliga kopplingar till fibersmältbarheten inte kunde göras (Gomez *et al.*, 2021). I en annan studie (Fernandes *et al.*, 2021b) påvisades att mikrosammansättningen i träcken var stabil 96 h efter ett abrupt byte från direktskördad grönmassa från en vall bestående av engelskt rajgräs och klöver (ospecificerat vilken klöverart) till ensilerad lusern och timotej. Från samma studie rapporterades också att *Firmicutes* utgjorde strax över 60 % av bakterierna i träcken då hästarna utfodrades med ensilerad lusern och timotej och att *Bacteroidetes* utgjorde ca 35 % när hästarna utfodrades med direktskördat engelskt rajgräs och klöver (Fernandes *et al.*, 2021b).

Vallfodrets botaniska sammansättning och plantmognad kan också påverka miljön i hästens blindtarm och träck. När blindtarmsfistulerade hästar utfodrades med fri tillgång på hö av foderlösa (*Bromus inermis*) hade de högre pH i

blindtarmen än i träcken, och när de utfodrades med fri tillgång på lusern hade de högre pH i träcken än i blindtarmen (Sorenson *et al.*, 2021). Utfodring med lusern gav också högre VFA-halter i både blindtarm och träck jämfört med utfodring med foderlosta, vilket förmodligen berodde på att det högre proteininnehållet och lägre NDF-innehållet i lusernhöet ledde till en mer intensiv grovtarmsjäsning (Sorenson *et al.*, 2021). Det fanns dock inga generella skillnader i mikrobiotans sammansättning som berodde på vilken hötyp hästarna utfodrats med. Utfodring av hästar med hösilage skördat i tre olika plantmognader i förstaskörden från en och samma vall visade att träckens pH-värde var lägst och VFA-halten högre då hösilage skördat i den tidigaste plantmognaden användes (Müller, 2012). Detta återspeglade den högre smältbarheten hos det tidigt skördade vallfodret då en större andel av plantan kan brytas ned i hästens grovtarm och mer VFA bildas jämfört med vid nedbrytning av vallfoder med högre fiberinnehåll.

I en annan jämförelse av två foderstater som båda bestod av samma hösilage skördat i sen plantmognad (fröblandning 23 % hybridsvingel (Brauns festulolium), 21 % timotej, 17 % ängssvingel, 17 % engelskt rajgräs, 10 % hundäxing, 7 % hybridrajgräs och 5 % vitklöver (*Trifolium repens*)) och som antingen kompletterades med en skörd från samma gräsvall i tidigare plantmognad och en mindre andel sojamjöl, eller med lusernhösilage skördat i tidig blomning, framkom inga skillnader i det totala antalet bakterier, fibernedbrytande bakterier, svampar, protozoer eller flyktiga fettsyror i prover från grovtarm eller träck mellan de två foderstaterna. När hästarna utfodrades med dieten som innehöll lusern var pH-värdet lägre i blindtarmen och högre i träcken jämfört med när de utfodrades med gräs-sojadieten, där pH-värdet istället var högre i blindtarmen och lägre i träcken (Muhonen *et al.*, 2021).

Enteroliter

Enteroliter, även kallat tarmsten eller struvit, anses kunna bildas av överskott av ammoniumjoner, fosfat och Mg i grovtarmen hos hästar, vilka kan orsaka kolik (Hassel *et al.*, 2004, 2008, 2009). I en undersökning av riskfaktorer för enterolitförekomst hos hästar i USA framkom att utfodring med lusernhö ökade risken med tre till fyra gånger jämfört med om lusernhö inte utfodrades (Cohen *et al.*, 2000). Utfodring med foderstater som bestod av mer än 70 % lusern rapporterades öka risken för enterolitförekomst med 13 gånger och om foderstaten bestod till 50 % eller mer av lusern rapporterades risken öka med fem gånger (Hassel *et al.*, 2008). Jämförelser av tarminnehållet hos hästar med och utan enteroliter har dock visat att halten av Ca, Mg, P och S varit högre hos hästar som haft tarmsten jämfört med hästar som inte haft tarmsten, oberoende av om de utfodrats med lusernhö eller gräshö (Hassel *et al.*, 2009). Studierna av enteroliter

hos hästar har utförts i USA och det är i dagsläget oklart om jordmånen och dess inverkan på bland annat mineralinnehållet i de foder som odlas där kan förklara förekomsten av enteroliter. I dagsläget finns inga publicerade rapporter om enteroliter hos den svenska hästuppopulationen.

4.8. Vallfoders innehåll av socker och dess inverkan på hästar

En del hästar kan av hälsoskäl behöva utfodras med vallfoder med lågt innehåll av socker, även kallat icke-strukturella kolhydrater. Det gäller framför allt hästar som diagnosticerats med insulinresistens (IR), vilket innebär att hästen får ett onormalt högt insulinsvar på glukos som tas upp till blodet från tarmen (Lindåse, 2017), så kallad Cushings sjukdom (pituitary pars intermedia dysfunktion, PPID) (McGowan, 2008) och olika varianter av korsförämning som Polysaccharide Storage Myopathy (PSSM) (Firshman *et al.*, 2003). Sådana hästar har svårt att metaboliskt hantera socker och stärkelse. Insulinresistenta hästar och hästar med PPID har en ökad risk för fång, och hästar med PSSM har ökad risk för episoder av korsförämning med muskelskador om de utfodras med foder som har hög koncentration av socker och/eller stärkelse. Dessa hästar kan därför behöva utfodras med vallfoder med förhållandevis lågt innehåll av socker, efter det att kraftfoder med högt socker- och/eller stärkelseinnehåll har eliminerats ur foderstaten. För friska hästar med normal metabolism finns i dagsläget ingen information om hur eller om vallfodrets sockerinnehåll inverkar på hälsa, välfärd eller prestation.

4.8.1. Innehåll av socker i vallfoder

Innehållet av socker i vallfoder som odlas i det tempererade klimatet i Skandinavien är inte enhetligt och påverkas av ett flertal olika faktorer, både sådana som styrs av vallväxternas genetik liksom miljömässiga faktorer i samband med odling och skörd. De fraktioner som i huvudsak ingår i det man i dagligt tal kallar socker är glukos, fruktos, sukros och fruktaner. Fruktaner räknas inte som egentligt socker men utgör lagringskolhydrat för gräsen. Ett samlingsnamn för glukos, fruktos, sukros och fruktaner är lösliga kolhydrater eller ”water soluble carbohydrates” på engelska, vilket brukar förkortas WSC. Om även stärkelse inkluderas benämns fraktionen istället icke-strukturella kolhydrater (non-structural carbohydrates, förkortas NSC). I våra tempererade gräsarter finns ingen eller obetydlig koncentration av stärkelse, medan det i tropiska gräs samt i vallbaljväxter kan

finnas varierande mängd stärkelse. Stärkelsehalten i vallbaljväxter är dock betydligt lägre jämfört med i spannmål.

Glukos och fruktos är monosackarider som tas upp till blodet direkt från hästens tunntarm. En sukrosmolekyl består av en glukos- och en fruktosenhet, och bryts ned fullständigt i hästens tunntarm och tas upp som glukos och fruktos (Roberts, 1975; Dyer *et al.*, 2002). Absorberad glukos ger upphov till en stegring av blodglukoshalten och en efterföljande insulinrespons hos hästen. Fruktaner är kedjor av fruktos som kan vara olika långa, olika mycket förgrenade och ha olika typer av kemiska bindningar mellan fruktosenheterna. Hur och var fruktanerna bryts ned i hästens mag-tarmkanal är i dagsläget inte klarlagt. Hästen har inga enzymer i tunntarmen som kan bryta ned fruktanerna, men de sönderdelas vid låga pH-värden (Smith, 1973) och därför antas åtminstone en del fruktaner sönderdelas till antingen kortare fruktaner eller fruktos i den nedre delen av hästens magsäck där pH är så lågt som 2-2,5. De fruktaner som inte sönderdelas i magsäcken antas passera tunntarmen på väg till grovtarmen där de sedan jäses av mikroberna, men de skulle också kunna brytas ned mikrobiellt i begränsad omfattning före grovtarmen (Varloud *et al.*, 2004; Coenen *et al.*, 2006). På grund av detta glapp i kunskapen om fruktanernas nedbrytning är det oklart vilken betydelse fruktaner i vallfoder har för hästar både med och utan IR, PPID och PSSM. Höga doser av fruktaner har påvisats kunna orsaka grovtarmsstörningar i experimentella studier med hästar (Berg *et al.*, 2005; van Eps & Pollitt, 2006; Milinovich *et al.*, 2006), men de fruktaner som använts i dessa studier har inte varit av samma typ som de fruktaner som huvudsakligen förekommer i gräs, samt administrerats i mycket höga doser. Det är därför i dagsläget oklart vilken roll fruktaninnehållet i vallfoder spelar för hästars grovtarmsjämsning och hälsa.

Hur stor andel av vallfodrets innehåll av WSC eller NSC som utgörs av fruktaner eller av de andra fraktionerna varierar mycket. I en del kommersiella foderanalyser redovisas enheten ”socker” analyserad med NIRS utan att definiera vilka fraktioner som ingår i densamma, i andra analyser redovisas alla de olika fraktionerna analyserade med NIRS och i ytterligare några redovisas den totala halten av WSC analyserad med en enzymatisk-spektrofotometrisk (det vill säga kemisk) metod.

Innehållet och fördelningen av de olika fraktionerna av WSC varierar både med växtart, sort inom växtart och med olika miljöfaktorer som tillgång på växtnäringsämnen och vatten i marken, ljusintensitet, temperatur etc. (e.g. King *et al.*, 2012). I en studie redovisades timotejhö innehålla 66 g WSC per kg varav 34 g (51,5 % av WSC) var fruktaner (Bailey *et al.*, 2007). I en annan studie påvisades att hösilage skördat i tidig plantmognad (juni) innehöll högre halt WSC jämfört med hösilage som skördats från samma vall men i senare plantmognad (juli och augusti), och att andelen fruktaner av WSC var 5, 4 och 14 procent i hösilage skördat i juni, juli respektive augusti (Müller, 2012). I en amerikansk studie undersöktes hur WSC-innehållet i hundäxing varierade över dygnet från mitten av april till början

av juni (Kagan *et al.*, 2011), och resultaten visade att WSC-halten var högst på våren i både grönmassa och hö, samt att fruktanernas längd och förgreningsgrad var högst under tidig vår. Sukroshalten var knappt detekterbar i grönmasseprover medan den var upp till 120 g per kg ts i höproverna (Kagan *et al.*, 2011). Det fanns en dygnsvariation i hundäxings WSC-halt som oftast, men inte alltid, var högre på eftermiddagen än på morgonen. Hur WSC-halten varierade i fler gräsarter (hundäxing, ängsgröe (*Poa pratensis*), rajgräs och rörsvingel) över dygnet och växtsäsongen har undersökts i USA, med resultatet att WSC-halten generellt var högre på eftermiddagen än på morgonen och att den minskade ju längre fram på säsongen mätningarna gjordes (Kagan *et al.*, 2019). I en annan studie undersöktes innehållet av WSC i olika sorter av engelskt rajgräs, rörsvingel, hundäxing och ängsgröe från mitten av maj till slutet av oktober (Kramer *et al.*, 2020). Halten av WSC var generellt högst i maj, sjönk i juni till att vara lägst i juli och steg därefter igen i mitten av augusti och låg på en jämn platta i september och oktober, som dock var något lägre än i maj. Resultaten visade att WSC-halten berodde på såväl art, kvävegödsling, tid på dygnet som skördedatum, men vid nio av tio skördedatum hade engelskt rajgräs eller rörsvingel högst innehåll av WSC, även om ängsgröe vid enstaka tillfällen också hade samma WSC-halt som engelskt rajgräs och rörsvingel. Två av tre hundäxingsorter hade genomgående lägst innehåll av WSC (Kramer *et al.*, 2020). I en norsk-svensk studie där WSC-innehållet i olika vallarter som odlats på samma plats och skördats samtidigt vid tre olika tillfällen i första skörd rapporterades motsvarande resultat, att engelskt rajgräs konsekvent hade en hög och hundäxing en låg WSC-halt (Müller *et al.*, 2020).

Teffgräs (*Eragrostis tef*) har omtalats som ett möjligt alternativ till tempererade gräsarter för produktion av vallfoder för hästar som av olika anledningar behöver reducera sitt intag av NSC. Teffgräs är ett tropiskt gräs som liksom till exempel majs och vallbaljväxter använder stärkelse som lagringskolhydrat istället för fruktaner men i låg halt, och har en snabb tillväxt efter sådd. Teffgräs har rapporterats innehålla 48, 61 och 69 g WSC samt 6, 8 och 5 g stärkelse per kg ts när det skördats i tidig, medium och sen plantmognad för utfodring till hästar i USA (Staniar *et al.*, 2010). I en annan studie med teffgräs (Rodiek & Jones, 2012) angavs dock halten NSC vara ungefär detsamma som i lusern (runt 120 g per kg ts). Teffgräs har odlats i liten skala i Sverige men hur halten av socker och stärkelse i arten påverkas av odling i vårt tempererade klimat är i dagsläget inte känt.

4.8.2. Hästars respons på vallfoders innehåll av socker

I en studie (Borgia *et al.*, 2011) av hästar med och utan PSSM undersöktes glukos- och insulinresponsen hos hästarna då de utfodrades med olika hö med låg (40 g NSC per kg ts, ett tropiskt gräs kallat "Blue Grama" eller moskitgräs (*Boutelous*

gracilis), mellan (110 g NSC per kg ts, en ospecificerad gräsblandning) och hög (170 g NSC per kg ts, italienskt rajgräs (*Lolium multiflorum*)). När hästarna utfodrades med höet med låg NSC-halt fick de lägre insulinrespons jämfört med när de utfodrades med höet med hög NSC-halt. Insulinresponsen vid utfodring med höet med hög NSC-halt var så pass stor att episoder av korsförlamning kunde triggas hos hästarna med PSSM (Borgia *et al.*, 2011). För hästar med PSSM rekommenderades därför att vallfodrets NSC-innehåll bör understiga 170 g per kg ts.

Hästars glukos- och insulinrespons vid utfodring med hösilage med olika koncentration av WSC (40, 140 och 180 g per kg ts) har undersökts varpå det framkommit att insulinsvaret påverkades av vallfodrets WSC-halt (Lindåse *et al.*, 2018). Ett lägre innehåll av WSC gav lägre insulin svar hos islandshästar och otränade travhästar jämfört med ett högre WSC-innehåll. Hästarnas insulin svar påverkas dock inte enbart av vallfodrets WSC-halt utan också av hästarnas individuella insulinkänslighet (Lindåse *et al.*, 2018) och av det aktuella hullet (Ragnarsson & Jansson 2011; Jansson *et al.*, 2016). Hos insulinresistenta hästar har just hästens individuella insulinkänslighet påvisats vara av större betydelse än vallfodrets WSC-innehåll för insulinresponsen (Lindåse *et al.*, 2018). Tränande travhästar har rapporterats få ett högre insulin svar då fodret innehållit högre halt WSC, och det har hos sådana hästar även påvisats att inte bara WSC-halten utan även en hög råproteinhalt i vallfodret kan öka hästarnas insulin svar (Ringmark & Jansson, 2013).

5. Skörde- och konserveringsmetoder för vallfoder för hästar

Vallfoder konserveras vanligtvis genom torkning till hö (ts-halt över 84 %), ensilering till ensilage (upp till 50 % ts-halt) eller genom anaerob lagring som hösilage (över 50 % och upp till 84 % ts-halt). Artificiell torkning med hetluft är en metod som används för proteinrika vallgrödor som anses vara särskilt värdefulla, till exempel lusern eller tidigt skördat gräs. Sådant vallfoder utfodras vanligen som hackelse, pellets, kuber eller briketter. Ett annat sätt att bevara och lagra vallfoder är att syrakonservera det, det vill säga att tillsätta syra till nästan torrt foder vilket sänker pH-värdet och därmed förhindrar att nedbrytande mikroorganismer förstör fodret.

Hur stor andel av de olika konserveringsmetoderna som används på hästgårdar i Sverige är inte kartlagt, men en skattning gjord 2010 visade att strax över hälften av hästägarna använde inplastat vallfoder och strax över 70 % använde hö under vinterperioden, det var alltså vanligt att kombinera de båda fodertyperna (Enhäll *et al.*, 2012). Inplastat vallfoder var mer frekvent använt än hö hos professionella trav- och galopptränare samt på ridskolor och turridningsföretag i Sverige under samma tidsperiod (Enhäll *et al.*, 2012). I en kartläggning av utfodringen på 40 hästgårdar i Bayern, Tyskland (Schwarz *et al.*, 2005) framkom att hö från förstaskörden var det huvudsakliga vallfodret men också att inplastat vallfoder från återväxtskörden utgjorde en viktig del av hästarnas foderstater. Torrsubstanshalten i det inplastade vallfoder som användes i Bayern varierade från under 30 till över 70 % och bestod alltså av både ensilage och hösilage. I en kartläggning av näringsinnehållet i 40 olika höpartier som utfodrades på hästgårdar i västra Slovakien var ts-halten 82 till 95 %, rp-innehållet 51 till 126 g per kg ts och NDF-innehållet 500 till 720 g per kg ts (Galik *et al.*, 2016).

Olika konserveringsmetoder kan inverka på olika sätt på den kemiska och mikrobiologiska sammansättningen i vallfodret, vilket i sin tur kan påverka hur fodret smälts eller interagerar med hästens mag-tarmkanal. Vad de olika konserveringsmetoderna för vallfoder betyder för hästens digestion, ämnesomsättning och prestation samt för fodrets smältbarhet har undersökts i ett fåtal studier. Vid alla jämförelser av konserveringsmetodernas inverkan är en grundläggande förutsättning att samma ursprungsgröda använts för att en

jämförelse mellan just konserveringsmetoderna skall kunna göras. Sammanställningen av litteraturen på detta område har visat att så inte är fallet i ett flertal studier, och i dessa går det därför inte att särskilja effekter av konserveringsmetoder från till exempel skörd i olika plantmognad eller av olika grödor. Resultat från sådana studier har därför inte inkluderats i detta avsnitt av rapporten.

5.1. Konserveringsmetoder för vallfoder och dess inverkan på fodrets näringsinnehåll

Om vallfodret konserveras som ensilage eller hösilage kan påverka framför allt innehållet av socker och vissa vitaminer. Under ensileringen förbrukas socker i vallgrödan och jäses till i huvudsak mjölksyra av mjölksyrabakterier som finns naturligt på grönmassan. Ju lägre torrsubstanshalten är, desto intensivare blir ensileringen och desto mer av sockret omvandlas till mjölksyra. I hösilage är ensileringen inte lika intensiv och sockerhalten är därför vanligtvis högre i hösilage än i ensilage (Müller, 2005). Vid en jämförelse av grönmassa, ensilage, hösilage och hö från samma vall och samma skörd var WSC-innehållet högst i förtorkad grönmassa (101 g per kg ts) följt av hö (95 g per kg ts), hösilage (45 g per kg ts) och lägst i ensilage (24 g per kg ts) (Müller *et al.*, 2016). Andra variabler som skiljde sig åt mellan konserveringsmetoderna efter 3 månaders lagring av fodren var innehållet av smältbart råprotein som var lägre i hö (66 g per kg ts) än i ensilage och hösilage (ca 80 g per kg ts i båda) samt energivärdet som var något högre i ensilage (10,3 MJ OE per kg ts) jämfört med i hösilage och hö (ca 9,9 MJ OE per kg ts) (Müller *et al.*, 2016). Liknande resultat redovisades för innehållet av socker men inte för smältbart råprotein eller energivärde i en annan studie där ensilage, hösilage och hö producerades från samma vall och samma skörd (Müller *et al.*, 2008). I samma studie undersöktes också effekten av att minska WSC-halten i ensilage och hösilage med hjälp av ett biologiskt ensileringsmedel (det vill säga genom att tillsätta extra mjölksyrabakterier till de redan naturligt förekommande). Resultaten visade att det tillsatta medlet minskade fruktoshalten i ensilage men inte i hösilage (Müller *et al.*, 2016).

Innehållet av tokoferol (vitamin E) och betakaroten (förstadie till vitamin A) har rapporterats vara lägre i hösilage med 50 % ts-halt jämfört med i ensilage med 30 % ts-halt och hösilage med 60 % ts-halt i en studie där alla vallfodren kom från samma vall och samma skörd (Müller *et al.*, 2007). Anledningen till det var oklar, men väderlek och behandling av grönmassan i fält under förtorkningen påverkade förmodligen graden av nedbrytning av vitaminer. Efter 11 månaders lagring av

ensilage och de båda hösilagepartierna fanns 39-60 % av det ursprungliga tokoferolet och 33-86 % av det ursprungliga betakarotenet kvar. Betakaroteninnehållet räckte, även då endast 33 % fanns kvar, för att täcka det teoretiska behovet av vitamin A hos alla hästkategorier, medan tokoferolinnehållet endast kunde täcka underhållsbehovet av vitamin E och bara i en del av fodren. Hästar med högre behov av vitamin E, till exempel högpresterande hästar, växande unghästar samt högdräktiga och digivande ston, kan därför behöva få vitamin E från ytterligare en källa om de utfodras med ensilage eller hösilage.

5.2. Konserveringsmetoder för vallfoder och dess inverkan på smältbarhet och hästens digestion av vallfoder

5.2.1. Ensilage, hösilage och hö

Jämförelser av grovtarmsmiljön hos hästar som utfodrats med ensilage (35 % ts-halt), hösilage (55 % ts-halt) och hö (84 % ts-halt) som skördats vid samma tidpunkt och från samma vall har utförts (Müller *et al.*, 2008; Muhonen *et al.*, 2009). Resultaten visade att den enda skillnad som kunde härledas till hur vallfodret konserverats var antalet *Streptococci* spp. i grovtarmen (en bakteriefamilj som jäser socker och stärkelse) som var högre då hästarna utfodrades med hö jämfört med ensilage eller hösilage (Müller *et al.*, 2008). I samma studie undersöktes också fermentationskinetiken (det vill säga hur mikrobernas jäsningsprodukter ändrades över tid) i grovtarmen då de olika vallfodren utfodrades. Resultaten visade att det fanns små skillnader i olika variabler som beskrev grovtarmsmiljön, men att dessa skillnader var så små att de inte bedömdes ha någon betydelse för grovtarmens jäsningsfunktion (Müller *et al.*, 2008). I samma försöksmiljö undersöktes också hur plötsliga byten mellan hö, hösilage och ensilage (samma foder som beskrivits ovan) påverkade grovtarmens mikrosammansättning och jäsningsfunktion (Muhonen *et al.*, 2009). Inga förändringar i antalet av olika bakterier, fermentationsprodukter eller ts-halt i grovtarmen kunde noteras 28 h efter ett plötsligt byte från hö till ensilage eller från hö till hösilage. Två till tre veckor efter foderbytena fanns små förändringar i några av de olika grupperna av bakterier, men även dessa var mycket små och bedömdes sakna betydelse för grovtarmens jäsningsfunktion (Muhonen *et al.*, 2009). De båda studiernas resultat visar dock att hur vallfodret konserveras kan inverka på grovtarmens innehåll, men om eller vad denna inverkan betyder för till exempel hälsa och prestation på längre sikt har inte studerats.

Hur konserveringsmetoden för vallfoder inverkar på fodrets smältbarhet har undersökts, med varierande resultat. Hö och hösilage från samma timotejvall och från samma skörd hade samma smältbarhet för torrsubstansen, organisk substans och NDF både när det utfodrades till vuxna engelska fullblod och när smältbarheten undersöktes med laboriemetoder (Miyaji *et al.*, 2008a). I samma studie undersöktes också retentionstiden, det vill säga hur länge fodret stannade i de olika delarna av grovtarmen, men även den var densamma för hö och hösilage (Miyaji *et al.*, 2008b). I en annan studie (Muhonen *et al.*, 2008b) med högrepresterande varmblodiga travhästar undersöktes inverkan av konserveringsmetoden för vallfodret på smältbarhet, vätskebalans och prestation i två delförsök. I det första delförsöket användes ensilage (45 % ts-halt) och hö (82 % ts-halt) från förstaskörden på samma vall bestående av timotej och ängssvingel. I det andra delförsöket användes ensilage (41 % ts-halt) och hösilage (68 % ts-halt) från en återväxtskörd (timotej och ängssvingel), dock inte från samma vall som användes i det första delförsöket. Resultaten visade hästarnas totala vattenintag (från foder och dricksvatten) var högre och innehållet av plasmaprotein i vila lägre när de utfodrades med ensilage jämfört med hö, men det fanns ingen skillnad i den totala utsöndringen av vatten i urin och träck. Det betydde att evaporationen (avdunstningen från hud, slemhinnor och utandningsluft) måste ha varit högre då hästarna åt ensilaget. Ensilaget hade också högre smältbarhet för den organiska substansen jämfört med höet under dag 1-2 efter ett foderbyte, vilket sannolikt medfört större värmeproduktion från nedbrytningen av ensilaget i grovtarmen vilket i sin tur kunnat förklara den högre evaporationen. Hästarna genomgick standardiserade arbetstest i studiens andra delförsök då de utfodrades med ensilage och hösilage, och under och efter dessa test fanns ingen skillnad i puls, andning eller plasmans pH eller innehåll av protein och laktat (Muhonen *et al.*, 2008b).

5.2.2. Vallfoder som hackelse, pellets, kuber, briketter eller långstråigt hö

Att ersätta långstråigt hö helt eller delvis med pelleterat hö har undersökts med avseende på dess inverkan på både fodersmältning och beteende kopplat till födointag. I en studie ersattes lite mer än halva givan av långstråigt hö (med 75 g rp motsvarande 39 g smb rp per kg ts) med grönpellets (101 g rp motsvarande 64 g smb rp per kg ts) vilket medförde att grönpellets givan motsvarade ca 33 % av energimängden i den foderstaten. Resultaten visade att en del hästar inte ville äta grönpelletsen och att det förekom mer träätning hos de hästar som utfodrades med grönpellets (Peltonen *et al.*, 1978). I en annan studie med samma syfte, det vill säga att undersöka om pelleterat hö skördat i tidig plantmognad från en gräsvall med flera olika arter (186 g rp motsvarande 143 g smb rp samt 271 g växttråd per kg ts)

kunde ersätta ungefär halva den dagliga givan av långstråigt timotejhö (90 g rp motsvarande 53 g smb rp samt 352 g växttråd per kg ts), rapporterades att några av hästarna uppvisade trätning, koprofagi (träckätning) och konsumtion av ströbädden när de utfodrades med foderstaten med det pelleterade höet (Saastamoinen *et al.*, 1992). Detta indikerade att ättiden kan ha blivit för kort och att pelleterat vallfoder inte bör ersätta mer än halva den dagliga givan av långstråigt foder.

En jämförelse av pellets, hö och briketter som producerats från en och samma tredjescörd av lusern och som utfodrades i fri tillgång till 1-2 år gamla korsningsponnyer visade att pelletsen hade lägre smältbarhet för växttråd jämfört med hö och briketter (Haenlain *et al.*, 1966). I en annan studie påvisades smältbarheten vara densamma för en luserngröda som konserverats som långstråigt hö, hackelse, kuber och pellets och utfodrats till vuxna hästar (Todd *et al.*, 1995). Ett liknande resultat redovisades i en annan studie där smältbarheten för hö, kuber och pellets av lusern var densamma vid utfodring till engelska fullblodshästar (Takagi *et al.*, 2002). En motsvarande jämförelse av gräsfröhalm som utfodrats långstråigt, pelleterad, i kuber eller briketter visade att smältbarheten för råprotein och aska var densamma för de olika beredningsformerna, men för ADF, ts och cellväggskomponenter var smältbarheten lägre för pellets jämfört med för de övriga formerna (Schurg *et al.*, 1978). Resultaten från dessa studier visar att pelletering ibland verkar kunna sänka smältbarheten för fodret. En förklaring till detta skulle kunna vara att pelletering påverkar fodrets uppehållstid (retentionstid) i mag-tarmkanalen, vilket i sin tur kan påverka smältbarheten av framför allt fiber. Detta undersöktes i en studie med hö av lusern och hundäxing som utfodrades i hackad eller pelleterad form (Drogoul *et al.*, 2000a,b). Resultaten visade att retentionstiden var längre för det pelleterade höet än för det hackade, särskilt i grovtarmen, men det var inga skillnader i smältbarhet, pH-värde eller VFA-koncentration i grovtarmen.

Vilken inverkan vallfodrets strållängd har på smältbarheten har undersökts i studier med timotejhö som hackats till 3,5 cm längd före utfodring eller utfodrats långstråigt (Gallagher *et al.*, 1984), med storbalsensilage av engelskt rajgräs som hackats (efter konservering) till 7 cm före utfodring eller utfodrats långstråigt (29 cm), samt med hö av timotej och engelskt rajgräs som hackats till 5 cm före utfodring eller utfodrats långstråigt (18 cm) (Moore-Colyer *et al.*, 2003). Resultaten var desamma i studierna, hackningen inverkade inte på fodrets smältbarhet. Träckens sammansättning och hur den påverkas av strållängden på vallfodret som hästen utfodras med har också undersökts. I en jämförelse av utfodring av snittat (ca 7 cm nominell längd) och långstråigt hösilage (>25 cm) från samma vallskörd var träckens pH något lägre och ättiksyrahalten något högre med det snittade fodret (Müller, 2009). I samma studie var ts-halten och fördelningen av partiklar av olika storlek i träcken också densamma oavsett vilket hösilage hästarna utfodrades med.

Motsvarande resultat har rapporterats från en studie där hästar utfodrades med ett lusernhö, antingen långstråigt (20-40 cm) eller hackat (3-6 cm), utan några skillnader i träckens ts-halt, pH eller fördelning av partiklar av olika storlek (Robinson *et al.*, 2017).

5.2.3. Syrabehandlat hö

Att syrabehandla hö är ett sätt att konservera hö som inte hunnit torka fullständigt i fält eller som inte kan torkas färdigt via skultorkning. Syra tillsätts då för att förhindra mikroorganismernas tillväxt, och det är en konserveringsmetod som också används för fuktig spannmål. Oftast används propionsyra som enda eller huvudsaklig syra för syrakonservering av hö. Resultatet från en studie där torkat och syrabehandlat lusernhö och dess smältbarhet hos häst undersöktes visade att smältbarheten för ADF var högre för torkat än för syrabehandlat hö (Battle *et al.*, 1988). Foderintag och tillväxt hos unghästar som utfodrats med torkat jämfört med syrakonserverat lusernhö har i en annan studie påvisats vara densamma (Lawrence *et al.*, 1987).

5.3. Konserveringsmetoder för vallfoder och associationer med hästars hälsa och välfärd

I litteraturen finns en del studier där riskfaktorer för olika hälsotillstånd mellan olika utfodringsrelaterade hälsoproblem och specifika typer av vallfoder undersökts. Det är viktigt att skilja på riskfaktorer och orsakssamband. Riskfaktorer är faktorer som är förknippade med ett visst utfall men är inte nödvändigtvis orsaker till utfallet, och det finns i allmänhet inte möjlighet att påvisa orsaker från studier som är upplagda för att undersöka riskfaktorer. Studier av samband mellan olika utfodringsstrategier eller fodermedel och hälsoproblem hos hästar omfattar i de flesta fall riskfaktorer och inte orsaker, och har utförts på en avgränsad hästpopulation där flera faktorer kan påverka utfallet. Resultaten från sådana studier skall därför inte tolkas som påvisade orsaker, vilket är viktigt att komma ihåg.

I en prospektiv studie i Storbritannien (Suthers *et al.*, 2013) framkom att hästar som utfodrades med hö istället för med hösilage eller betesgräs löpte fyra till fem gånger högre risk för att drabbas av grovtarmsomvridning (volvulus). Ingen mer specifik information om utfodringen framkom i studien, och det är därför svårt att dra några slutsatser av resultatet, då många faktorer som skiljer mellan hö, hösilage och betesgräs kan vara betydelsefulla för grovtarmens funktion.

I en studie utförd med djursjukhusdata undersöktes riskfaktorer för olika typer av kolik hos hästar, där utfodring med pelleterat grovfoder rapporterades utgöra en riskfaktor för grovtarmsförstoppning (Morris *et al.*, 1989). I samma studie var det mindre vanligt att utfodra med lusern jämfört med andra grovfoder vid förstoppning i tunntarmen och mer vanligt att utfodra med lusern jämfört med andra grovfoder vid förstoppning i lilla kolon (Morris *et al.*, 1989). Studiens resultat visade att olika typer av vallfoder kan ha samband med ökad eller minskad risk för olika koliktyper, men det krävs andra studier för att vidare utröna hur de eventuella sambanden ser ut.

I en studie med enbart krubbitande hästar undersöktes olika riskfaktorer för att dessa hästar fick kolik (Escalona *et al.*, 2013). Risken för kolik var två gånger högre hos just dessa hästar när de utfodrades med hösilage jämfört med när de inte utfodrades med hösilage. Författarna till studien påpekade dock att det inte fanns någon mer detaljerad information om utfodringen av hästarna i studien och att till exempel den lägre torrsubstanshalten i hösilage jämfört med hö var en faktor som inte sällan förbisågs. Den utfodrade mängden torrsubstans riskerade då att vara lägre vid utfodring av hösilage jämfört med hö, något som skulle kunna spela roll för kolikuppkomsten. I samma studie framkom också att risken för kolik även var två gånger högre när hästarna uppvisade ökad frekvens krubbitning vid utfodring med vallfoder (oavsett typ av vallfoder), jämfört med när hästarna inte ökade frekvensen av krubbitning när de utfodrades med vallfoder. Det är från studiens resultat därför svårt att avgöra om det verkligen var vallfodertypen, den utfodrade mängden ts eller hästens krubbitningsfrekvens vid utfodring som spelade roll för den ökade kolikrisken hos dessa hästar.

Fri fekal vätska (FFV) är ett tillstånd som kännetecknas av att hästen uppvisar vätska separerad från träcken antingen helt fristående eller före, i samband med, eller efter träckavgång. Det finns i dagsläget inga kända orsaker till varför FFV uppstår, men en koppling till utfodring med inplastat vallfoder har diskuterats, trots att hästar som enbart utfodrats med hö och inte med inplastat vallfoder också uppvisat FFV (Lindroth *et al.*, 2022). I en svensk studie (Lindroth *et al.*, 2020) undersöktes om förekomst av FFV hos hästar var relaterat till hur hästen utfodrades. I en enkätstudie angav 58 % (av 339 respondenter) att hästen uppvisade mindre symptom på FFV när inplastat vallfoder byttes ut mot hö, 46 % angav att hästen blev bättre vid övergång från inplastat vallfoder till bete och 17 % angav att hästen blev bättre vid byte från ett vallfoderparti till ett annat, oberoende av typ av vallfoder (Lindroth *et al.*, 2020). I en fall-kontrollstudie på 50 hästar med och 50 hästar utan FFV visade resultaten att hästar med FFV utfodrades med mindre mängd lusern och halm, mer kraftfoder men samma mängd och samma partier inplastat vallfoder som hästar utan FFV (Lindroth *et al.*, 2021). Av de hästar som uppvisade FFV minskade symptomen hos 34 % vid en övergång från förstaskörd till återväxtskörd av inplastat vallfoder, för 9 % minskade symptomen vid övergång

från inplastat vallfoder till hö, och för 12 % minskade symptomen vid övergång från inplastat vallfoder till bete. För 4 % av hästarna med FFV minskade symptomen vid byte av vallfoderparti oavsett typ av vallfoder. Den existerande kunskapen stöder inte att utfodring med inplastat vallfoder generellt skulle orsaka FFV, men för hästar som uppvisar symptom på FFV rekommenderas dock att använda ett vallfoder som minskar symptomen på FFV då frekvent närvaro av fekal vätska kring anus och på bakbenens insida kan orsaka inflammation i huden (Lindroth *et al.*, 2020, 2021).

6. Hygienisk kvalitet i vallfoder

Fodrets hygieniska kvalitet kan också beskrivas som hur tjänligt fodret är. Det vallfoder hästen utfodras med skall inte öka risken för att den blir sjuk eller får nedsatt välfärd. I begreppet hygienisk kvalitet ingår både mikrobiologiska, kemiska och fysiska föroreningar. De mikrobiologiska föroreningar som omnämns omfattar främst olika mögelsvampar som *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., och endofytsvampar som *Epichloë* spp., bakterier som enterobakterier (tarmbakterier), klostridier, listeriabakterier och aktinomycceter samt jästsvampar. De kemiska föroreningarna omfattar i första hand mykotoxiner (mögelfgifter), toxinet botulin som bildas av vissa klostridiearter, endotoxiner som är substanser som finns i vissa typer av bakterier, toxiner som bildas av vissa insekter och antinutritionella substanser. Fysiska föroreningar utgörs främst av oavsiktlig kontaminering av fodret med främmande föremål eller växtdelar. Vallfodrets hygieniska kvalitet påverkas av både skörde- och lagringsförhållanden samt av hur fodret hanteras vid utfodring. Eftersom en nedsatt hygienisk kvalitet i foder inte kan åtgärdas i efterhand är det viktigt att förebygga att fodret blir förstört.

6.1. Analys och bedömning och av hygienisk kvalitet i vallfoder

För att avgöra ett vallfoders hygieniska kvalitet kan en sensorisk bedömning göras (det vill säga att titta, lukta och känna med händerna på fodret). En sådan bedömning kan ge en första ungefärlig indikation på fodrets generella hygieniska kvalitet, men talar inte om den mikrobiologiska sammansättningen eller om det finns några toxiner i fodret (e.g. Schenck *et al.*, 2019a,b). För det krävs mikrobiologisk odling i laboratorium samt kemisk analys av toxiner. Allra bäst samstämmighet mellan resultatet av en sensorisk bedömning och mikrobiologisk odling har påvisats för förekomst av mögelsvamp i hösilage (Wichert *et al.*, 2008; Schenck *et al.*, 2019a,b; Intemann *et al.*, 2022), medan det visats vara lägre samstämmighet för mögel- och mykotoxinförekomst i hö (Raymond *et al.*, 2000). Ibland anges att färgen på synlig mögeltillväxt på vallfoder kan visa vilken mögelart

det är, något som påvisats inte stämma då olika mögelarter kan ha samma färg när de växer på vallfoder (Schenck *et al.*, 2019a,b). Det är av betydelse då olika mögelarter har olika förmåga att bilda toxiner, och att anta att mögel av en viss färg inte är toxiskt är alltså inte korrekt.

För att mer specifikt ta reda på ett foders innehåll av olika mikroorganismer görs en mikrobiologisk odling på ett prov av fodret. Provet blandas med en vätska och mikrober odlas upp från blandningen på olika näringssubstrat för att bestämma antalet bakterier och svampar av olika släkter (Lacey & Dutkiewicz, 1976). Ett annat sätt att beskriva ett foders hygieniska kvalitet är att analysera halten av lipopolysackarider (LPS), vilka är en typ av endotoxiner. Endotoxiner är substanser som finns i vissa bakterier och som läcker ut när bakteriecellen dör. Lipopolysackarider i foder (och strömedel) kan generera en kraftig immunologisk reaktion hos hästen. I en tysk studie (Kamphues *et al.*, 1991) befanns LPS-halten vara lägre i hö som sensoriskt bedömdes vara av god hygienisk kvalitet (friskt utseende, frisk lukt, normal struktur/textur) jämfört med hö som sensoriskt inte ansågs vara av god hygienisk kvalitet (synligt damm vid skakning av höet, förekomst av jord, mal och andra insekter eller tydligt för låg torrsbstanshalt). Innehållet av LPS var högre i de minsta partiklarna (<0,2 mm) i höet och verkade dessutom vara högre i hö som producerats vid ogynnsamma väderförhållanden för höbärgning (Kamphues *et al.*, 1991).

För ensilage och hösilage kan även mikrobernas produkter analyseras för att bedöma om konserveringen varit lyckad, vilket också är en beskrivning av foderhygien. Då analyseras vanligen halten mjölksyra, ättiksyra, smörsyra, etanol och butandiol samt pH-värdet. Dessa variabler har större betydelse för bedömning av ensilage med en ts-halt under ca 50 % än i hösilage med en ts-halt över 50 %. I hö och hösilage kan vattenaktiviteten (a_w) tillföra information om möjligheten för bakterier och mögelsvampar att tillväxa (Gregory *et al.*, 1963). Vattenaktiviteten är ett mått på mängden tillgängligt vatten för mikroberna (vilken påverkas av såväl torrsbstanshalt som andra ämnen som påverkar det osmotiska trycket, till exempel socker, syror och salter) och måste vara under 0,70 i hö för att det skall vara lagringsstabil. Det är en variabel utan enhet och definieras som materialets jämvikt med den relativa luftfuktigheten, det vill säga ett material med vattenaktiviteten 0,70 kommer att ta upp vatten från luft med högre relativ fuktighet än 70 % och avge vatten till luft med lägre än 70 % relativ fuktighet. Ju högre a_w i fodret, desto större möjligheter för bakterier och svampar att tillväxa.

6.2. Skörde- och lagringsförhållanden och dess inverkan på vallfodrets hygieniska kvalitet

Både skörde- och lagringsförhållanden kan inverka på vallfodrets mikrobiologiska sammansättning och hygieniska kvalitet. Från en svensk studie (Schenck och Müller, 2014) redovisades att skördetidpunkten kan inverka på den mikrobiella sammansättningen i fodret då antalet jäst- och mögelsvampar samt enterobakterier var högre i hösilage som skördats i augusti jämfört med i juni, även om samtliga foder hade en acceptabel hygienisk kvalitet och lika lång lagringsstabilitet (mätt som temperaturstegring) efter att balarna öppnats.

För att bibehålla en hög hygienisk kvalitet i vallfoder behöver det lagras på rätt sätt. Inplastat vallfoder behöver skyddas mot syreinträde i fodret (*e.g.* Schenck *et al.*, 2019b), och hö behöver både vara tillräckligt torrt vid bärgningen alternativt skulltorkas, samt skyddas mot fukt under lagringen (Gregory *et al.*, 1963; Lacey, 1989). Lagringsperiodens längd behöver i sig inte innebära försämrad hygienisk kvalitet så länge fodret förvaras rätt. Hö, hösilage och ensilage som skördats samtidigt från samma vall och lagrats i tre eller tolv månader uppvisade inga försämringar i hygienisk kvalitet vid månad 12 jämfört med månad 3 (Müller *et al.*, 2015). I en annan studie undersöktes inverkan av lagringstid för hösilage på antalet bakterier och svampar i fodret (Müller *et al.*, 2011). Hösilage på 18 hästgårdar provtogs under hösten och den efterkommande våren och proverna analyserades för innehållet av bakterier, svampar och fermentationsprodukter. Resultaten visade att ingen förändring skedde från höst till vår i hösilageproverna i någon av de analyserade variablerna.

Att oskyddat hö kan utsättas för ökad risk för mögeltillväxt under lagring påvisades i en svensk studie (Sundberg *et al.*, 2008). Skulltorkat hö i små fyrkantsbalar som lagrats i stack med endast det översta horisontella lagret av balar exponerat för den omgivande miljön provtogs på tre djup: i ytskiktet, 30 och 60 cm ned i stacken med 1,5 månaders intervall från oktober till maj. Resultaten visade att den höyta som var exponerad för omgivningen snabbt fick en ökad fukthalt vilket möjliggjorde tillväxt av mögelsvampar. Vid provtagningen i november var totalantalet mögel i höet omfattande och uppgick till halter som anses beteckna otjänligt foder. De mögelsvampar som återfanns mest frekvent och i högst halter var *Wallemia sebi* och *Aspergillus* spp., men även *Penicillium* spp. och *Eurotium* spp. påträffades. I de underliggande ballagren skedde också en uppfuktning och mögeltillväxt, men inte i samma omfattning som i höets exponerade yta och inte till oacceptabla nivåer. Vattenaktiviteten i de underliggande ballagren översteg inte 0,70 vilket begränsade mögelsvampars möjlighet att tillväxa där. Resultaten av studien visade att hö behöver skyddas mot återfuktning under lagringen, och att en skyddstäckning behöver läggas över höet så snart som möjligt efter det att höet torkats klart och innan luftfuktigheten ökar på hösten, för att begränsa uppfuktning

och efterföljande mögeltillväxt i höet. Sådan skyddstäckning kan till exempel utgöras av halmbalar (Sundberg *et al.*, 2008).

Många hästgårdar i Sverige är små och har en förhållandevis låg daglig förbrukning av vallfoder. Det kan försvåra användningen av de traditionella storbalar, runda eller fyrkantiga, som ofta används på gårdar med ett större djurantal då de kan innehålla från ca 200 till över 600 kg foder beroende på balvolym, baldensitet och torrsbstanshalt. Inplastat vallfoder är färskvara så snart balen öppnats och fodret behöver förbrukas inom tre till sju dagar beroende på omgivningstemperaturen (Müller, 2009; Müller & Johansen, 2020). Ett intresse för inplastat vallfoder i mindre balar mer anpassade för en lägre daglig åtgång finns därmed. Ett sätt att producera inplastat vallfoder i mindre balar är att använda sig av en vanlig glidkolvspress för torra foder som hö och halm för att pressa ensilage eller hösilage i fält som sedan plastas in med hjälp av en inplastare anpassad för mindre balar (Müller, 2005). Fermentationskvaliteten och den mikrobiologiska sammansättningen i sådana ensilage- (35 % ts-halt) och hösilagebalar (50 % ts-halt) bedömdes vara god, och vid användning av ensileringsmedel (kemiska och biologiska) påvisades en förbättring av den hygieniska kvaliteten, framför allt i ensilage, genom att tillväxten av mögel i fodret begränsades efter öppning av balarna (Müller, 2005). Ett annat sätt att anpassa balstorleken efter lägre daglig åtgång är att pressa om ensilage eller hösilage från storbalar till småbalar efter avslutad konservering av storbalarna. I en studie där effekten av ompressning på fodrets energivärde, näringsinnehåll och mikrobiologiska sammansättning undersöktes framkom att inga stora förändringar skedde på grund av ompressningen (Müller & Johansen, 2020). Vid öppning av balarna var fodret lagringsstabil då baltemperaturen följde omgivningstemperaturen i 6-8 dagar vid en omgivningstemperatur på 10-12 °C, och i 14 dagar då omgivningstemperaturen var runt 0 °C.

6.3. Mögelsvampar och respirabla partiklar i vallfoder

En av de främsta anledningarna till att mögelförekomst i vallfoder behöver vara begränsad är framför allt dess koppling till obotliga luftvägsproblem hos hästar. Redan på 1940-talet beskrevs samband mellan uppkomst av det som då kallades kvickdrag (idag ekvin astma, EA), och förekomst av mögel i vallfoder och strömedel (Morgan, 1940). Hö med synligt mögel ansågs kunna orsaka både kroniska luftvägsproblem och aborter hos hästar, trots att den specifika sjukdomsutvecklingen inte var känd (Obel & Schmitterlöw, 1948). Andra namn som använts för att beskriva sjukdomen är kronisk bronkit, kronisk obstruktiv lungsjukdom (chronic obstructive pulmonary disease, COPD), återkommande

luftvägsobstruktion (Recurrent Airway Obstruction, RAO) och i dagsläget används oftast begreppet EA. Ekvin asthma är en multifaktoriell sjukdom som beror av både miljöfaktorer och genetiska förutsättningar för att utveckla sjukdomen (Marti *et al.*, 1991). Flera studier har påvisat att hästar med EA har tydliga antikroppssvar mot sporer av olika mögelarter inkluderande till exempel *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp., *Alternaria alternata* samt mot aktinomyceter som *Micropolyspora faeni* (nuvarande namn *Faenia rectivirgula*) och *Thermoactinomyces vulgaris* (Asmundsson *et al.*, 1983; Künzle *et al.*, 2007). Det innebär dock inte att dessa mikroorganismer är orsaker till EA, endast att hästen varit exponerad för dem. De nämnda mikroberna är liksom endotoxiner vanligt förekommande i många olika foder och strömedel, även om de ofta finns i högre halt i respirabla (inandningsbara) partiklar i mögelskadade foder (Cross & Macivet, 1968; Madelin *et al.*, 1991; Dirscherl *et al.*, 1993; McGorum *et al.*, 1993; McGorum *et al.*, 1998). I flera studier där olika behandlingar för EA testats har upprepad exponering för mögelskadat hö använts som provokation för att kunna utvärdera hur väl behandlingarna fungerat (Tesarowski *et al.*, 1996). En faktor som är viktig för att både minska risken för att sjukdomen utvecklas och för att lindra symptomen hos en häst med redan utvecklad EA är således att minimera mängden respirabla partiklar i hästens omgivning (Dixon *et al.*, 1995).

6.3.1. Respirabla partiklar och mögelsvampar i vallfoder och dess inverkan på stallluftens kvalitet

I studier där mängden respirabla partiklar uppmätts i olika typer av foder har inplastat vallfoder påvisats innehålla lägre halter jämfört med hö som varit av ”synbart god kvalitet” (Raymond *et al.*, 1997; Vandenput *et al.*, 1997; Seguin *et al.*, 2010a, 2010b). Mängden pollen, som också räknas som respirabla partiklar, kan däremot vara högre i hösilage jämfört med i hö (Seguin *et al.*, 2010b). Mängden respirabla partiklar var i en studie (Vandenput *et al.*, 2007) tio gånger högre i hö än i ensilage med knappt 50 % ts-halt, hösilage med 78 % ts-halt och lusernpellets, även då jämförelsen gjordes med hö av synligt god hygienisk kvalitet (det vill säga då inget damm syntes när höet skakades). I samma studie innehöll höet och hösilaget högre antal av arterna *Aspergillus fumigatus*, *Faenia rectivirgula* och *Thermoactinomyces vulgaris* jämfört med ensilaget och i lusernpelletsen (Vandenput *et al.*, 2007). I en annan studie (Raymond *et al.*, 1997) jämfördes hö av lusern och timotej med lusernkuber och en kommersiell hösilageprodukt, varvid antalet respirabla partiklar av olika storleksfraktioner var 100 gånger högre i höet jämfört med de övriga testade vallfodren. I en fransk studie (Seguin *et al.*, 2010b) påvisades att fukthalten i hö och när/hur mycket regn som fallit på höet i fält var den faktor som spelade störst roll för mögelmängden. Balpressning vid 75 % ts-halt

innebar tydligt högre halter av mögel liksom av endotoxin och mykotoxinet zearalenon, jämfört med om balpressningen utfördes vid högre ts-halt (Seguin *et al.*, 2010b). En jämförelse av mängden respirabla partiklar i lusernhö av synbart god hygienisk kvalitet, lusernhö av synbart nedsatt hygienisk kvalitet och lusernkuber gjorda av direktskördad och hetluftstorkad lusern visade att partikelmängden var mycket låg i lusernkuberna medan den var densamma i de båda partierna med lusernhö (Raymond *et al.*, 1994). I samma studie visades också att det hö som hade synbart nedsatt hygienisk kvalitet innehöll en förhållandevis hög andel avföring från kvalster, vilka äter mögelsporer men själva är allergena för både hästar och människor. Dammet från lusernkuberna innehöll inte mögelsporer i någon större omfattning (Raymond *et al.*, 1994).

I stallar som använt ensilage och kutterspån har koncentrationen av respirabla partiklar och endotoxiner påvisats vara lägre än i stallar som istället använt hö och halm, och då ensilage och kutterspån användes var koncentrationen av endotoxiner i dammet lika låg som i betessystem (McGorum *et al.*, 1998). I en annan studie påvisades att stallluftens innehåll av damm och mögel var två gånger högre och halten endotoxiner tre gånger högre då hö och halm användes jämfört med då hösilage och kutterspån användes (Siegiers *et al.*, 2018). Ett liknande resultat rapporterades i en studie där ett byte från hö till hösilage medförde att den genomsnittliga halten respirabelt damm i stallluften minskade med 60-70 % och den högsta uppmätta halten av damm minskade med 76-93 % (Clements & Pirie, 2007a). I samma studie påvisades också att ett byte från hö till hösilage innebar en markant större reduktion i halten respirabelt damm jämfört med ett byte av strömedel från halm till kutterspån. Halterna av damm och endotoxiner i luften i hästars andningszon har i en annan studie påvisats vara lägre då hösilage och kutterspån eller hösilage och gummimattor användes jämfört med hö och kutterspån eller hö och halm (Whittaker *et al.*, 2009). I samma studie rapporterades också ett samband mellan halten av damm och halten av endotoxin- ju mer damm, ju högre halt endotoxin i luften.

Jämförelser av antalet respirabla partiklar i olika typer av vallfoder har påvisat att de i torrt lusern/timotejhö var 100 gånger högre än i samma hö som blötlagts i 30 minuter och därefter droppats av i 5 minuter, lusernkuber eller en kommersiell hösilageprodukt (Raymond *et al.*, 1997). Försök att separera bort damm från hö och hösilage har visat att hösilage redan före dammseparationen innehöll lägre halt respirabla partiklar jämfört med höet, samt att dammseparationen var mindre effektiv för hösilaget eftersom startvärdet var lägre i det jämfört med i höet (Garlipp *et al.*, 2010).

Specifika vallväxter kan också bidra mer eller mindre till mängden respirabla partiklar i fodret. I en studie rapporterades att luddtåtel (*Holcus lanatus*) genererade mer respirabelt damm än vitklöver, engelskt rajgräs, kärrkavle (*Alopecurus geniculatus*) och kärrgröe (*Poa trivialis*), men också att det dammet innehöll lägst

andel mögelsporer jämfört med dammet från de andra växterna (Seguin *et al.*, 2010a). Dammet från luddtåtel bestod till stor del av fraktioner av de hårlika strukturer som denna art har, dessa hår förstörs i den mekaniska bearbetningen under höproduktionen och skapar därmed den högre koncentrationen av respirabelt damm. Författarna drog slutsatsen att luddtåtel därför bör undvikas i hästfoder (Seguin *et al.*, 2010) och i vissa delar av världen anses luddtåtel vara ett besvärligt ogräs.

6.3.2. Inverkan av vallfoders respirabla partiklar, mögelsvampar och endotoxiner på hästars luftvägar

Hur halten av respirabla partiklar i olika foder inverkar på hästar och deras luftvägar har undersökts i ett flertal studier. I en studie där lungfunktionen hos hästar med EA undersöktes framkom att det inte var någon skillnad i densamma då hästarna vistats under två månader på bete (och var symptomfria) jämfört med då de vistats i stall där ensilage och kutterspån användes (Vandenput *et al.*, 1998a). Det fanns inte heller någon skillnad i den uppmätta lungfunktionen mellan friska hästar utan EA och hästarna med EA efter att de vistats i stall med ensilage och kutterspån. När hästarna med EA kom i kontakt med hö utvecklade de däremot åter symptom på EA (Vandenput *et al.*, 1998b). Motsvarande resultat rapporterades i en annan studie (Franchini *et al.*, 2000) där en viss typ av inflammationsmarkörer (IL-8) i lungsköljprover från hästar med EA var lägre då hästarna utfodrades med ensilage jämfört med då de utfodrades med hö under två veckors tid. I samband med stegringen av IL-8 som uppkom vid höutfodringen utvecklade hästarna också symptom på EA, vilket de inte uppvisade då de utfodrades med ensilage (Franchini *et al.*, 2000). En annan typ av inflammationsmarkörer (IL-4) i lungsköljprov har i en studie med arbetande hästar påvisats i lägre koncentration då hästarna utfodrades med hösilage av lusern och gräs jämfört med lusernhö (Olave *et al.*, 2021). Hästarnas exponering för luftburet damm rapporterades i samma studie vara tre gånger lägre när de utfodrades med hösilaget jämfört med höet, trots att de i övrigt vistades i samma miljö (Olave *et al.*, 2021). Studiens resultat visade att utfodring med hösilage istället för hö till hästar i träning kan minska hästarnas exponering för luftvägsirriterande ämnen samt lindra inflammatoriska reaktioner i hästarnas luftvägar.

Det finns också undersökningar av vilka vallfoder som används till hästar med EA, och i dessa har det framkommit att många av dessa hästar utfodras med hö istället för med andra vallfodertyper (Dixon *et al.*, 1995; Hotchkiss *et al.*, 2007; Ramseyer *et al.*, 2007). Det är viktigt att notera att denna typ av studier inte kan påvisa några orsaker till EA, och att syftet med dem har varit att ge en översikt av vilka faktorer som kan tänkas vara intressanta att undersöka vidare. I en brittisk

studie av historiska och kliniska fynd hos 270 hästar med EA (Dixon *et al.*, 1995) var det över 80 % av hästarna som utfodrades med hö och ca 11 % som utfodrades med ensilage. I en annan brittisk studie uppskattades att 14 % av hästarna i Storbritannien hade EA och att en riskfaktor för att hästen utvecklade EA var exponering för hö i tidig ålder (Hotchkiss *et al.*, 2007). I ytterligare en studie (Ramseyer *et al.*, 2007) där både genetiska och miljörelaterade riskfaktorer för EA hos hästar undersöktes rapporterades att den typ av vallfoder som hästarna utfodrades med var associerad till högre eller lägre risk för EA. Hästar som utfodrades med hö hade ungefär tre gånger högre risk för att visa mer allvarliga symptom på EA jämfört med hästar som utfodrades med hö tillsammans med ett annat grovfoder (höpellets, blötlagt hö, ensilage, halm) eller jämfört med hästar som inte utfodrades med hö alls utan gavs ensilage eller hösilage istället. I samma studie redovisades också att hästar som utfodrades med blötlagt hö hade 2,8 högre risk att visa mer allvarliga symptom på EA jämfört med hästar som utfodrades med ensilage eller hösilage istället för hö (Ramseyer *et al.*, 2007).

På vilket sätt hästen utfodras med vallfoder har också angetts kunna påverka luftvägshälsan. I en studie (Robinson *et al.*, 2006) rapporterades att risken för luftvägsinflammation var högre då hästar utfodrades med hö i stora rundbalar jämfört med hö i små fyrkantsbalar. Författarna angav att förklaringen låg i att hästar som utfodrades med rundbalshö fick tillgång till hela balen och att de då åt inifrån rundbalens kärna och därmed hade näsborrarna inne i balen, vilket antogs öka antalet respirabla partiklar i inandningsluften. Andra förklaringar kan dock också finnas; stora rundbalar innehåller mer foder och räcker därför längre, vilket kan innebära att en utställd rundbal med hö exponeras för väder och vind under längre tid jämfört med begränsade givor som ges från små fyrkantsbalar. Risken för uppfuktning av höet i utställda balar med efterföljande mögeltillväxt kan därmed öka. Det är också känt att balkärnan i stora rundbalar kan ha mögeltillväxt om höet inte är helt torrt vid bärgningen, eftersom det är svårare att genomlufta kärnan i rundbalar än det är med små fyrkantsbalar. Skulltorkning av rundbalat hö kan bara ske effektivt med speciella torksystem som effektivt trycker luft genom hela balen (till exempel spjut som för luft in i balens kärna). Med en vanlig skulltork (trapetstork eller planbottentork) är risken stor att luften passerar mellan och inte genom rundbalarna, vilket riskerar ge en otillräcklig torkning och högre risk för mögeltillväxt.

6.3.3. Mögel och mykotoxiner i vallfoder och deras inverkan på hästar

Mykotoxiner är gifter som bildas av mögelsvampar. En viss mögelart kan bilda ett eller flera olika mykotoxin, och en del mykotoxin kan bildas av mer än en mögelart.

Hö infekterat med mögelsvampen *Stachybotrys alternans* kan orsaka allvarliga hälsoproblem hos både hästar och människor genom sin produktion av mögelgiftet satratoxin, som irriterar hud och slemhinnor i munhålan och mag-tarmkanalen. Studier från 1940-talet i Ukraina visade att hö som lagts i stack och som infekterats med mögelarten orsakade mykotoxinförgiftningen stachybotryotoxikos hos hästar. Infekterat hö var svart till färgen och orsakade symptom hos hästarna 36 h efter att de utfodrats med det, och fortsatt utfodring med det infekterade höet under tre veckor ledde till att hästarna dog (Drobotko, 1945). Förgiftning rapporterades ske i tre steg där det sista steget omfattade dödsfall, men de flesta hästar återhämtade sig från steg 1 och 2 om det infekterade fodret togs bort. Infektion av hö med svamparten har rapporterats ske framför allt vid fuktiga lagringsförhållanden (Drobotko, 1945).

Hästar kan drabbas av slaframinförgiftning, på engelska kallat ”salivary syndrome” eller ”slobbers” efter det huvudsakliga symptomet på förgiftningen (Hagler & Behlow, 1981). Orsaken är mögelsvampen *Rhizoctonia leguminicola* som kan infektera rödklöver i fält och där bilda toxinet slaframin som följer med vid skörd. Infekterad rödklöver har svarta fläckar på sina blad. Toxinet orsakar framförallt extrem salivering hos hästar, och förgiftade hästar har rapporteras salivera så mycket att det bildas en stor pöl av saliv under dem. Slaframinhalten i rödklöverhö avtar med ökad lagringstid och efter 10 månaders lagring har halten slaframin påvisats minska från 50-100 ppm till ca 7 ppm och inte längre ha någon biologisk aktivitet (Hagler & Behlow, 1981).

I en undersökning av mängden mögel och mykotoxiner i hö av lusern och timotej på tio hästgårdar i Kanada (Raymond *et al.*, 2000) rapporterades att hälften av höproverna efter 11 månaders lagring innehöll halter av mykotoxiner, mögel och aktinomyceter som kunde ha betydelse för hästhälsan. De höprov som innehöll mest mögel och mykotoxiner bestod också av högre andel lusern än övriga, sannolikt på grund av att lusern ofta pressas vid lägre ts-halt för att inte de näringsrika bladen skall förloras i fält när grödan är torr och spröd, vilket också ökar risken för mögeltillväxt (Raymond *et al.*, 2000). Av de mykotoxiner som analyserades (deoxynivalenol (DON), T2-toxin och zearalenon) var halten av DON högst. Effekter av DON på häst har översiktligt beskrivits omfatta nedsatt aptit, sår eller cellförändringar i mag-tarmkanalen inklusive munhålan, nedsatt immunförsvar, onormal trötthet, ostadighet samt reproduktionsstörningar (Caloni & Cortinovic, 2010). I en annan undersökning av förekomsten av mögel och mykotoxiner i irländskt hö och hösilage samt kanadensiskt hö (som alla användes för utfodring av hästar på galoppbanor), rapporterades att hälften av det irländska och 13 % av det kanadensiska höet samt 37 % av hösilaget innehöll sjukdomsframkallande mögelarter, samt att mykotoxinet zearalenon fanns i 21 % av de irländska höproverna (Buckley *et al.* (2007). En kartläggning av den hygieniska kvaliteten i olika typer av vallfoder på 46 hästgårdar i Schweiz visade att inplastat vallfoder

generellt sett var av god hygienisk kvalitet, men att 80 % av höproverna överskred de nationella riktlinjerna för maximalt antal jästsvampar och att DON endast återfanns i ett av höproverna (Wichert *et al.*, 2008). Jästsvampar anses i sig inte vara skadliga då de inte bildar mögelsporer eller toxiner, men de är en del av förskämningsfloran och kan förkorta fodrets hållbarhet samt skapa varmgång. Varmgång i foder medför att skadliga mögelarter som till exempel *Aspergillus fumigatus* eller bakterier tillhörande *Bacillus* spp. kan börja tillväxa.

I en norsk-svensk studie (Schenck *et al.*, 2019b) där innehållet av mögel och mykotoxiner i inplastat vallfoder undersöktes på 124 gårdar förekom mögel (påvisat med minst en av tre olika metoder) i fodret hos 89 %. Mykotoxiner påträffades i 39 av 100 foderprov från samma gårdar (Schenck *et al.*, 2019b). Den mögelart som mest frekvent påträffades på balarnas yta var *Penicillium roqueforti*, och de mykotoxin som var mest frekvent förekommande var Enniatin B (14 av 100 gårdar) följt av DON (12 av 100 gårdar). Enniatin B är en substans som bildas av *Fusarium*-arter men dess inverkan på hästens hälsa är inte känd i dagsläget. I samma studie rapporterades också att risken för att påträffa mögel i balarna var högre om färre än åtta lager sträckfilm användes vid inplastningen, om ts-halten i fodret översteg 60 %, om balarnas uppmätta täthet var kortare än 10 sekunder och om fodret hade förhöjd halt av ättiksyra och/eller etanol (Schenck *et al.*, 2019b). En ökande halt av totalt antal mögel i fodret ökade också risken att det fanns mykotoxiner i fodret (Schenck *et al.*, 2019b).

I en retrospektiv studie undersöktes samband mellan den hygieniska kvaliteten i hö och hösilage och inrapporterade hälsostörningar på hästar (Intemann *et al.*, 2022). Både en sensorisk bedömning av fodrets hygieniska kvalitet och en mikrobiologisk analys ingick i studien, och dessa båda metoder jämfördes med varandra. Den sensoriska bedömningen gav en indikation på det mikrobiologiska analysresultatet, men de båda metoderna var inte helt överensstämmande och bäst stämde den sensoriska bedömningen för förekomsten av mögel i hösilage. Det fanns generellt mer mögel och även större förekomst av *Aspergillus fumigatus* i hö än i hösilage. Torrsubstanshalten i hösilage påverkade också hur mycket mögel det fanns i fodret – vid ts-halter från 50 till 70 % var mögelantalet lägst och över 70 % ts-halt var mögelantalet högre och antalet *A. fumigatus* fler. Torrsubstanshalten i hö påverkade inte antalet mögel men under 86 % ts-halt var antalet jästsvampar högre jämfört med vid ts-halter över 86 %. Mögelarten *Aspergillus* spp. detekterades oftare och i högre halt i foderprov som påtalats inducera hosta hos hästar. Några andra associationer mellan foderprovens hygieniska kvalitet och inrapporterade hälsoproblem som till exempel mag-tarmstörningar eller leverskada kunde inte påvisas (Intemann *et al.*, 2022).

I en studie där förekomsten av olika mögelarter och metaboliter från mögel undersöktes i hö och hösilage rapporterades att mögelsläktet *Sordaria* spp. var vanligt förekommande i både hö- och hösilageproverna medan *Aspergillus* spp.

främst förekom i hö och *Penicillium* spp. främst fanns i hösilage (Andersen *et al.*, 2020). Det fanns fler metaboliter (omsättningsprodukter) i hösilage än i hö, men långt ifrån alla av dessa var toxiner. Höet och hösilalet i studien kom inte från samma gröda, så någon jämförelse av vare sig de ingående gräsarterna eller konserveringsmetoderna kunde göras i denna studie.

6.3.4. Effekter av att utfodra mögelskadat vallfoder till hästar (utöver luftvägslidanden)

I litteraturen finns ett antal rapporter över konsekvenserna av att utfodra hästar med mögelskadat vallfoder. I en fallrapport från Förenade Arabemiraten (Wernery *et al.*, 1996) insjuknade polohästar hastigt i intestinal klostridios (överväxt av bakterien *Clostridium perfringens* typ C i grovtarmen) med kraftig och allvarlig diarré efter att ha utfodrats med hö med kraftig tillväxt av mögel. Mögelsvamparna i höet identifierades som tillhörande *Fusarium* och *Aspergillus* men ingen närmare bestämning av arterna gjordes, inte heller någon analys av mykotoxiner. Åtta av 14 exponerade hästar dog, och de som överlevde uppvisade tecken på leverskada typisk för aflatoxinförgiftning (Wernery *et al.*, 1996). Aflatoxiner är mykotoxiner som kan bildas av olika *Aspergillus*-arter, och de är kända för att kunna orsaka bland annat leverskada hos hästar (översiktligt beskrivet av Caloni & Cortinovic, 2011). Infektioner orsakade av mögelsvamp, så kallade mykoser, kan få allvarlig utgång. Ett fall av mykos på tre hästar som vistats i ett stall där möjligt hö användes som strö resulterade i att mögelarterna *Aspergillus niger* och *Rhizopus stolonifer* infekterade hästarnas lungvävnad och att alla hästarna dog inom en vecka efter att de börjat visa de första symptomen (Carrasco *et al.*, 1997). Ett annat fall av exponering av hästar för möjligt hö med högt innehåll av *Aspergillus* spp. ledde till urtikaria (nässelfeber) hos en häst med EA samt till ökad bukandning (ett av symptomen på EA) hos flera hästar (Alström & Lauritzson, 1953). Hästarna hade utsatts för det möjliga höet genom att de var uppstallade nära hönedkastet från skulle till stall.

Riskfaktorer för kolik kartlades i en amerikansk studie och resultaten visade att bland annat utfodring med rundbalshö ökade risken för kolik med 2,5 ggr jämfört med att inte utfodra med rundbalshö (Hudson *et al.*, 2001). Orsaken till den högre risken undersöktes inte vidare i studien, men studiens författare framförde att rundbalshö ofta lagrades utomhus och utsattes för väder och vind, vilket med fog kan antas försämra den hygieniska kvaliteten i höet och öka risken för särskilt mögeltillväxt.

Växande åringar som utfodrats med samma lusernhö som antingen varit av god hygienisk kvalitet, regnskadat eller möjligt har uppvisat olika stor tillväxt (Jack *et al.*, 1989). Det mögelskadade höet bekräftades ha högre antal mögelkolonier än de

båda andra höpartierna vid mikrobiologisk analys, men i övrigt var höpartierna lika och skördade vid samma tillfälle från samma vall. Smältbarheten uppgavs vara densamma för dem alla tre. De hästar som fått möjligt hö hade ökat i vikt med 65 kg från dag 0 till 112 medan de hästar som fått regnskadat hö ökat med 69 kg (Jack *et al.*, 1989). De hästar som fått hygieniskt bra hö ökade med 85 kg under samma period. Bröstomfånget var efter 112 dagars utfodring ca 5 cm mindre hos hästar som fått möjligt eller regnskadat hö jämfört med de som fått hygieniskt bra hö. Det fanns dock inga skillnader i mankhöjd, skenbensomfång eller avståndet från karpus (framknä) till marken hos hästarna. Halten av bilirubin i serum var högre hos de hästar som fått möjligt hö, vilket indikerade leverpåverkan och lindrig förgiftning (Jack *et al.*, 1989).

En neurologisk sjukdom hos häst vars orsak ännu inte identifierats är den så kallade ”Scandinavian knuckling syndrome”, benämnd så efter de symptom som drabbade hästar uppvisar (Hanche-Olsen *et al.*, 2008). Affekterade hästar kotar över på bakbenen och kan gå flera meter på framsidan av kotan istället för på hoven, och i övrigt uppvisa onormalt mycket ligg beteende. Någon toxisk substans i vallfoder misstänks vara orsaken utifrån de patologiska undersökningar som utförts på hästar som dött eller avlivats på grund av sjukdomen, men ingen substans har identifierats. Ibland har sjukdomen kallats för ”silosygen” det vill säga ”ensilagesjuka” på norska, trots att hästar som endast utfodrats med hö också drabbats (Hanche-Olsen *et al.*, 2008). Omfattande undersökningar av vallfodrets hygieniska kvalitet på en del av de drabbade gårdarna har gjorts och visat att sju (fem ensilage- och två höprov) av nio foderprover innehållit mögelsläkten som *Aspergillus* spp. och *Penicillium* spp. (Hanche-Olsen *et al.*, 2008). Det är dock släkten som är vanligt förekommande i både foder och strö av olika slag och förekomsten av dem i dessa foder är inte unik. Vidare studier behövs för att utröna om och i sådana fall hur vallfoder är involverat i sjukdomen.

6.4. Bakterier

Ett vallfoders hygieniska kvalitet kan också vara nedsatt på grund av förekomst av oönskade bakterier eller substanser bildade av bakterier. De kan komma in i fodret i samband med skörd om grödan förorenats av stallgödsel, jord, gammal förna eller kadaver, och särskilt vid blöt väderlek vid vallskörden. Sådana bakterier och substanser kan orsaka allvarliga hälsoproblem hos hästar.

6.4.1. *Clostridium botulinum*, botulin och botulism

Den anaeroba sporbildande bakterien *Clostridium botulinum* är den bakterieart som mest frekvent nämns i litteratur om bakterieproblem i vallfoder för hästar. Det beror sannolikt på de allvarliga konsekvenser densamma kan ge i form av förgiftningssjukdomen botulism orsakad av toxinet botulin som bakterien kan bilda. Botulism orsakar allvarlig förlamning och har dödlig utgång i 80-90 % av fallen. Dödsorsaken är vanligen andningsförlamning och föregås ofta av dysfagi (svårigheter att svälja på grund av förlamning av svalgmuskulaturen) och av att hästen inte kan stå upp själv. Hästar är mycket känsliga för botulin och mycket små mängder krävs för att orsaka botulism (Gill, 1982). Det finns olika typer av toxinet varav främst typ A, B och C diskuterats i hästsammanhang (Johnson *et al.*, 2010), och i Sverige finns vaccin mot typ B för hästar. Toxinet är lättare att påvisa i foderprov än i blodprov från hästar eftersom toxinet binder väldigt snabbt till synapserna (där nerver och muskler möts) och därför inte är speciellt lätt att extrahera ur blodprover. Symptomen uppträder först tre till sju dagar efter intag av toxinet vilket också försvårar påvisande av toxin i blodprov, då blodprov sällan tas före symptomen uppträder vilket innebär att toxinet redan bundit till synapserna (Blood *et al.*, 1979). Endast vid påvisande av botulin i prov från hästar eller foder kan en säker diagnos på botulism ställas, och sådana fall skall rapporteras till Jordbruksverket då det är en anmälningspliktig sjukdom.

De första publicerade rapporterna på patologiska undersökningar av hästar som dött i vad som då kallades hjärnhinneinflammation men som senare kom att påvisas vara botulism (Graham & Himmelberger, 1916; Mitchell, 1922; Reichel, 1934) kom 1903 (McCarthy & Ravenel, 1903). De fall av botulism som rapporterats från första halvan av 1900-talet har inte sällan omfattat förekomst av kadaver av möss, råttor och katter i hö (eller halm) som hästarna utfodrats med (Theiler & Robinson, 1923; Seddon 1927), och från 1963 har även ensilage som kontaminerats med kadaver från katter och möss angetts som orsak till botulism hos häst (Müller, 1963). I studien framkom att den specifika toxintypen var C_β (det finns åtta olika typer), och att 50-100 g av det kontaminerade höet innehöll tillräckligt mycket toxin för att orsaka dödsfall hos häst (Müller, 1963). Även under slutet av 1900-talet drabbades hästar av botulism på grund av kontaminering av foder med kadaver då en kommersiellt pelleterad lusernprodukt orsakade botulism typ C₁ hos 38 hästar i USA, varav 31 dog (Kinde *et al.*, 1991). I andra fallrapporter av botulism har inte kontaminering av fodret med kadaver påträffats, däremot har andra omständigheter kring skörd, lagring och utfodring av fodret lett till nedsatt hygienisk kvalitet i det. I en fallrapport från Storbritannien dog eller avlivades nio av 13 botulismdrabbade hästar på olika gårdar (Ricketts *et al.*, 1984). Tre av de drabbade gårdarna utfodrade med inplastat vallfoder (ensilage) från samma leverantör, och fodret uppgavs lukta starkt av ammoniak och hade ett högt pH-värde (7,4). Detta ensilage var därmed tydligt feljäst och misstänktes vara orsaken till botulismfallen, även om botulin inte

kunde påvisas i fodret. I en beskrivning av botulismfall hos hästar i Nederländerna redogjordes för sex utbrott (under 2001-2004) varav det i fyra ställdes diagnos endast på kliniska symptom då inget toxin eller bakteriesporer påvisades i foder eller vävnadsprov (Goehring *et al.*, 2005). I samtliga utbrott i fallrapporten hade hästarna utfodrats med ensilage som producerats under mycket blöt väderlek på hösten och som hade synligt mögel. Synligt mögliga höbalar, ofta av lusern, har i minst fyra rapporterade fall av botulism på häst påvisats vara orsaken till att hästar som ätit av fodret drabbats av botulism (Wichtel & Whitlock, 1991; Galey, 2001; Hunter *et al.*, 2002; Johnson *et al.*, 2010). I dessa fall har höet uppgetts vara bärgat under fuktiga skördeförhållanden (Wichtel & Whitlock, 1991), varit ruttet efter att ha blivit översvämmat (Galey, 2001), ha lagrats utomhus med ruttet och möjlig balkärna som följd (Hunter *et al.*, 2002) eller ha lagts ut i hagar för utfodring på hösten, fryst under vintern, och sedan töat fram igen på våren (Johnson *et al.*, 2010). Även i Sverige finns ett fall av botulism på häst beskrivet, då sex av sju drabbade hästar på ett stuteri dog eller avlivades efter att ha vistats i samma lösdriftshage med tillgång till bete och tre rundbalar med ensilage (Franzén *et al.*, 1992). Det fanns inte tillräckligt med foder kvar för att kunna analysera det med avseende på förekomst av botulin, men toxinet påvisades i serum från den först insjuknade hästen (Franzén *et al.*, 1992).

6.4.2. *Listeria* spp. och listerios

Listeriabakterier är mikroaerofila (vill ha tillgång till syre men bara i mycket liten mängd) och trivs bra i ensilage (ts-halt under ca 40-45 %) som inte förvarats helt anaerobt, till exempel inplastade ensilagebalar med begränsade luftläckage (Donald *et al.*, 1995). Bakterien *Listeria monocytogenes* kan orsaka listerios hos hästar likväl som hos andra djurslag. Hästar med listerios får hög feber, gastroenterit, diarré, sepsis, nedsatt aptit, nedstämdhet, ansträngd andning och dräktiga ston kan abortera sina foster (Gudmundsdottir *et al.*, 2004). Oftast drabbas endast en eller några få hästar i en och samma besättning, men det är inte ovanligt att utgången är dödlig för de drabbade hästarna. Med behandling med stora mängder antibiotika kan drabbade hästar dock återhämta sig fullt ut inom några veckor (Gudmundsdottir *et al.*, 2004). Det är inte en vanlig sjukdom hos hästar men det finns fallbeskrivningar från Island (Gudmundsdottir *et al.*, 2004) och Norge (Revolv *et al.*, 2015). På Island rapporterades utbrott av listerios hos hästar som utfodrats med gräsensilage. På fem gårdar kunde listerios bekräftas och på fyra gårdar var misstanken om listerios stark men kunde inte bekräftas med laboratorietest. I ett av de bekräftade fallen var det precis samma serotyp av bakterien i ensilaget som i organ från den sjuka hästen, vilket indikerade att det var bakterier i fodret som orsakat listerios hos hästen. I Norge (Revolv *et al.*, 2015) rapporterades fyra fall av

infektion av *Listeria monocytogenes* i ögonen på hästar där utfodring med inplastat vallfoder misstänktes kunna vara källan till bakterien, men fodret provtogs aldrig. Att just fodret misstänktes som bakteriekälla beror på att det är känt att idisslare, speciellt får, kan drabbas av sjukdomen ”silage eye”, som är en listeriainfektion i ögat och som satts i samband med utfodring av ensilage, även om infektionsvägen inte är klarlagd (Warren *et al.*, 2015).

6.5. Endofytsvampar

Endofytsvampar är svampar som växer inne i gräsplantor och som följer med gräsfröet till nästa generation plantor. Endofytsvamparna kan ge infekterade plantor fördelar som till exempel bättre motståndskraft mot skadegörare och torka. Frö från en del gräsarter infekteras därför ibland medvetet med specifika endofytsvampar för att förbättra gräsens produktion och livskraft, men endofytinfektion kan också uppstå naturligt. Endofytinfekterade plantor kan innehålla ergotalkaloida substanser som är mer eller mindre toxiska för både hästar och andra djur. Flera av substanserna är förhållandevis okända med avseende på kemisk struktur och toxicitet för både hästar och andra djurslag (Lehner *et al.*, 2005), och i dagsläget finns därför begränsade möjligheter att analysera foderprov med avseende på innehållet av dem. Två av ergotalkaloiderna finns det lite mer kunskap om, ergovalin som har vasokonstriktiva (sammandragande effekt på blodkärlen) egenskaper, och lolitrem B som orsakar den neurologiska sjukdomen ”Ryegrass staggers” hos hästar och idisslare. Halten av ergotalkaloider anses generellt öka med ökad plantmognad hos de infekterade gräsplantorna.

Hur fodret lagras och hanteras kan påverka koncentrationen av både ergovalin och lolitrem B (Goehring *et al.*, 2005; Lea *et al.*, 2014). Ergovalin i höprover har påvisats brytas ned snabbt om provet inte förvaras på is och blir infrysad direkt (Lea *et al.*, 2014). Lolitrem B bryts ned långsamt i hö under lagringen och är inte jämnt fördelat i partiet vilket innebär att representativ provtagning är mycket viktigt (Goehring *et al.*, 2005). Det betyder också att förgiftningsfall av lolitrem B är vanligare på hösten då hö eller gräsfröhalm av engelskt rajgräs är förhållandevis nyskördad och innehåller mer toxin än senare på lagringssäsongen (Goehring *et al.*, 2005). Vidare innebär det att prover av misstänkt foder måste hanteras på rätt sätt för att proverna inte skall ge missvisande resultat vid analys av substanserna ergovalin och Lolitrem B. Detta är av särskild betydelse då det i dagsläget endast finns ett fåtal laboratorier i världen som kan analysera dessa substanser, vilket innebär att ett foderprov kan behöva utsättas för långa transporter (i varierande klimat) för att kunna analyseras vilket kan påverka analysresultatet.

6.5.1. Inverkan av endofytingfekterat vallfoder på hästar

Att endofytingfekterade gräs kan orsaka förgiftningar hos hästar och andra djur uppmärksammades först i samband med export av gräsfröhalm från USA till Japan vilket ledde till stora hälsoproblem hos både hästar och idisslare som utfodrades med densamma (Miyazaki *et al.*, 2001; Craig *et al.*, 2014). Gräsfröhalmen var en biprodukt från fröodling av utsäde till gräsmatteodlingar och bestod av engelskt rajgräs eller rörsvingel, och det var då inte känt att den var endofytingfekterad. Senare forskning har visat att endofytingsvampen *Neotyphodium coenophalum* finns i rörsvingel (*Festuca arundinacea*) och kan bilda ergovalin. För hästar anges generellt ett gränsvärde på maximalt 300-500 ppb ergovalin i foder, men foder till dräktiga ston bör inte innehålla någon detekterbar ergovalin alls (Craig *et al.*, 2014). En annan besläktad endofytingsvamp, *Epichlöe festucae* var. *Lolii* (tidigare namn *Neotyphodium lolii*), kan finnas i engelskt rajgräs och kan där bilda höga halter av lolitrem B. En halt av 1,5-2 ppm lolitrem B i foder anses vara säkert och en halt under 1,2 ppm anses beteckna ett negativt prov (Goehring *et al.*, 2005). De kliniska symptomen på lolitrem B-förgiftning är dosberoende, och symptomen försvinner inom två dagar till två veckor om hästens ställs på en foderstat fri från lolitrem B (Goehring *et al.*, 2005).

Lolitrem B-förgiftning hos hästar utfodrats med endofytingfekterat engelskt rajgräs har rapporterats i Nederländerna (Goehring *et al.*, 2005; Sander *et al.*, 2017). Teorin som framlagts är att endofytingsvampen kommit med infekterat gräsfrö från Nya Zeeland till Nederländerna 1992 (Goehring *et al.*, 2005). Symptom i form av diarré och ataxi uppkom två dagar efter det att endofytingfekterad gräsfröhalm börjat utfodras, och analys av gräsfröhalm visade att den innehöll 3,5 mg lolitrem B per kg (Sander *et al.*, 2017).

I studier av vilka effekter endofytingfekterade gräs kan ge på hästar används ofta frö av rörsvingel eller engelskt rajgräs då koncentrationen av ergotalkaloiderna är högre i fröna än i hela plantan. Hö och frö av engelskt rajgräs med en sammanlagd halt av strax över 2 ppm lolitrem B och 2-3,6 ppm ergovalin som utfodrats till vuxna hästar medförde symptom på förgiftning från fyra till nio dagars exponering (Johnstone *et al.*, 2012). Halten av lolitrem B i hästarnas plasma ökade under studien men kunde inte kopplas till symptomens svårighetsgrad, i motsats till vad tidigare studier visat (Goehring *et al.*, 2005). Alla hästarna utvecklade fascikulationer (ofrivilliga muskelryckningar), tremor (darrningar och skakningar) och ataxi (ryckiga och okoordinerade rörelser), särskilt aktivitetsinducerade sådana. De mest allvarligt förgiftade hästarna uppvisade även seröst näsflöde, svullna ben och lesioner på ballarna, förmodligen orsakade av ergovalin, något som förekommer på andra djurslag och som då kallas "fescue foot". Hästarna

återhämtade sig ca en vecka efter att det endofytingfekteerade fodret tagits bort ur foderstaten.

Utfodring med endofytingfekteerat rörsvingelhö med nästan samma näringsinnehåll som ej endofytingfekteerat rörsvingelhö till vuxna Quarterhästvalacker visade att smältbarheten var densamma, men intaget tenderade vara något lägre av det endofytingfekteerade höet vilket också ledde till att hästarna tenderade tappa något mer i kroppsvikt (Redmond *et al.*, 1991). Vuxna valacker som i en annan studie utfodrades med endofytingfekteerat rörsvingelfrö med 2200 µg ergovalin per kg, det vill säga 2,2 ppm, under två månader hade ingen påverkan på sköldkörtelns funktion (Breuhaus, 2003) i motsats till vad tidigare undersökningar visat men då på dräktiga ston. Inverkan av att utfodra endofytingfekteerat rörsvingelfrö på hingstars spermogram har också undersökts, men ingen påverkan rapporterades (Fayrer-Hosken *et al.*, 2013). Inte heller påverkade utfodring med endofytingfekteerat rörsvingelhö hästars återhämtning efter ett lätt arbete (Webb *et al.*, 2008).

Exakt hur och hur länge hästar utsöndrar ergovalin och besläktade metaboliter, till exempel lyserginsyra, efter att ha utfodrats med endofytingfekteerad rörsvingel är inte helt klarlagt, men utsöndringen sker med urin och träck (Schultz *et al.*, 2006). I den rutinmässiga dopingkontrollen av galopphästar i Japan har substanserna upptäckts i urinprov (Takeda *et al.*, 1991). Hästarnas exponeringstid för det endofytingfekteerade vallfodret har inte visats påverka koncentrationen av de utsöndrade substanserna i träck och urin (Schultz *et al.*, 2006).

I en studie med åringar mättes tillväxten, prolaktinnivåer och smältbarheten av fodret vid utfodring med rörsvingelhö som var till 52 % endofytingfekteerat eller med rörsvingelhö som var endofytingfritt. Unghästarnas tillväxt var densamma med de båda höpartierna men fibersmältbarheten var lägre för det endofytingfekteerade höet (McCann *et al.*, 1992). I ytterligare en annan studie med Quarterhästar (åringar) som utfodrades med präiegräshö, endofytingfekteerat rörsvingelhö (med 190 ppb ergovalin uppmätt) och endofytingfritt rörsvingelhö under 102 dagar uppmättes inga skillnader i tillväxt, respons på träning två gånger per vecka, eller i koncentration av sköldkörtelhormonerna trijodotyronin (T3) och tyroxin T4 samt prolaktin (Pendergraft *et al.*, 1993).

Eftersom det är känt att de substanser som bildas i endofytingfekteerad rörsvingel kan verka sammandragande på blodkärl har frågan ställts om blodcirkulationen i hovarna påverkas och om dessa substanser skulle kunna vara en orsak till fång hos hästar. I en amerikansk studie (Rohrbach *et al.*, 1995) rapporterades att risken för fång var ungefär tre gånger högre hos hästar som hade befunnit sig i områden där rörsvingel förekom frekvent jämfört med hos hästar i andra områden, men fång kan orsakas av flera faktorer och studiens resultat är svårtolkat. I en annan amerikansk studie på Quarterhästar (Douthit *et al.*, 2012) undersöktes effekten på hovarnas blodcirkulation av att utfodra med endofytingfekteerat rörsvingelfrö med eller utan

endofytingfektat rörsvingelhö och jämfört med endofytfritt rörsvingelfrö och -hö. Resultaten visade att de mätningar som gjordes av hovarnas blodcirkulation inte verkade påverkas av om hästen åt endofytingfektat foder eller ej. Detta kontrasterar mot resultat från en annan studie där vasokonstriktion tydligt kunde uppmätas hos hästar när de utfodrats med endofytingfektat rörsvingelfrö (McDowell *et al.*, 2013).

Dräktiga ston

Forskning från framför allt USA har visat att dräktiga ston som utfodrats med vallfoder innehållande toxinproducerande endofyter uppvisat låga halter av hormonet progesteron (som behövs för att bland annat bibehålla dräktigheten) under de tre sista veckorna före fölning samt låga halter av prolaktin (som behövs för juvertillväxt och laktation) och relaxin (som har en viktig roll i att förbereda stoet för fölning) under sista dräktighetsveckan (Monroe *et al.*, 1988). Stona har också uppvisat förlängd dräktighet och otillräcklig förberedelse för fölning, förlossningskomplikationer, placentit (inflammation i livmoderkakan), ”red-bag delivery” det vill säga prematur placentaavlossning och kvarbliven efterbörd, och fölen behöver intensivvård för att ha någon chans att överleva (Monroe *et al.*, 1988; Darenius *et al.*, 2011).

En jämförelse av hur dräktiga ston svarade på att under tio dagar utfodras med frö och hö av endofytingfektat rörsvingel samt med endofytfritt hö av italienskt rajgräs och endofytfritt rörsvingelfrö visade att stonas urin hade högre koncentration av ergotalkaloider när de åt endofytingfektat foder. Detta indikerade att ergotalkaloiderna togs upp snabbt till blodet, men inga reproduktionsstörningar noterades i den studien (Youngblood *et al.*, 2004). Hur alkaloiderna eller endofytingfektat gräs mer detaljerat orsakar problem hos dräktiga ston behöver undersökas vidare (Klotz & McDowell, 2017). I USA rekommenderas dock att dräktiga ston utfodras med endofytfritt vallfoder minst från dag 300 fram till fölning för att undvika de redovisade reproduktiva problemen (Boosinger *et al.*, 1995).

Även på Irland har endofytingfektat gräs misstänkts ligga bakom problem på stuterier med infertilitet, ”red-bag delivery”, onormala blödningar efter fölning och ödem i livmoderslemlhinnan hos ston samt ödem i bakbenen hos åringar (Canty *et al.*, 2014). Halten ergovalin i grönmassa och hösilage från 13 stuterier var från under 25 till 300 ppb, vilket var i samma storleksordning som de halter som i USA rapporterats kunna orsaka förgiftningssymptom. I Sverige misstänktes ergotalkaloider från endofytingfektat vallfoder med rajgräs och svingel vara involverade i ett fall med förluster av både ston och föl på ett större stuteri (Darenius *et al.*, 2011). Stona uppvisade förhöjd frekvens av tidig fosterdöd, abort, förlängd dräktighet, otillräcklig förberedelse inför fölning, förlossningskomplikationer, liten

eller ingen mjölkproduktion, placentit, ”red-bag delivery” och kvarbliven efterbörd, men efter byte av vallfoder försvann också symptomen (Darenius, 2011).

6.5.2. Endofyter och ergotalkaloider i fröblandningar

Innehållet av alkaloiderna ergovalin, lolitrem B, paxillin och peramin samt endofyтинfectionsgraden undersöktes i 24 kommersiellt tillgängliga gräsfröblandningar för vallfoder och gräsmattor (Krauss *et al.*, 2020). Sex av dem innehöll *Epichloë*-infekterade frö och fyra av dem innehöll alkaloider typiska för *Epichloë festucae* var. *Lolii* vid infektion av engelskt rajgräs. Två av dessa fröblandningar var specifikt marknadsförda för hästar. För att undvika att okontrollerat sprida endofyтинfection och för att minska risken för förgiftningar föreslog Krauss *et al.* (2020) att användning av *Epichloë*-infekterat utsäde undviks vid etablering av vallar för foder och bete, speciellt i fröblandningar som innehåller engelskt rajgräs; att fröfirmor regelbundet testar utsädet för endofytförekomst och ger detaljerad information om testresultatet och den specifika sammansättningen av frö; att *Epichloë*-linjer utan förmåga att bilda lolitrem B och ergovalin används i europeisk förädling av engelskt rajgräs med simultan testning för toxiner; samt att EU och andra europeiska länder uppmärksammar problemet och vidtar forskning på detta förbisedda problem (Krauss *et al.*, 2020). Endofyтинfection har visats vara mer vanligt i långliggande vallar och i vallfoder som skördats i sen plantmognad och kan därför generellt vara ett större problem i vallfoder för hästar jämfört med vallfoder för många andra djurslag (Vikuk *et al.*, 2019).

6.5.3. Mjöldryga

Gräsarter som används till vallfoder kan också infekteras av andra svampar, till exempel mjöldryga (*Claviceps purpurea*) som är giftig för både människor och djur och som varit känd sedan medeltiden för att orsaka svåra förgiftningar av olika karaktär beroende på vilken typ av alkaloid substans som dominerat. Rörsvingel som infekterats med *Claviceps purpurea* har påvisats innehålla ergotamin, ergocristin och ergosin som huvudsakliga alkaloider av vilka ergotamin är mest känd för att kunna orsaka allvarliga förgiftningar (Porter *et al.*, 1987).

6.6. Övriga hygieniska risker

6.6.1. Insekter

Hästar kan förgiftas av så kallade ”Blister beetles” (*Epicauta* spp.) eller på svenska oljebaggar vilka kan förekomma främst i lusernhö i USA (Bahme, 1968; Shoeb & Panciera, 1979). Arter tillhörande *Epicauta* spp. förekommer även i Sverige men inte i samma utsträckning som i USA. Studier har visat att dessa skalbaggar bildar toxinet cantharidin vilket är kraftigt retande på hud och slemhinnor. Hästar och mulor kan förgiftas då skalbaggar följer med vid skörd av lusernhö (Bahme, 1968; MacKay & Wollenman, 1981; Capinera *et al.*, 1985). I en retrospektiv studie (Helman *et al.*, 1997) undersöktes 70 fall av cantharidinförgiftning av lusernhö där 32 hästar och två åsnor dog medan 36 hästar överlevde. Dosen skalbaggar som behövts för att dödlig förgiftning av hästar skall ske har rapporterats vara 1,5-6 g oljebaggar för hästar med en kroppsvikt från 138 till 409 kg (Shoeb & Panciera, 1979), eller 400 mg malda baggar dag 1 följt av 1 g malda baggar två dagar senare till en Shetlandsponny (Bahme, 1968), eller mindre än 1 mg cantharidin per kg kroppsvikt (Capinera *et al.*, 1985).

6.6.2. Antinutritionella substanser i vallfoder

Antinutritionella substanser är biologiska komponenter i foder som reducerar näringsutnyttjandet och/eller foderintaget. Olika vallväxter kan innehålla olika antinutritionella substanser som på grund av sina negativa hälsoeffekter kan begränsa användandet av växterna som foder för hästar.

Oxalat

Vallbaljväxter som lusern och sötväppling (*Melilotus* spp.) kan innehålla höga halter av oxalat eller oxalsyra. Oxalat kan orsaka förgiftning eller reducerat kalciumupptag hos hästen genom att binda till Ca och skapa olösligt kalciumoxalat. Oxalatinnehållet är högre i lusern än i gräs och om endast lusern ges som grovfoder bör oxalatinnehållet i fodret analyseras, eftersom hög halt oxalat kan innebära att upp till 25 % av kalciuminnehållet i fodret binds och extra oorganiskt Ca kan då behöva tillföras, speciellt till växande unghästar (Cymbaluk *et al.*, 1986). I en studie (Hintz *et al.*, 1984) undersöktes hur oxalysinnehållet och kvoten mellan Ca och oxalsyra i lusernhö (3,0 eller 1,7, båda höpartierna innehöll ca 15 g Ca per kg ts) inverkar på smältbarheten av Ca, P och magnesium (Mg). Resultaten visade att det inte fanns några skillnader i smältbarheten av Ca, P eller Mg mellan de båda lusernhöpartierna, och lusernhö ansågs vara utmärkta kalciumkällor för hästar.

Fotosensitiverande substanser

Lusern har påvisats kunna orsaka primär fotosensitivitet hos hästar med vit hårrem och/eller opigmenterad hud (Puschner *et al.*, 2016). Primär fotosensitivitet visar sig genom att huden blir kraftigt solbränd och skadad, då substanserna absorberats oförändrade till blodet och aktiveras när solljus når huden. Fotosensitivitet kan också vara sekundär, vilket utöver hudskador även omfattar leverskador vilket är ett mer allvarligt tillstånd. Sju utbrott av primär fotosensitivitet med olika antal hästar (över 70 hästar i några av utbrotten) i USA har undersökts, och i samtliga fall hade hästarna några dagar innan utbrotten börjat utfodras med ett nytt parti lusern. Hästarna uppvisade tydliga symptom på fotosensitivitet och ett fem månader gammalt föl dog. Sekundär fotosensitivitet förekom men var inte frekvent i de beskrivna fallen. Prover på det lusern som utfodrats i en del av fallen analyserades med avseende på klorofyll a och b samt pheophorbid a (en nedbrytningsprodukt från klorofyll), vilka alla är kända för att kunna orsaka fotosensitivitet. Halterna var dock inte högre i dessa foder jämfört med i andra foder som inte orsakat fotosensitivitet (Puschner *et al.*, 2016). I flera av lusernproverna fanns dock ogräs varav vissa är kända för att kunna orsaka fotosensitivitet, och alla lusernproverna innehöll mögel som vid analys visade sig vara *Cladosporium*-, *Mucor*- och *Alternaria*-arter (Puschner *et al.*, 2016). Det var därför oklart om det var lusern i sig, ogräsen eller mögelsvamparna som var orsak till fotosensitiviteten hos hästarna. I ett experimentellt utfodringsförsök med tre hästar som utfodrades med lusern och vistades i fullt solsken uppkom däremot symptom på fotosensitivitet på hästar med vit hårrem och/eller opigmenterad hud från dag 13 (Puschner *et al.*, 2016). Orsaken till varför lusern kan orsaka fotosensitivisering är fortsatt okänd (Puschner *et al.*, 2016).

Att ha alsikeklöver (*Trifolium hybridum*) i hästbete har länge ifrågasatts på grund av risken för fotosensitivitet i opigmenterad hud när hästar betat av alsikeklöver. Det finns stöd för att alsikeklöver bör undvikas även i hö trots att den specifika substansen som orsakar fotosensitivitet och förgiftning inte är känd. I en svensk studie (Hjärre & Carlström, 1933) konstaterades att såväl spontana fall av alsikeklöverförgiftning som experimentell utfodring med alsikeklöverrikt hö (upp till 80 % alsikeklöver i höet) orsakade fotosensitivitet och både kronisk och akut förgiftning med ibland dödlig utgång hos hästar. Hos hästar med kronisk alsikeklöverförgiftning konstaterades uttalad skrumplever (Hjärre & Carlström, 1933).

Nitrat och nitrit

Vallväxter kan ansamlas nitrat från till exempel tillförd handelsgödsel och mycket höga halter i vallfoder kan orsaka förgiftning av hästar med dödlig utgång (Oruc *et al.*, 2010). Nitratmängder om 80 g per häst, en extremt hög halt, från betesgräs, gräshö och lusernhö som gödslats med stora mängder kaliumnitrat orsakade dödsfall hos nio av 13 exponerade hästar. Av dessa var fem dräktiga ston, vilka troligen är känsligare än icke-dräktiga hästar. Fallet visar att nitratförgiftning av hästar kan ske, men det skall tilläggas att det är mycket ovanligt och att det krävs specifika förhållanden och mycket stora mängder tillförd handelsgödsel för att så skall kunna ske. En vanlig rekommendation är att inte tillföra handelsgödsel senare än ungefär två veckor före skörd eller betessläpp oavsett djurslag.

Fytoöstrogena substanser

En del växter, bland annat lusern och rödklöver, kan innehålla fytoöstrogener som kan påverka framför allt stonas reproduktion. Lusitanoston som utfodrats med upp till 1 kg lusernpellets per dag har uppvisat förhöjda halter av coumestrol (växtöstroge) och dess nedbrytningsprodukter i blodet efter 14 dagar jämfört med före starten av lusernutfodring (Botelho *et al.*, 2012). Vad denna höjda halt innebar för stonas reproduktion var oklart. I en senare studie (Ferreira-Dias *et al.*, 2013) undersöktes frågan vidare då fyra ston utfodrades med ett hösilage av klöver och lusern med höga halter coumestrol i fem månader och tolv ston med samma hösilage i fyra månader till, det vill säga totalt nio månader. Stona utfodrades med 5-8 kg av hösilaget per dag. Stona uppvisade höga halter av coumestrol och dess nedbrytningsprodukter i blodprover, samt hade ödem och vätska i livmodern och ingen ägglossning. När hösilaget togs bort ur foderstaten återgick stona efter 2-3 v till normal status. I en uppföljande studie (Szostek *et al.*, 2016) undersöktes åter effekten av att utfodra upp till 1 kg lusern per sto och dag jämfört med en kontrollgrupp. Resultaten visade en uppreglering av hormonet prostaglandin (verkar bland annat sammandragande på livmodern) och en nedreglering av hormonet progesteron (viktigt för dräktighet) när stona åt lusernpellets. Direkta effekter på stonas reproduktion mättes inte i studien och sådana studier behövs för att några slutsatser om lusern och rödklöver i vallfoder till avelsston skall kunna dras.

6.6.3. Tungmetaller

Förorening av åker- och betesmark med tungmetaller förekommer i olika grad i olika delar av världen och kan innebära att det foder som skördas från sådana områden också innehåller tungmetaller. I en studie från Kazakstan där tungmetallerna kadmium, bly, arsenik och kvicksilver och deras överföring från

jord till foder, stömjölk och träck undersöktes framkom att även om jordproverna innehöll alla fyra tungmetallerna var det bara kadmium och bly som överfördes vidare till foder, mjölk och träck. Arsenik och kvicksilver verkade inte komma vidare från jord till foder. Vallfodret i studien utgjordes av en blandning av alsikeklöver, lusern och gul sötväppling, och de nivåer av tungmetaller som uppmättes i dem betraktades som säkra för livsmedel till människor (Kozhanova *et al.*, 2021). I en annan studie från Rumänien där halterna av kadmium, bly, koppar och zink uppmättes i olika vävnadsprover från hästar samt i lusernhö från ett område runt ett smältverk (ej för järnmalm) som var förorenat av tungmetaller, rapporterades att halterna av tungmetallerna i foderproverna överskred de nationellt tillåtna gränsvärdena, framförallt för bly (Mitranescu *et al.*, 2007). Halterna av bly, kadmium och zink i vävnadsproverna överskred också de nationella gränsvärdena och hästarna ansågs ha kronisk kadmiumförgiftning orsakad av både skördat foder och bete från den förorenade marken.

6.6.4. Fysiska föremål

Fysiska föremål kan också kontaminera vallfoder. Borst på agnar från kavelhirs (*Setaria viridis*), grå kavelhirs (*Setaria pumila*) och hönshirs (*Echinochloa crus-galli*) (Peterson & Schultheiss, 1984) samt från smal kavelhirs (*Setaria parviflora*) (Turnquist *et al.*, 2001) har påvisats kunna fastna i tandköttet hos hästar och där skapa inflammation i tandkött, läppar och runt munnen samt blödningar och sår med smärta vilket lett till långsamt och nedsatt foderintag hos hästarna (Peterson & Schultheiss, 1984; Turnquist *et al.*, 2001). I en fallbeskrivning (Turnquist *et al.*, 2001) uppkom problemen mindre än en vecka efter att hö innehållande smal kavelhirs börjat utfodrats till 20 av 25 hästar på en och samma gård, och problemen försvann efter ett byte till annat hö. Hönshirs är ett globalt ogräsproblem och arten sprider sig även i delar av Sverige (SJV, 2023).

7. Behandling av vallfoder före utfodring

Olika metoder för att behandla vallfodret efter lagring men före utfodring finns rapporterat, ofta i syfte att minska koncentrationen av respirabla partiklar som genereras från fodret, eller för att påverka (minska) vallfodrets innehåll av socker. De metoder som rapporterats i litteraturen omfattar framför allt blötläggning och ångbehandling av hö.

7.1. Blötläggning och ångbehandling av vallfoder och dess effekt på respirabla partiklar och mikrobiologisk sammansättning

Blötläggning av vallfoder före utfodring kan utföras på olika sätt. I en studie jämfördes torrt hö med samma hö som antingen blötlagts helt under vattenytan i 16 h eller enbart doppats ned under vattenytan (Clements & Pirie, 2007b). Halten respirabla partiklar mättes vid utfodring av höet i hönät. Resultaten visade att det inte var någon skillnad mellan det doppade och det blötlagda höet i halten respirabla partiklar, men båda hade 60-70 % lägre halt av partiklarna jämfört med det obehandlade höet. I en annan studie visades att blötläggning av hö i 30 minuter minskade mängden respirabelt damm med ca 90 %, och även att längre blötläggningstid inte gav någon ytterligare reduktion av mängden respirabla partiklar (Moore-Colyer, 1996). Motsvarande resultat har påvisats i en annan jämförelse av stalluftens kvalitet före och efter blötläggning av hö (Ferro *et al.*, 2000).

Vid blötläggning av foder som konserverats genom torkning, det vill säga hö, kommer mikroorganismer vars tillväxt man velat förhindra med torkningen att vakna till liv. Det kan därför också finnas risk för försämring av fodrets hygieniska kvalitet vid blötläggning av hö. I en studie ökade jästantalet med blötläggning av hö (Glatter *et al.*, 2021) och i en annan ökade antalet enterobakterier vid blötläggning av hösilage och ensilage (Müller *et al.*, 2015). I den senare studien utvärderades effekterna av blötläggning i 24 h av ensilage, hösilage och hö som skördats vid samma tillfälle och från samma vall på den mikrobiologiska sammansättningen (Müller *et al.*, 2015). Studiens resultat visade generellt att

antalet mögelsvampar minskade med blötläggningen medan antalet jäst och mjölksyrabakterier ökade. Resultaten visade också att antalet mögel var högre i det blötlagda höet än i ensilage och hösilage före blötläggning, och att antalet enterobakterier var högre i hö än i ensilage både före och efter blötläggning (Müller *et al.*, 2015). I en annan studie analyserades bakteriesammansättningen med hjälp av DNA-baserade metoder i två partier ängshö och ett parti hö av engelskt rajgräs som blötlagts (Moore-Colyer *et al.*, 2020). Resultaten visade att de två ängshöpartierna var mer lika varandra i sin bakteriesammansättning jämfört med det höparti som bestod av engelskt rajgräs, och att denna skillnad ökade ytterligare efter blötläggningen (Moore-Colyer *et al.*, 2020). Resultaten av denna studie är dock något svårtolkade då det inte är känt om eller hur mikrosammansättningen i vallfoder, blötlagt eller ej, har någon betydelse för hästens digestion eller hälsa.

Ångbehandling av hö är en annan metod som används för att minska mängden respirabla partiklar och/eller mikroorganismer i vallfoder. Ångbehandlingen utförs genom att fodret utsätts för vattenånga under en viss tid i en stängd, tät låda. I några mindre studier har ångbehandling av hö i 50 minuter påvisats kunna reducera halten bakterier och jäst- och mögelsvampar med 94 till 100 % jämfört med före ångbehandlingen (James & Moore-Colyer, 2010; Stockdale & Moore-Colyer, 2010). I en studie undersöktes också vad som hände med ångbehandlat hö som lagrats i 24 h efter ångbehandlingen, med resultatet att mängden respirabla partiklar var högre 24 h efter ångbehandlingen jämfört med direkt efter (Stockdale & Moore-Colyer, 2010). Effekten av ångbehandling på antalet respirabla partiklar och mögelsvampar i hö av lusern och hundäxing har påvisats vara större ju högre det initiala innehållet av dem varit, medan mögelhalten i hö som från början hade låg halt av mögel inte påverkats av ångbehandling (Earing *et al.*, 2013). Ytterligare en variant av ångbehandling av hö i storbal användes i en tysk studie, där effekten av nedblötning ovanifrån följt av behandling med ånga på antalet respirabla partiklar undersöktes (Claussen *et al.*, 2018). Resultaten visade att antalet respirabla partiklar minskade med nästan 90 % efter behandlingen, samt att antalet bakterier minskade med 50 % och antalet mögel med 35 %. Däremot fanns en gradient i fukthalten från balens yta till dess mitt då det var torrare längre in i balen, och effekten av behandlingen var inte lika stor där (Claussen *et al.*, 2018).

Jämförelser av blötläggning och ångbehandling har också genomförts, där resultatet varit att antalet respirabla partiklar varit lika i hö som blötlagts i 10 minuter jämfört med samma hö som ångbehandlats i 40 minuter (Moore-Colyer & Fillery, 2012). Ångbehandlingen minskade mängden bakterier och mögel med över 99 % medan blötläggning minskade mängden mögel med 73 % men ökade mängden bakterier 1,5 gånger jämfört med torrt hö (Moore-Colyer & Fillery, 2012). Samma trend påvisades i en annan, liknande studie (Daniels *et al.*, 2020), där både blötläggning och ångbehandling av hö reducerade antalet bakterier jämfört med torrt hö, men ångbehandlingen var mest effektiv. Förvaring av blötlagt och

ångbehandlat hö i 10 eller 25 °C under 24 h har visat att antalet mikroorganismer ökade i blötlagt men inte i ångbehandlat hö (Glatter *et al.*, 2021).

Att kombinera blötläggning och ångbehandling av hö har också testats och jämförts med att endast blötlägga i 16°C vatten under 9 h eller endast ångbehandla i 50 minuter. Resultaten visade att ångbehandling samt blötläggning följt av ångbehandling reducerade antalet bakterier och mögel jämfört med det obehandlade höet (Moore-Colyer *et al.*, 2014). I en jämförelse av kommersiell ångbehandling, ångbehandling i en hemmagjord ångmaskin, att hålla på kokande vatten, blötläggning i 10 minuter och ingen behandling alls av hö rapporterades att den kommersiella ångbehandlingen och blötläggningsen minskade antalet respirabla partiklar mest i höet (Moore-Colyer *et al.*, 2016).

7.2. Blötläggning och ångbehandling och dess effekt på olika näringsämnen i vallfoder

Blötläggning och ångbehandling av hö kan leda till förlust av råprotein, socker och mineralämnen. Vilken effekt det blir och hur stor den är varierar både inom och mellan studier. I några studier har blötläggning av hö inte påverkat råproteininnehållet alls (Mack *et al.*, 2014; Longland *et al.*, 2014) medan det har minskat i någon (Bochnia *et al.*, 2021) och ökat i andra (Argo *et al.*, 2015; Owens *et al.*, 2019). Ökningen av råproteininnehållet efter blötläggning beror sannolikt på att andra komponenter i fodret läcker ut i vattnet snabbare än vad råprotein gör och det är således en relativ ökning, det tillförs inget råprotein med vattnet. I en studie rapporterades att blötläggning av hö i 12 h reducerade mängden råprotein med 1,5-2 % av det ursprungliga innehållet i höets torrsbstans (Warr och Petch, 1993). I samma studie undersöktes också blötläggningens syreförbrukning vilken var förhållandevis hög och indikerade att det kan innebära ett miljöproblem att hålla ut det direkt på marken. Därför föreslogs det i denna studie att så kort blötläggningstid som möjligt användes. Blötläggning av tidigt skördat (vid knoppning) lusernhö eller sent skördat (vid blomning) hundäxinghö i 22 eller 39°C vatten under 12 h medförde ingen effekt på råproteininnehållet (Martinson *et al.*, 2012a). Samma behandlingar av senare skördat lusernhö (vid blomning) och tidigare skördat hundäxinghö (i vegetativt stadium) innebar att råproteininnehållet minskade i lusern och ökade (realitvt) i hundäxing (Martinson *et al.*, 2012a).

Tabell 4. Inverkan av blötläggning av vallfoder på dess innehåll av lättlösligt socker (WSC, water soluble carbohydrates) i g per kg torrsbstans från några studier

Typ av foder	Behandling	Ursprungligt WSC-innehåll	WSC-innehåll efter behandling	Referens
Lusernhö skördat vid knoppning	Blötläggning 15 min, 22°C	81	45	Martinson <i>et al.</i> , 2012b
Lusernhö skördat vid blomning	Blötläggning 15 min, 22°C	73	49	Martinson <i>et al.</i> , 2012b
Hundäxinghö skördat i vegetativt stadium	Blötläggning 15 min, 22°C	129	92	Martinson <i>et al.</i> , 2012b
Hundäxinghö skördat vid blomning	Blötläggning 15 min, 22°C	134	107	Martinson <i>et al.</i> , 2012b
Ensilage, 50 % timotej, 40 % ängssvingel, 10 % rödklöver	Blötläggning 12 h, 14-16 °C	24	16	Müller <i>et al.</i> , 2016
Hösilage, 50 % timotej, 40 % ängssvingel, 10 % rödklöver	Blötläggning 12 h, 14-16 °C	48	26	Müller <i>et al.</i> , 2016
Hö, 50 % timotej, 40 % ängssvingel, 10 % rödklöver	Blötläggning 12 h, 14-16 °C	95	54	Müller <i>et al.</i> , 2016
Ängshö, 1a skörd	Blötläggning 15 min, 22°C	101	88	Bochnia <i>et al.</i> , 2021
Ängshö, 1a skörd	Blötläggning 15 min, 22°C	66	65	Bochnia <i>et al.</i> , 2021
Ängshö, 1a skörd	Blötläggning 15 min, 22°C	120	91	Bochnia <i>et al.</i> , 2021
Ängshö, 1a skörd	Blötläggning 15 min, 22°C	25	25	Bochnia <i>et al.</i> , 2021

Sockerinnehållet kan minska i vallfoder som blötlagts eller ångbehandlats men storleken på sockerförlusten varierar mellan olika studier. I en studie (Martinson *et al.*, 2012b) ledde blötläggning av lusernhö och hundäxinghö i 15 min till en minskning av sockerhalten i varierande grad (tabell 4). Ingen ytterligare reduktion av sockerhalten uppkom vid längre blötläggningstid (15-60 min), däremot förlorade hundäxinghö skördat vid blomning mer socker ju längre tid det blötlades (upp till 12 h) (Martinson *et al.*, 2012b). I en annan studie rapporterades att blötläggning av hö i 12 h reducerade mängden socker med 2-4 % av det ursprungliga innehållet

i höets torrsubstans (Warr och Petch, 1993). Ju längre blötläggningstid, desto mer WSC lakades ut till vattnet. I andra studier har WSC-halten i blötlagt foder varit 48 % (Mack *et al.*, 2014), 67 % (Argo *et al.*, 2015) och 68 % (Owens *et al.*, 2019) av den ursprungliga halten. Blötläggning av ensilage, hösilage och hö som skördats från samma vall vid samma tidpunkt har visat att sockerinnehållet minskade till lite mer än hälften av ursprungsinnehållet i alla foder med 12 h blötläggning (tabell 4), och att 24 h blötläggning reducerade sockerinnehållet ytterligare i hö (till 40 % av ursprungsinnehållet) men inte i ensilage eller hösilage (Müller *et al.*, 2016). I samma studie påvisades också att ensilaget före blötläggning hade lägre sockerhalt än hö som blötlagts i 24 h. De olika resultat som framkommit i studierna av blötläggning av hö och dess effekt på sockerhalten har lett till frågeställningar om höets ursprungliga sockerinhåll i sig påverkar hur mycket socker som kan lakas ut. I en studie (Bochnia *et al.*, 2021) rapporterades att sockerinnehållet sjönk efter blötläggning i hö med 100-120 g WSC per kg ts men inte i hö som från början hade lägre sockerinhåll (tabell 4). Även vattentemperaturens inverkan på WSC-förluster vid blötläggning av hö har undersökts. I en studie visades att vid 8 °C minskade WSC-halten först efter 16 h blötläggning, medan en vattentemperatur på 16 °C gav WSC-förluster redan efter 1 h blötläggning, och WSC-halten minskade ytterligare vid 16 h blötläggning. Blötlades höet i 49 °C var minskningen som störst då 49 % lakades ur efter 16 h jämfört med 28 % i vatten med 8 °C. Blötläggning i 16 °C samt omrörning gav liknande resultat som blötläggning vid 49 °C (Longland *et al.*, 2014).

Vid ångbehandling av två olika hö bestående av en mix av lusern och hundäxing minskade sockerhalten i ett fall men inte i det andra (Earing *et al.*, 2013), och i en annan studie medförde ångbehandling ingen reduktion alls av sockerhalten (Owens *et al.*, 2019).

Även mineralinnehållet i vallfoder kan påverkas av blötläggning och ångbehandling. Urlakning av mineralämnen vid blötläggning kan innebära att foderstaten behöver kompletteras med högre mängd mineralfoder för att hästens mineralbehov skall täckas. I några studier har kalciuminnehållet inte reducerats alls vid blötläggning (Bochnia *et al.*, 2021) eller ångbehandling av hö (Earing *et al.*, 2013), medan en minskning på 6-25 % av ursprungsinnehållet av Ca redovisats i andra studier med blötlagt hö (Martinson *et al.*, 2012a; Mack *et al.*, 2014; Argo *et al.*, 2015). I samma studier har en varierande minskning av fosforinnehållet påvisats från i stort sett ingen alls vid 15 minuters blötläggning i varmt vatten (39°C; Martinson *et al.*, 2012a) till upp till 52 % förlust vid blötläggning i 12 h (Bochnia *et al.*, 2021). Ångbehandling av hö har resulterat i en reduktion av P-innehållet med ca 17 % (Earing *et al.*, 2013). Även halten av andra mineralämnen har påvisats minska i varierande grad vid blötläggning av hö; kaliumhalten minskade med 20-76 %, magnesiumhalten med 4-60 %, klorhalten med 72 % och svavelhalten med 24 % av ursprungsinnehållet (Martinson *et al.*, 2012a; Earing *et al.*, 2013; Mack *et*

al., 2014; Argo *et al.*, 2015; Bochnia *et al.*, 2021). Natriumhalten har påvisats både minska med 40-64 % av ursprungsinnehållet (Mack *et al.*, 2014; Argo *et al.*, 2015) och vara opåverkad efter blötläggning av hö i upp till 12 h (Bochnia *et al.*, 2021). Halten av koppar och järn har påvisats både minska, öka och vara opåverkade vid blötläggning av hö i upp till 12 h (Bochnia *et al.*, 2021)

7.3. Hästars respons på blötlagt och ångbehandlat vallfoder

7.3.1. Luftvägsrespons

Vilken effekt blötläggning eller ångbehandling av vallfoder haft på hästars luftvägar har undersökts på olika sätt. Vid utfodring av torrt hö eller samma hö som blötlagts några timmar innan utfodring till hästar påvisades i en studie att luftvägarnas immunförsvar (mastcellsvar i lungsköljprover) var förbättrat när det blötlagda höet utfodrades (Ferro *et al.*, 2000). I en annan studie där höet ångbehandlades rapporterades dock inga skillnader i luftvägsresponsen avseende cellsvar och inflammationssvar i lungsköljprover hos hästar med EA mellan torrt och ångbehandlat hö, även om höet efter ångbehandling hade ett lägre innehåll av antalet mögelsvampar (Orard *et al.*, 2018). Författarna drog slutsatsen att ångbehandling av hö inte var en effektiv metod för att minska symptomen hos hästar med EA. Ett nästan motsatt resultat har rapporterats i en annan studie där hästar som utfodrades med ångbehandlat hö hade 65 % lägre risk att diagnosticeras med inflammatorisk luftvägssjukdom jämfört med hästar som utfodrades med torrt hö (Dauvillier *et al.*, 2019). I samma studie visades också att utfodring med torrt hö gav två gånger högre risk att hästen hade delar av jäst och mögel i sköljprov från luftstrupen jämfört med vid utfodring av ångbehandlat hö, medan blötlagt hö inte innebar någon sådan lägre risk. Ett annat sätt att binda respirabla partiklar i hö är att behandla det med vegetabilisk olja. Det har undersökts och effekten har utvärderats med avseende på hästars lungfunktion och inflammation i luftvägarna jämfört med att utfodra med lusernpellets (Jochmans-Lemoine *et al.*, 2020). Det oljebehandlade höet resulterade inte i några skillnader i hästarnas lungfunktion jämfört med att utfodra med lusernpellets, däremot ökade hästarna i vikt mer då de utfodrades med det oljebehandlade höet.

7.3.2. Foderintag

Hästars frivilliga intag av hö kan påverkas av blötläggning och ångbehandling. I en studie rapporterades att hästars intag av hö med ursprungligt låg mängd mögel var detsamma före och efter ångbehandling, medan intaget av hö med ursprungligt större mängd mögel var högre efter jämfört med innan ångbehandling (Earing *et al.*, 2013). Effekten av blötläggning och ångbehandling av hö på foderintaget har också undersökts i en studie med sex varmbloodsston (Glatter *et al.*, 2021). Resultaten visade att hästarna åt långsammare under de första 60 minuterna av det ångbehandlade och det blötlagda höet jämfört med torrt hö, och att acceptansen för det blötlagda höet var lägre än för det ångbehandlade och det torra höet. Det ångbehandlade höet tuggades också mer intensivt än det blötlagda och det torra höet (Glatter *et al.*, 2021). I ytterligare en studie konsumerade hästar mindre av, och spenderade mindre tid på att äta, blötlagt jämfört med torrt eller ångbehandlat hö (Owens *et al.*, 2019).

7.3.3. Metabol respons och smältbarhet

Vilken inverkan blötläggning eller ångbehandling av vallfoder har på hästars metabola respons eller på smältbarheten av fodret har undersökts i ett fåtal studier.

I en jämförelse av hösilage, torrt hö och blötlagt hö som utfodrades till hästar med och utan insulinresistens var glukos- och insulinsvaret hos hästarna lägst vid utfodring med blötlagt hö (som hade lägst sockernehåll) och högst vid utfodring med hösilaget som hade högst sockernehåll (Carlake *et al.*, 2018). Höet och hösilaget kom inte från samma skörd och hade utöver olika sockernehåll även olika fiber- och proteinnehåll, så någon generell jämförelse mellan hö och hösilage kunde inte göras i denna studie. Däremot konstaterades att hästarnas insulinsvar följde fodermedlens sockerhalt samt att de insulinresistenta hästarna visade en kraftigare insulinrespons jämfört med de hästar som inte var insulinresistenta oavsett fodertyp, i likhet med vad som visats i andra studier (Lindåse *et al.*, 2018). I en annan jämförelse av torrt, blötlagt och ångbehandlat hö var glukosresponsen densamma hos hästar som utfodrades med dessa foder (Owens *et al.*, 2019).

Blötlagt hö utfodrat till överviktiga ponnyer har påvisats leda till en större viktnedgång än utfodring med torrt hö trots att smältbarheten för flera olika variabler var densamma eller högre för blötlagt hö (Argo *et al.*, 2015). Vidare studier behövs för att utröna varför.

8. Identifiering av kunskapsluckor

Ett flertal kunskapsluckor har identifierats sett till samtida och framtida hållbar vallfoderförsörjning av hästar. Inom flera olika områden har forskning påbörjats men lämnat ofullständiga svar, och inom några områden saknas forskning helt. Till exempel behövs ökad kunskap om hur olika vallarter, inklusive vallbaljväxter, kan användas i vallfoder för att kunna energi- och näringsförsörja olika hästkategorier med fokus på både prestation, hälsa och välfärd. Några av de utmaningar som finns redan i dagsläget är kostnaderna för insatsvaror i vallfoderproduktionen som till exempel handelsgödsel, sträckfilm för inplastning av ensilage- och hösilagebalar och diesel och el för att driva de olika maskiner som behövs för vallskörden. Behovet av N i form av handelsgödsel skulle kunna minska med en ökad användning vallbaljväxter som kan fixera N från luften. Inklusion av olika vallbaljväxter i vallfoder för hästar är därmed av stort intresse, men i dagsläget saknas kunskap om till exempel smältbarhet och utnyttjande av protein i vallbaljväxter hos hästar. Kunskap saknas också huruvida förekomsten av olika antinutritionella substanser i sådana arter utgör en begränsning för deras användning eller ej för olika hästkategorier. Det saknas också forskning om andra vallbaljväxter än lusern till hästar, vilket är av intresse att undersöka vidare som vallfoder till framför allt avelsston, föl och växande unghästar, men även för andra hästkategorier. Vidare saknas kunskap om vilka vallarter som passar bäst i vallfoder för hästar med förhållandevis lågt energi- och näringsbehov men som samtidigt behöver få långa ättider. För de högpresterande hästarna behövs mer forskning kring hur väl vallfoder kan täcka dessa hästars höga energi- och näringsbehov och specifikt hur glykogeninlagringen i musklernas celler påverkas av sådana foderstater. Sammantaget behövs studier som visar hur den inneboende variationen i olika vallväxter kan användas för att producera vallfoder anpassat för olika hästkategorier.

Kunskapen om i vilken grad vallfodret kan täcka behovet av mineralämnen och vitaminer hos olika hästkategorier är begränsad och ett bättre vetenskapligt underlag inom området är önskvärt, särskilt avseende vitaminer där även de metoder som används för att konservera fodret kan påverka innehållet. Detsamma gäller för hur vallfoder för hästar med avvikande glukosmetabolism och/eller insulinsvar skall vara utformat med avseende på vilka arter som bör ingå, plantmognad vid skörd och konserveringsform, för att nämna några av

frågeställningarna. Det saknas också kunskap om hur och var fruktaner bryts ned i hästens mag-tarmkanal, något som behöver tas fram för att kunna avgöra vilken betydelse fruktanerna i vallfoder har för hästutfodring.

Förekomsten av endofytsvampar och dess toxiner samt eventuella kopplingar till hälsoproblem hos hästar är mycket bristfälligt undersökt i Europa. Den kunskap som finns kommer från USA och i dagsläget är det okänt huruvida den kan appliceras direkt på svenska eller europeiska förhållanden. Det finns indikationer på att endofytsvampar är mer frekvent förekommande i långliggande vallar samt i gräs skördade i sen plantmognad, vilket skulle kunna utgöra ett problem i vallfoderproduktion för framför allt vuxna hästar med förhållandevis lågt energi- och näringsbehov. Likaså finns det mycket få studier av vilken betydelse mykotoxiner i vallfoder har för hästens hälsa och prestation. Överlag saknas mycket kunskap om eventuella samband mellan utfodringsrelaterade hälsoproblem hos hästar och vissa typer av vallfoder eller nedsatt hygienisk kvalitet i vallfoder, något som skulle behöva studeras vidare.

De studier som finns kring förekomsten av respirabla partiklar i vallfoder visar att det finns generella skillnader i halten av dessa mellan hö och inplastat vallfoder. De efterbehandlingar som görs av framför allt hö, ångbehandling och blötläggning, reducerar förvisso halten respirabla partiklar i fodret men verkar inte ha så stor effekt när hästarnas luftvägsrespons undersöks. De kan dessutom leda till förluster av näringsämnen vilka behöver kompenseras för vid utfodring. Det föranleder frågan om det är en hållbar väg att gå eller om andra insatser behöver göras i andra led av produktion, lagring och utfodring av vallfoder till hästar för att säkra dess hygieniska kvalitet.

Referenser

- Alstrom, I., Lauritzon, I. 1953. Provoking symptoms of pulmonary emphysema in horses aerogenically and alimentarily. Proceedings 15th International Veterinary Congress Stockholm, 1953, ss. 669-674.
- Andersen, B., Phippen, C., Frisvad, J. C., Emery, S., Eustace, R. A. 2020. Fungal and chemical diversity in hay and wrapped haylage for equine feed. *Mycotoxin Research* 36, 159-172.
- Argo, C.M., Dugdale, A.H.A., McGowan, C.M. 2015. Considerations for the use of restricted, soaked grass hay diets to promote weight loss in the management of equine metabolic syndrome and obesity. *Veterinary Journal* 206, 170-177.
- Asmundsson, T., Gunnarsson, E., Johannesson, T. 1983. "Haysickness" in Icelandic horses: precipitin tests and other studies. *Equine Veterinary Journal* 15, 229-232.
- Auger, E.J., Moore-Colyer, M.J.S. 2017. The effect of management regime on airborne respirable dust concentrations in two different types of horse stable design. *Journal of Equine Veterinary Science* 51, 105-109.
- Bahme, A.J. 1968. Cantharides toxicosis in the equine. *Southwestern Veterinarian* 21, 147-148.
- Bailey, S.R., Menzies-Gow, N.J., Harris, P.A., Habershon-Butcher, J.L., Crawford, C., Berhane, Y., Boston, R.C., Elliott, J. 2007. Effect of dietary fructans and dexamethasone administration on the insulin response of ponies predisposed to laminitis. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 231, 1365-1373.
- Battle, G.H., Jackson, S.G., Ba; Muker, J.P. 1988. Acceptability and digestibility of preservative-treated hay by horses. *Nutrition reports international* 37, 83-89.
- Berg, E.L., Fu, C.J., Porter, J.H., Kerley, M.S. 2005. Fructooligosaccharide supplementation in the yearling horse: Effects on fecal pH, microbial content, and volatile fatty acid concentrations. *Journal of Animal Science* 83, 1549-1553.
- Bergero, D., Meineri, G., Miraglia, N. and Peiretti, P.G. 2005. Apparent digestibility of hays in horses determined by total collection of faeces and

using internal marker methods. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 3, 199-202.

- Bergero, D., Peiretti, P.G. and Cola, E. 2002. Intake and apparent digestibility of perennial ryegrass haylages fed to ponies either at maintenance or at work. *Livestock Production Science* 77, 25-329.
- Bergero, D., Peiretti, P.G. 2011. Intake and apparent digestibility of permanent meadow hay and haylage in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science* 31, 67-71.
- Blanchard, G. 2005. Nutrition and developmental orthopaedic disease in the horse: investigations in relation to copper and zinc nutrition in France. *Nutritional biotechnology in the feed and food industries. Proceedings of Alltech's 21st Annual Symposium, Lexington, Kentucky, USA, 22-25 May 2005.* ss. 419-423.
- Blood, D.C., Henderson, J.A., Radostits, O.M., Arundel, J.H., Gay, C.C. 1979. *Veterinary Medicine.* 5th ed. Baillière Tindall, Cassell Ltd., London, UK. ss. 441-442.
- Bochnia, M., Pietsch, C., Wensch-Dorendorf, M., Greef, M., Zeyner, A. 2021. Effect of hay soaking duration on metabolizable energy, total and prececal digestible crude protein and amino acids, non-starch carbohydrates, macronutrients and trace elements. *Journal of Equine Veterinary Science* 101, 103452.
- Boosinger, T.R., Brendemuehl, J.P., Schumacher, J., Bransby, D.I., Kee, D., Shelby, R.A. 1995. Effects of short-term exposure to and removal from the fescue endophyte *Acremonium coenophialum* on pregnant mares and foal viability. *Biology of Reproduction Monographs* 1, 61-67.
- Borgia, L., Valberg, S., McCue, M., Watts, K., Pagan, J. 2011. Glycaemic and insulinaemic responses to feeding hay with different non-structural carbohydrate content in control and polysaccharide storage myopathy-affected horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95, 798-807.
- Botelho, M., Rebordão, M. R., Galvão, A. M., Pinto Bravo, P., Piotrowska-Tomala, K., Szóstek, A. Z., Wiczowski, W., Piskula, M., Skarzynski, D. J., Fradinho, M. J., Ferreira-Dias, G. M. 2012. Phytoestrogen coumestrol and its metabolite in mares' plasma after clover mixed pasture and alfalfa pellets ingestion. *EAAP Scientific Series* 132, pp. 49-54.
- Breuhaus, B.A. 2003. Thyroid function in mature horses ingesting endophyte-infected fescue seed. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 223, 340-345.
- Brøkner, C., Norgaard, P., Hansen, H. H. 2008. Effect of feed type and essential oil product on equine chewing activity. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 92, 621-630.

- Brøkner, C., Knudsen, K. E. B., Karaman, I., Eybye, K. L., Tauson, A. H. 2012. Chemical and physicochemical characterisation of various horse feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology* 177, 86-97.
- Buckley, T., Creighton, A., Fogarty, U. 2007. Analysis of Canadian and Irish forage, oats and commercially available equine concentrate feed for pathogenic fungi and mycotoxins. *Irish Veterinary Journal* 60, 231-236.
- Bulmer, L., McBride, S., Williams, K., Murray, J. A. 2015. The effects of a high-starch or high-fibre diet on equine reactivity and handling behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 165, 95-102.
- Burkin, A.A., Kononenko, G.P. 2015. Mycotoxin contamination of meadow grasses in European Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* 50, 503-512.
- Caloni, M.J., Cortinovia, C. 2010. Review: Effects of fusariotoxins in the equine species. *The Veterinary Journal* 186, 157-161.
- Caloni, M.J., Cortinovia, C. 2011. Review: Toxicological effects of aflatoxins in horses. *The Veterinary Journal* 188, 270-273.
- Canty, M. J., Fogarty, U., Sheridan, M. K., Ensley, S. M., Schrunk, D. E., More, S. J. 2014. Ergot alkaloid intoxication in perennial ryegrass (*Lolium perenne*): an emerging animal health concern in Ireland? *Irish Veterinary Journal* 67, 21.
- Capinera, J. L., Gardner, D. R., Stermitz, F. R. 1985. Cantharidin levels in blister beetles (Coleoptera: Meloidae) associated with alfalfa in Colorado. *Journal of Economic Entomology* 78, 1052-1055.
- Carrasco, L., Tarradas, M. C., Gomez Villamandos, J. C., Luque, I., Arenas, A., Mendez, A. 1997. Equine pulmonary mycosis due to *Aspergillus niger* and *Rhizopus stolonifer*. *Journal of Comparative Pathology* 117, 191-199.
- Carslake, H.B., Argo, C.M.G., Pinchbeck, G.L., Dugdale, A.H.A., McGowan, C.M. 2018. Insulinaemic and glycaemic responses to three forages in ponies. *The Veterinary Journal* 235, 83-89.
- Clauss, M., Schiele, K., Ortmann, S., Fritz, J., Codron, D., Hummel, J., Kienzle, E. 2014. The effect of very low food intake on digestive physiology and forage digestibility in horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 98, 107-118.
- Claussen, G., Schafer, J., Hessel, E.F. 2018. Effects of Watering/Steaming of Large Square Hay Bales on Particulate Matter Generation. *Journal of Equine Veterinary Science* 69, 119-128.
- Clements, J.M., Pirie, R.S. 2007a. Respirable dust concentrations in equine stables. Part 1: Validation of equipment and effect of various management systems. *Research in Veterinary Science* 83, 256- 262.

- Clements, J.M., Pirie, R.S. 2007b. Respirable dust concentrations in equine stables. Part 2: The benefits of soaking hay and optimising the environment in a neighbouring stable. *Research in Veterinary Science* 83, 263- 268.
- Cocq, K. le, Harris, P., Bell, N., Burden, F. A., Lee, M. R. F., Davies, D. R. 2022. Comparisons of commercially available NIRS-based analyte predictions of haylage quality for equid nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 283, 115158.
- Coenen, M., Mößeler, A., Vervuert, I. 2006. Fermentative gases in breath indicate that inulin and starch start to be degraded by microbial fermentation in the stomach and small intestine of the horse in contrast to pectin and cellulose. *Journal of Nutrition* 136, 2108S-2110S.
- Coenen, M., Kienzle, E., Vervuert, I., Zeyner, A. 2011. Recent German Developments in the Formulation of Energy and Nutrient Requirements in Horses and the Resulting Feeding Recommendations. *Journal of Equine Veterinary Science* 31, 219-229.
- Cohen, N.D., Vontur, C.A., Rakestraw, P.C. 2000. Risk factors for enterolithiasis among horses in Texas. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 216, 1787-1794.
- Connysson, M., Muhonen, S., Lindberg, J.E., Essén-Gustavsson, B., Nyman, G., Nostell, K. Jansson, A. 2006. Effects on exercise response, fluid and acid-base balance of protein intake from forage-only diets in standardbred horses. *Equine Veterinary Journal* 38 (S36), 648-653.
- Connysson, M., Essén-Gustavsson, B., Lindberg, J.E., Jansson, A. 2010. Effects of feed deprivation on Standardbred horses fed a forage-only diet and a 50: 50 forage-oats diet. *Equine veterinary journal* 42, 335-340.
- Connysson, M., Muhonen, S., Jansson, A. 2017. Road transport and diet affect metabolic response to exercise in horses. *Journal of Animal Science* 95, 4869-4879.
- Craig, A.M., Blythe, L.L., Durringer, J.M. 2014. The Role of the Oregon State University Endophyte Service Laboratory in Diagnosing Clinical Cases of Endophyte Toxicoses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62, 7376-7381.
- Cross, T., Maciver, A.M. 1968. The thermophilic actinomycetes in mouldy hay: *Micropolyspora faeni* sp. nov. *Journal of General Microbiology* 50, 351-359.
- Crozier, J.A., Allen, V.G., Jack, N.E., Fontenot, J.P., Cochran, M.A. 1997. Digestibility, apparent mineral absorption, and voluntary intake by horses fed alfalfa, tall fescue, and Caucasian bluestem. *Journal of Animal Science* 75, 1651-1658.

- Cuddeford, D., Woodhead, A., Muirhead, R., 1990. Potential of alfalfa as a source of calcium for calcium deficient horses. *Veterinary Record* 126, 425-429.
- Cuddeford, D., Pearson, R.A., Archibald, R.F., Muirhead, R.H., 1995. Digestibility and gastrointestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oat straw given to Thoroughbreds, Shetland ponies, Highland ponies and donkeys. *Animal Science* 61, 407-417.
- Cuddeford, D., Woodhead, A., Muirhead, R., 1992. A comparison between the nutritive value of short-cutting cycle, high temperature-dried alfalfa and timothy hay for horses. *Equine Veterinary Journal* 24, 84-89.
- Cymbaluk, N.F. 1990. Comparison of forage digestion by cattle and horses. *Canadian Journal of Animal Science* 70, 601-610.
- Cymbaluk, N.F., Christensen, D.A. 1986. Nutrient utilization of pelleted and unpelleted forages by ponies. *Canadian Journal of Animal Science* 66, 237-244.
- Cymbaluk, N.F., Millar, J.D., Christensen, D.A. 1986. Oxalate concentration in feeds and its metabolism by ponies. *Canadian Journal of Animal Science* 66, 1107-1116.
- Damke, C., Snyder, A., Uhlig, A., Coenen, M., Schusser, G.F. 2015. Impact of diet on 24-hour intragastric pH profile in healthy horses. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* 128, 45-349.
- Daniels, S., Hepworth, J., Moore-Colyer, M. 2020. The haybiome: Characterising the viable bacterial community profile of four different hays for horses following different pre-feeding regimens. *PLoS One*. 15 (11), 20, e0242373.
- Danielsen, K., Lawrence, L.M., Siciliano, P., Powell, D., Thompson, K. 1995. Effect of diet on weight and plasma variables in endurance exercised horses. *Equine Veterinary Journal*, 27(S18), 372-377.
- Darenius, K., Huss-Danell, K., Häggblom, P., Bylin, A. 2011. Svampgifter i vallgräs och reproduktionsproblem hos häst. *Svensk Veterinärtidning* 63, 21-24.
- Darlington, J.M., Hershberger, T.V. 1968. Effect of forage maturity on digestibility, intake and nutritive value of alfalfa, timothy and orchardgrass by equine. *Journal of Animal Science* 27, 1572-1576.
- Dauvillier, J., ter Woort, F., van Erck-Westergren, E. 2019. Fungi in respiratory samples of horses with inflammatory airway disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 33, 968-975.
- Dirscherl, P., Grabner, A., Buschmann, H. 1993. Responsiveness of basophil granulocytes of horses suffering from chronic obstructive pulmonary

- disease to various allergen. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 38, 217-227.
- Dixon, P. M., Railton, D. I., McGorum, B. C. 1995. Equine pulmonary disease: a case control study of 300 referred cases. Part 2: details of animals and of historical and clinical findings. *Equine Veterinary Journal* 27, 422-427.
- Donald, A.S., Fenlon, D.R., Seddon, B. 1995. The relationship between ecophysiology, indigenous microflora and growth of *Listeria monocytogenes* in grass silage. *Journal of Applied Bacteriology* 79, 141-148.
- Doreau, M., Moretti, C., Martin-Rosset, W. 1990. Effect of quality of hay given to mares around foaling on their voluntary intake and foal growth. *Annales de Zootechnie* 39, 125-131.
- Dougal, K., de la Fuente, G., Harris, P.A., Girdwood, S.E., Pinloche, E., Geor, R.J., Nielsen, B.D., Schott, H.C., Elzinga, S., Newbold, C.J. 2014. Characterisation of the faecal bacterial community in adult and elderly horses fed a high fibre, high oil or high starch diet using 454 Pyrosequencing. *PLOS One* 9 (2), e87424.
- Douthit, T. L., Bormann, J. M., Gradert, K. C., Lomas, L. W., DeWitt, S. F., Kouba, J. M. 2012. The impact of endophyte-infected fescue consumption on digital circulation and lameness in the distal thoracic limb of the horse. *Journal of Animal Science* 11, 3101-3111.
- Drobotko, V.G. 1945. Stachybotryotoxicosis, a new disease of horses and humans. *American Review of Soviet Medicine* 2, 238-242.
- Drogoul, C., Poncet, C., Tisserand, J.L. 2000a. Feeding ground and pelleted hay rather than chopped hay to ponies - 1. Consequences for in vivo digestibility and rate of passage of digesta. *Animal Feed Science and Technology* 87, 117-130.
- Drogoul, C., Poncet, C., Tisserand, J.L. 2000b. Feeding ground and pelleted hay rather than chopped hay to ponies - 2. Consequences on fibre degradation in the cecum and the colon. *Animal Feed Science and Technology* 87, 131-145.
- Drogoul, C., de Fombelle, A., Julliand, V. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: 2: Effect of three hay : grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science* 21, 487-491.
- Dulphy, J.P., Martin-Rosset, W., Dubroeuq, H., Ballet, J.M., Detour, A., Jailler, M. 1997a. Compared feeding patterns in ad libitum intake of dry forages by horses and sheep. *Livestock Production Science* 52, 49-56.
- Dulphy, J.P., Martin-Rosset, W., Dubroeuq, H., Jailler, M. 1997b. Evaluation of voluntary intake of forage trough-fed to light horses. Comparison with

- sheep. Factors of variation and prediction. *Livestock Production Science* 52, 97-104.
- Duncan, P. 1992. Horses and grasses. *The Nutritional Ecology of Equids and Their Impact on the Camargue*. Ecological Studies, vol. 87. Springer-Verlag Inc., New York, NY, USA.
- Dyer, J., Fernandez-Castaño Merediz, E., 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, 349-358.
- Earing, J.E., Cassill, B.D., Hayes, S.H., Vanzant, E.S., Lawrence, L.M. 2010. Comparison of in vitro digestibility estimates using the Daisy (II) incubator with in vivo digestibility estimates in horses. *Journal of Animal Science* 88, 3954-3963.
- Earing, J.E., Hathaway, M.R., Sheaffer, C.C., Hetchler, B.P., Jacobson, L.D., Paulson, J.C., Martinson, K.L. 2013. Effect of hay steaming on forage nutritive values and dry matter intake by horses. *Journal of Animal Science* 91, 5813-5820.
- Edouard, N., Fleurance, G., Martin-Rosset, W., Duncan, P., Dulphy, J.P., Grange, S., Baumont, R., Dubroeuq, H., Perez-Barberia, F.J., Gordon, I.J. 2008. Voluntary intake and digestibility in horses: effect of forage quality with emphasis on individual variability. *Animal* 2, 1526-1533.
- Edwards, W.C., Edwards, R.M., Ogden, L., Whaley, M. 1989. Cantharidin content of two species of Oklahoma blister beetles associated with toxicosis in horses. *Veterinary and Human Toxicology* 31, 442, 444, 494.
- Ellis, J.M., Hollands, T., Allen, D.E. 2002. Effect of forage intake on bodyweight and performance. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 66-70.
- Enhäll, J., Nordgren, M., Kättström, H. 2012. Hästhållning i Sverige 2010. Jordbruksverket Rapport 2012:1. Jönköping, Sverige.
- Escalona, E. E., Okell, C. N., Archer, D. C. 2013. Prevalence of and risk factors for colic in horses that display crib-biting behaviour. *BMC Veterinary Research* 10, 8.
- Essén-Gustavsson, B., Connysson, M., Jansson, A., 2010. Effects of crude protein intake from forage-only diets on muscle amino acids and glycogen levels in horses in training. *Equine Veterinary Journal*, 42, 341-346.
- Fayrer-Hosken, R.A., Hill, N.S., Heusner, G.L., Traylor-Wiggins, W., Turner, K. 2013. The effects of ergot alkaloids on the breeding stallion reproductive system. *Equine Veterinary Journal* 45, 44-47.
- Fernandes, K.A., Gee, E.K., Rogers, C.W., Kittelmann, S., Biggs, P.J., Bermingham, E.N., Bolwell, C.F., Thomas, D.G. 2021a. Seasonal

variation in the faecal microbiota of mature adult horses maintained on pasture in New Zealand. *Animals* 11, 2300.

- Fernandes, K.A., Rogers, C.W., Gee, E.K., Kittelmann, S., Bolwell, C.F., Bermingham, E.N., Biggs, P.J., Thomas, D.G. 2021b. Resilience of faecal microbiota in stabled thoroughbred horses following abrupt dietary transition between freshly cut pasture and three forage-based diets. *Animals* 2021, 11, 2611.
- Ferreira-Dias, G., Botelho, M., Zagrajczuk, A., Rebordao, M. R., Galvao, A. M., Bravo, P. P., Piotrowska-Tomala, K., Szostek, A. Z., Wiczkowski, W., Piskula, M., Fradinho, M. J., Skarzynski, D. J. 2013. Coumestrol and its metabolite in mares' plasma after ingestion of phytoestrogen-rich plants: Potent endocrine disruptors inducing infertility. *Theriogenology* 80, 684-692.
- Ferro, E. Ferrucci, F., Salimei, E., Antonin, M., Codazza, D., Caniotti, M. 2000. Relationship between the conditions of lower airways in healthy horses, environmental factors and air quality in stables. *Pferdeheilkunde* 16, 579-586.
- Firshman, A., Valberg, S.J., Bender, J.B., Finno, C.J. 2003. Epidemiological characteristics and management of polysaccharide storage myopathy in Quarter horses. *American Journal of Veterinary Research* 64, 1319-1327.
- Fonnesbeck, P.V., Lydman, R.K., Vander Noot, G.W., Symons, L.D. 1967. Digestibility of the proximate nutrients of forage by horses. *Journal of Animal Science* 26, 1039-1045.
- Fonnesbeck, P.V., Symons, L.D. 1969. Effect of diet on concentration of protein, urea nitrogen, sugar and cholesterol of blood plasma of horses. *Journal of Animal Science* 28, 216-219.
- Forsmark, P. 2006. Fodersammansättningens betydelse för tillväxt hos häst. Examensarbete 223. SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Uppsala.
- Franchini, M., Gill, U., Fellenberg, R. von, Bracher, V. D. 2000. Interleukin-8 concentration and neutrophil chemotactic activity in bronchoalveolar lavage fluid of horses with chronic obstructive pulmonary disease following exposure to hay. *American Journal of Veterinary Research* 61, 1369-1374.
- Franzen, P., Gustafsson, A., Gunnarsson, A. 1992. Botulism hos häst relaterad till utfodring med rundbalsensilage. *Svensk Veterinärtidning* 44, 555-559.
- Galey, F.D. 2001. Botulism in the horse. *Veterinary Clinics of North America-Equine Practice* 17, 579-587.
- Galik, B., Biro, D., Rolinec, M., Juracek, M., Simko, M., Herkel, R., Hanusovsky, O. 2016. The quality and nutritive value of meadow hay as a horse feed

from western region of Slovakia. 17th International Conference, Forage Conservation, 27 - 29 September, 2016, Horný Smokovec, Slovak Republic, 2016, 74-75 ref. 10.

- Galinelli, N., Wambacq, W., Broeckx, B.J.G., Hesta, M. 2019. High intake of sugars and starch, low number of meals and low roughage intake are associated with Equine Gastric Ulcer Syndrome in a Belgian cohort. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition Suppl.* 00, 1-6.
- Gallagher, J.R., Hintz, H. F., Schryver, H.F. 1984. A nutritional evaluation of chopped hay for equines. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 15, 349-352.
- Garlipp, F., Hessel, E.F., van den Hurk, M., Timmerman, M.F., Van den Weghe, H.F.A. 2010. The influence of a particle separation technology on the generation of airborne particles from different roughages and bedding materials used for horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 30, 545-559.
- Ghajar, S. M., McKenzie, H., Fike, J., McIntosh, B., Tracy, B. F. 2021. Evaluating digestibility and toxicity of native warm-season grasses for equines. *Translational Animal Science* 5, 1-13.
- Gill, D.M. 1982. Bacterial toxins: a table of lethal amounts. *Microbiological Reviews* 46, 86-94.
- Glatter, M. Bochnia, M., Wensch-Dorendorf, M., Greef, J. M., Zeyner, A. 2021. Feed intake parameters of horses fed soaked or steamed hay and hygienic quality of hay stored following treatment. *Animals* 11, 2729.
- Goehring, L.S., van Maanen C., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan M.M. 2005. Neurological syndromes among horses in the Netherlands: A 5 year retrospective survey (1999-2004). *Veterinary Quarterly* 27, 11-20.
- Gomez, A., Sharma, A.K., Grev, A., Sheaffer, C., Martinson, K. 2021. The horse gut microbiome responds in a highly individualized manner to forage lignification. *Journal of Equine Veterinary Science* 96, 103306.
- Goodwin, D., Davidson, H.P.B., Harris, P. 2002. Foraging enrichment for stabled horses: effects on behaviour and selection. *Equine Veterinary Journal* 34, 686-691.
- Goodwin, D., Davidson, H.P.B., Harris, P. 2007. Responses of horses offered a choice between stables containing single or multiple forages. *Veterinary Record* 160, 548-551.
- Graham, E., Himmelberger, L. R. 1916. Studies in Forage Poisoning. III. *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics* 29 (pt 2), 107-116.
- Graham-Thiers, P.M., Bowen, L.K. 2011. Effect of protein source on nitrogen balance and plasma amino acids in exercising horses. *Journal of Animal Science* 89, 729-735.

- Gregory, P.H., Lacey, M.E., Festenstein, G.N., Skinner, F.A. 1963. Microbiological and biochemical changes during the moulding of hay. *Journal of General Microbiology* 33, 147-174.
- Grev, A.M., Hathaway, M.R., Sheaffer, C.C., Wells, M.S., Reiter, A.S., Martinson, K.L. 2021. Apparent digestibility, fecal particle size, and mean retention time of reduced lignin alfalfa hay fed to horses. *Journal of Animal Science* 99, 10.
- Gudmundsdottir, K.B., Svansson, V., Aalbaek, B., Gunnarsson, E., Sigurdarson, S. 2004. *Listeria monocytogenes* in horses in Iceland. *Veterinary Record* 155, 456-459.
- Haenlein, G.F., Holdren, R.D., Yoon, Y.M. 1966. Comparative response of horses and sheep to different physical forms of alfalfa hay. *Journal of Animal Science* 25, 740-743.
- Hagler, W.M., Behlow, R.F. 1981. Salivary syndrome in horses: identification of slaframine in red clover hay. *Applied and Environmental Microbiology* 42, 1067-1073.
- Hanche-Olsen, S., Teige, J., Skaar, I., Ihler, C.F. 2008. Polyneuropathy associated with forage sources in Norwegian horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 22, 178-184.
- Hansen, N.C.K., Avershina, E., Mydland, L.T., Nasset, J.A., Austbo, D., Moen, B., Mage, I., Rudi, K. 2015. High nutrient availability reduces the diversity and stability of the equine caecal microbiota. *Microbial Ecology in Health and Disease* 26, 27216.
- Hansen, T.L., Fowler, A.L., Harlow, B.E., Hayes, S.H., Crum, A., Lawrence, L.M. 2021. Modeling digesta retention in horses fed high or low neutral detergent fiber concentration forages. *Livestock Science* 250, 104592.
- Harbers, L.H., McNally, L.K. and Smith, W.H. 1981. Digestibility of three grass hays by the horse and scanning electron microscopy of undigested leaf remnants. *Journal of Animal Science* 53, 1671-1677.
- Harris, P.A., Ellis, A.D., Fradinho, M.J., Jansson, A., Julliand, V., Luthersson, N., Santos, A.S., Vervuert, I. 2017. Review: Feeding conserved forage to horses: recent advances and recommendations. *Animal* 11, 958-967.
- Hassel, D.M., Aldridge, B.M., Drake, C.M., Snyder, J.R. 2008. Evaluation of dietary and management risk factors for enterolithiasis among horses in California. *Research in Veterinary Science* 85, 476-480.
- Hassel, D.M., Rakestraw, P.C., Gardner, I.A., Spier, S.J., Snyder, J.R. 2004. Dietary risk factors and colonic pH and mineral concentrations in horses with enterolithiasis. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 18, 349-349.

- Hassel, D.M., Spier, S.J., Aldridge, B.M., Watnick, M., Argenzio, R.A., Snyder, J.R. 2009. Influence of diet and water supply on mineral content and pH within the large intestine of horses with enterolithiasis. *The Veterinary Journal* 182, 44-49.
- Helman, R G., Edwards, W.C. 1997. Clinical features of blister beetle poisoning in equids: 70 cases (1983-1996). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 211, 1018-1021.
- Hillyer, M.H., Taylor, F.G.R., Proudman, C.J., Edwards, G.B., Smith, J.E., French, N.P. 2002. Case control study to identify risk factors for simple colonic obstruction and distension colic in horses. *Equine Veterinary Journal* 34, 455-463.
- Hintz, H.F., Argenzio, R.A. Schryver, H.F. 1971a. Digestion coefficients, blood glucose levels and molar percentage of volatile acids in intestinal fluid of ponies fed varying forage-grain ratios. *Journal of Animal Science* 33, 992-995.
- Hintz, H.F., Hogue, D.E., Walker, E.F., Jr., Lowe, J.E., Schryver, H.F. 1971b. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage-grain ratios. *Journal of Animal Science* 32, 245-248.
- Hintz, H.F., Schryver, H.F., Doty, J., Lakin, C., Zimmerman, R.A. 1984. Oxalic acid content of alfalfa hays and its influence on the availability of calcium, phosphorus and magnesium to ponies. *Journal of Animal Science* 58, 939-942.
- Hjärre, A., Carlström, B. 1933. Liver cirrhosis in the horse after feeding with *Trifolium hybridum*. *Skandinavisk Veterinär-Tidskrift* 23, 12-18.
- Hotchkiss, J.W., Reid, S.W.J., Christley, R.M. 2007. A survey of horse owners in Great Britain regarding horses in their care. Part 2: Risk factors for recurrent airway obstruction. *Equine Veterinary Journal* 39, 301-308.
- Hudson, J.M., Cohen, N.D., Gibbs, P.G., Thompson, J.A. 2001. Feeding practices associated with colic in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 219, 1419-1425.
- Hunter, J.M., Rohrbach, B.W., Andrews, F.M., Whitlock, R.H. 2002. Round bale grass hay: a risk factor for botulism in horses. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* 24, 166-169.
- Intemann, S., Reckels, B., Schubert, D., Wolf, P. Kamphues, J., Visscher, C. 2022. The hygienic status of different forage types for horses—A retrospective study on influencing factors and associations with anamnestic reports. *Veterinary Sciences* 9, 226.
- Jack, N.E., Armstrong, J.B., Kiesling, H.E., Ross, T.T. 1989. Digestibility of rain-damaged, moldy or undamaged alfalfa hay and growth of young horses.

Joint Meeting of the Western Section of the American Society of Animal Science / Western Branch of the Canadian Society of Animal Science 40, ss. 190-192.

- James, R., Moore-Colyer, M. 2010. The effect of steam treatment on the total viable count, mould and yeast numbers in hay using the Haygain hay steamer. In: Eds. Ellis, A. D., Longland, A. C., Coenen, M., Miraglia, N., The impact of nutrition on the health and welfare of horses. 5th European Workshop on Equine Nutrition, Cirencester, UK, 19-22 September, 2010, ss. 128-132.
- Jansson, A. (Red.). 2013. Utfodringsrekommendationer för hästar. Rapport 289. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Jansson, A., Lindberg, J. 2012. A forage-only diet alters the metabolic response of horses in training. *Animal* 6, 1939-1946.
- Jansson, A., Connysson, M., Lindberg, J.E., Dahlborn, K. 2018. Starch rich levels increase morning cortisol levels and activity heart rate responses. 9th European Workshop on Equine Nutrition, 16-18 June 2018, Uppsala Sweden.
- Jansson, A., Harris, P., Larsdotter Davey, S., Luthersson, N., Ragnarsson, S., Ringmark, S. 2021. Straw as an alternative to grass forage in horses – Effects on post-prandial metabolic profile, energy intake, behaviour and gastric ulceration. *Animals* 11, 2197.
- Jansson, A., Stéfansdóttir, G., Ragnarsson, S. 2016. Plasma insulin concentration increases linearly with body condition in Icelandic horses. *Acta Veterinaria Scandinavica* 58, 76.
- Jensen, R.B., Brøkner, C., Bach Knudsen, K.E., Tauson, A.H. 2010a. The effect of maturity of haylage on the apparent total tract digestibility of dietary fibre in horses. Proceedings of the 1st Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden, 23-24 June 2010. ss. 142-145.
- Jensen, R.B., Brøkner, C., Bach Knudsen, K.E. and Tauson, A.H. 2010b. A comparative study of the apparent total tract digestibility of carbohydrates in Icelandic and Danish Warmblood horses fed two different haylages and a concentrate consisting of sugar beet pulp and black oats. *Archives of Animal Nutrition* 64, 343-356.
- Jochmans-Lemoine, A., Picotte, K., Beauchamp, G., Vargas, A., Lavoie, J.P. 2020. Effects of a proprietary oiled mixed hay feeding system on lung function, neutrophilic airway inflammation and oxidative stress in severe asthmatic horses. *Equine Veterinary Journal* 52, 564-571.
- Johnson, A.L., McAdams, S.C., Whitlock, R.H. 2010. Type A botulism in horses in the United States: a review of the past ten years (1998-2008). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 22, 165-173.

- Johnstone, L.K., Mayhew, I.G., Fletcher, L.R. 2012. Clinical expression of lolitrem B (perennial ryegrass) intoxication in horses. *Equine Veterinary Journal* 44, 304-309.
- Kagan, I.A., Kirch, B.H., Thatcher, C.D., Strickland, J.R., Teutsch, C.D., Elvinger, F., Pleasant, R.S. 2011. Seasonal and diurnal variation in simple sugar and fructan composition of Orchardgrass pasture and hay in the Piedmont region of the United States. *Journal of Equine Veterinary Science* 31, 488-497.
- 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.
- Kampheus, J., Fimmen, H., Kustermann, S., Meyer, H. 1991. Lipopolysaccharides in feedstuffs for horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 11, 36-41.
- Kienzle, E., Mollmann, F., Nater, S., Wanner, M., Wichert, B. 2008. Mineral content of hay harvested in Bavarian and Swiss horse farms. Predictive value of cutting time, number of cut, botanical composition, origin and fertilization. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 92, 712-717.
- Kinde, H., Bettey, R. L., Ardans, A., Galey, F. D., Daft, B. M., Walker, R. L., Eklund, M. W., Byrd, J. W. 1991. *Clostridium botulinum* type-C intoxication associated with consumption of processed alfalfa hay cubes in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 199, 742-746.
- King, C., McEniry, J., Richardson, M., O’Kiely, P. 2012. Yield and chemical composition of five common grassland species in response to nitrogen fertiliser application and phenological growth stage. *Acta Agriculturae Scandinavica B Soil and Plant Science* 62, 644-658.
- Klotz, J.L., McDowell, K.J. 2017. Tall fescue ergot alkaloids are vasoactive in equine vasculature. *Journal of Animal Science* 95, 5151-5160.
- Kozhanova, N., Sarsembayeva, N., Lozowicka, B., Kozhanov, Z. 2021. Seasonal content of heavy metals in the “soil–feed–milk–manure” system in horse husbandry in Kazakhstan. *Veterinary World* 14, 29-47.
- Kramer, K.J., Kagan, I.A., Lawrence, L.M., Goff, B.M., Smith, S.R. 2020. Water-soluble carbohydrates of cool-season grasses: prediction of concentrations by near-infrared reflectance spectroscopy and evaluation of effects of genetics, management, and environment. *Journal of Equine Veterinary Science* 90, 103014.

- Krauss, J., Vikuk, V., Young, C.A., Krischke, M., Mueller, M.J., Baerenfaller, K. 2020. *Epichloe* endophyte infection rates and alkaloid content in commercially available grass seed mixtures in Europe. *Microorganisms* 8, 498.
- Kuchler, M., Zeyner, A., Susenbeth, A., Kienzle, E. 2020. The effect of crude protein content of the diet on renal energy losses in horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 104, 1494-1500.
- Künzle, F., Gerber, V., Van der Haegen, A., Wampfler, B., Straub, R., Marti, E. 2007. IgE-bearing cells in bronchoalveolar lavage fluid and allergen-specific IgE levels in sera from RAO-affected horses. *Journal of Veterinary Medicine Series a-Physiology Pathology Clinical Medicine* 54, 40-47.
- LaCasha, P.A., Brady, H.A., Allen, V.G., Richardson, C.R., Pond, K.R. 1999. Voluntary intake, digestibility, and subsequent selection of Matua bromegrass, coastal bermudagrass, and alfalfa hays by yearling horses. *Journal of Animal Science* 77, 2766-2773.
- Lacey, J. 1989. Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. *Journal of Applied Bacteriology* 67 (supplement), 11S-25S.
- Lacey J., Dutkiewicz, J. 1976. Methods for examining the microflora of mouldy hay. *Journal of Applied Bacteriology* 41, 13-27.
- Lacombe, V.A., Hinchcliff K.W., Geor R.J., Baskin, C.R. 2001. Muscle glycogen depletion and subsequent replenishment affect anaerobic capacity of horses. *Journal of Applied Physiology* 91, 1782-90.
- Le Cocq, K., Harris, P., Bell, N., Burden, F.A., Lee, M.R.F., Davies, D.R. 2022. Comparisons of commercially available NIRS-based analyte predictions of haylage quality for equid nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 283, 115-158.
- Lawrence, L.M., Moore, K.J., Hintz, H.F., Jaster, E.H., Wischover, L. 1987. Acceptability of alfalfa hay treated with an organic acid preservative for horses. *Canadian Journal of Animal Science* 67, 217-220.
- Lawrence, L. M., DiPietro, J., Ewert, K., Parrett, D., Moser, L., Powell, D. 1992. Changes in body weight and condition of gestating mares. *Journal of Equine Veterinary Science* 12, 355-358.
- Lea, K., Smith, L., Gaskill, C., Coleman, R., Smith, S. R. 2014. Ergovaline stability in tall fescue based on sample handling and storage methods. *Frontiers in Chemistry* 2, 76.
- Lehner, A.F., Craig, M., Fannin, N., Bush, L., Tobin, T. 2005. Electrospray + tandem quadrupole mass spectrometry in the elucidation of ergot alkaloids

chromatographed by HPLC: screening of grass or forage samples for novel toxic compounds. *Journal of Mass Spectrometry* 40, 1484-1502.

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.

Lindåse, S.T. 2017. Insulin sensitivity and postprandial insulin response in equines. Doktorsavhandling. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2017:82. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Lindroth, K.M., Johansen, A., Båverud, V., Dicksved, J., Lindberg, J.E., Müller, C.E. 2020. Differential defecation of solid and liquid phases in horses-A descriptive survey. *Animals* 10, 76.

Lindroth, K.M., Lindberg, J.E., Johansen, A., Müller, C.E. 2021. Feeding and management of horses with and without free faecal liquid: A case-control study. *Animals* 11, 2552.

Lindroth, K.M., Dicksved, J., Vervuert, I. Müller, C.E. 2022. Chemical composition and physical characteristics of faeces in horses with and without free faecal liquid – two case control studies. *BMC Veterinary Research* 18, 2.

Longland, A.C., Barfoot, C., Harris, P.A., 2014. Effect of period, water temperature and agitation on loss of water-soluble carbohydrates and protein from grass hay: implications for equine feeding management. *The Veterinary Record* 174, 5.

Longland, A.C., Barfoot, C. and Harris, P.A., 2018. Exercised ponies fed hay and three concentrate feeds: Apparent digestibility, nutritive value, observed versus calculated digestible energy and behavior. *Journal of Equine Veterinary Science* 62, 32-39.

Lowman, R. S., Theodorou, M. K., Hyslop, J. J. ,Dhanao, M. S., Cuddeford, D. 1999. Evaluation of an in vitro batch culture technique for estimating the in vivo digestibility and digestible energy content of equine feeds using equine faeces as the source of microbial inoculum. *Animal Feed Science and Technology* 80, 11-27.

Lundqvist, H., Müller, C.E. 2022. Feeding time in horses provided roughage in different combinations of haynets and on the stable floor. *Applied Animal Behaviour Science* 253, 105685.

Mack, S.J., Dugdale, A.H., Argo, C.M., Morgan, R.A., McGowan, C.M., 2014. Impact of water-soaking on the nutrient composition of UK hays. *The Veterinary Record*. 174, 452.

MacKay, R.J., Wollenman, P. 1981. An outbreak of blister beetle poisoning in horses in Florida. *Florida Veterinary Journal* 10, 11-13.

- MacLeay, J., Sorum, S.A., Valberg, S., Marsh, W., Sorum, M.D. 1999. Epidemiologic analysis of factors influencing exertional rhabdomyolysis in Thoroughbreds. *American Journal of Veterinary Research* 60, 1562-1566.
- Madelin, T.M., Clarke, A.F., Mair, T.S. 1991. Prevalence of serum precipitating antibodies in horses to fungal and thermophilic actinomycete antigens: effects of environmental challenge. *Equine Veterinary Journal* 23, 247-252.
- Marti, E., Gerber, H., Essich, G., Oulehla, J., Lazary, S. 1991. The genetic basis of equine allergic diseases 1. Chronic hypersensitivity bronchitis. *Equine Veterinary Journal* 23, 457-460.
- Martinson, K.L., Hathaway, M., Jung, H., Sheaffer, C. 2012a. The effect of soaking on protein and mineral loss in Orchardgrass and Alfalfa hay. *Journal of Equine Veterinary Science* 32, 776-782.
- Martinson, K.L., Jung, H., Hathaway, M., Sheaffer, C. 2012b. The effect of soaking on carbohydrate removal and dry matter loss in orchardgrass and alfalfa hays. *Journal of Equine Veterinary Science* 32, 332-338.
- McCann, J.S., Heusner, G., Amos, H.E., Thompson, Jr D. L. 1992. Growth rate, diet digestibility, and serum prolactin of yearling horses fed non-infected and infected tall fescue hay. *Journal of Equine Veterinary Science* 12, 240-243.
- McCarthy, D.J., Ravenel, M.P. 1903. A pathology for forage poisoning, or the so-called epizootic cerebro-spinal meningitis of horses. (A Preliminary Report.) *The Journal of medical research* 10, 243-249.
- McCarthy, H.E., French, N.P., Edwards, G.B., Poxton, I.R., Kelly, D.F., Payne-Johnson, C.E., Miller, K., Proudman, C.J. 2004. Equine grass sickness is associated with low antibody levels to *Clostridium botulinum*: a matched case-control study. *Equine Veterinary Journal* 36, 123-129.
- McCown, S., Brummer, M., Hayes, S., Olson, G., Smith, S.R., Lawrence, L. 2012. Acceptability of Teff hay by horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 32, 327-331.
- McDowell, K.J., Moore, E.S., Parks, A.G., Bush, L.P., Horohov, D.W., Lawrence, L.M. 2013. Vasoconstriction in horses caused by endophyte-infected tall fescue seed is detected with Doppler ultrasonography. *Journal of Animal Science* 91, 1677-1684.
- McGorum, B.C., Dixon, P.M., Halliwell, R.E.W. 1993. Responses of horses affected with chronic obstructive pulmonary disease to inhalation challenges with mould antigens. *Equine Veterinary Journal* 25, 261-267.

- McGorum, B.C., Ellison, J., Cullen, R.T. 1998. Total and respirable airborne dust endotoxin concentrations in three equine management systems. *Equine Veterinary Journal* 30, 430-434.
- McGowan, C. 2008. The role of insulin in endocrinopathic laminitis. *Journal of Equine Veterinary Science* 28, 603-607.
- McGreevy, P.D., Cripps, P.J., French, N.P., Green, L.E., Nicol, C.J. 1995. Management factors associated with stereotypic and redirected behaviour in the Thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal* 27, 86-91.
- 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, 693-701.
- McNally, L.K., Harbers, L.H. and Smith, W.H. 1980. Nutritive value of three Kansas hays for the mature horse. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 83, 36-43.
- Mesochina, P., Martin-Rossett, W., Peyraud, J-L., Duncan, P., Micol, P., Boulot, S. 1998. Prediction of the digestibility of the diet of horses: evaluation of faecal indices. *Grass and Forage Science* 53, 189-196.
- Meyer, H., Stadermann, B., Schnurpel, B., Nehring, T. 1992. The influence of type of diet (roughage or concentrate) on the plasma level, renal excretion, and apparent digestibility of calcium and magnesium in resting and exercising horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 12, 233-239.
- Meyer, K., Hummel, J., Clauss, M. 2010. The relationship between forage cell wall content and voluntary food intake in mammalian herbivores. *Mammal Review* 40, 221-245.
- Michalak, I., Godlewska, K., Marycz, K. 2019. Biomass enriched with minerals via biosorption process as a potential ingredient of horse feed. *Waste and Biomass Valorization* 10, 3403-3418.
- Milnovich, G.J., Trott, D.J., Burrell, P.C., van Eps, A.W., Thoenner, M.B., Blackall, L.L., Al Jassim, R.A.M., Morton, J.M., Pollitt, C.C. 2006. Changes in equine hindgut bacterial populations during oligofructose-induced laminitis. *Environmental Microbiology* 8, 885-898.
- Miraglia, N., Bergero, D., Polidori, M., Peiretti, P.G., Ladetto, G. 2006. The effects of a new fibre-rich concentrate on the digestibility of horse rations. *Livestock Science* 100, 10-13.
- Miraglia, N., Polidori, M., Bergero, D., Meineri, G., Peiretti, P. G. 2008. Apparent digestibility of a dietetic feed in equine nutrition. *Journal of Food Agriculture & Environment* 6, 295-298.

- Mitchell, C.A. 1922. Preliminary report on equine botulism in Canada. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 61, 609-619.
- Mitranescu, E., Furnaris, F., Tapaloaga, D., Tudor, L., Parvu, M., Petcu, C., Simion, V. 2007. Researches concerning the industrial pollution and its influence on water, forages and horses in a Limitrophe area of a non-ferrous chemical unit. *Lucrari Stiintifice - Universitatea de Stiinte Agricole a Banatului Timisoara, Medicina Veterinara* 40, 475-480.
- Miyaji, M., Ueda, K., Kobayashi, Y., Hata, H., Kondo, S. 2008a. Fiber digestion in various segments of the hindgut of horses fed grass hay or silage. *Animal Science Journal* 79, 339-346.
- Miyaji, M., Ueda, K., Nakatsuji, H., Tomioka, T., Kobayashi, Y., Hata, H., Kondo, S. 2008b. Mean retention time of digesta in the different segments of the equine hindgut. *Animal Science Journal* 79, 89-96.
- Miyaji, M., Ueda, K., Hata, H. Kondo, S. 2011. Effects of quality and physical form of hay on mean retention time of digesta and total tract digestibility in horses. *Animal Feed Science and Technology* 165, 61-67.
- Miyaji, M., Ueda, K., Hata, H. and Kondo, S. 2014. Effect of grass hay intake on fiber digestion and digesta retention time in the hindgut of horses. *Journal of Animal Science* 92, 1574-1581.
- Miyazaki, S., Fukumura, M., Yoshioka, M., Yamanaka, N. 2001. Detection of endophyte toxins in the imported perennial ryegrass straw. *Journal of Veterinary Medical Science* 63, 1013-1015.
- Monroe, J.L., Cross, D.L., Hudson, L.W., Hendricks, D.M., Kennedy, S.W., Bridges, W.C. 1988. Effect of selenium and endophyte-contaminated fescue on performance and reproduction in mares. *Journal of Equine Veterinary Science* 8, 148-153.
- Moore, J.L., Siciliano, P.D., Pratt-Phillips, S.E. 2019. Effects of exercise on voluntary intake, morphometric measurements, and oral sugar test response in horses on *ad libitum* forage. *Comparative Exercise Physiology* 15, 209-218.
- Moore, J.L., Siciliano, P.D., Pratt-Phillips, S.E. 2019. Voluntary energy intake and expenditure in obese and lean horses consuming *ad libitum* forage. *Journal of Equine Veterinary Science* 74, 13-20.
- Moore-Colyer, M.J.S. 1996. Effect of soaking hay fodder for horses on dust and mineral content. *Animal Science* 63, 337-342.
- Moore-Colyer, M. J. S., Fillery, B. G. 2012. The effect of three different treatments on the respirable particle content, total viable count and mould concentrations in hay for horses. *EAAP Scientific Series* 132, ss. 101-106.

- Moore-Colyer, M.J.S., Longland, A.C. 2000. Intakes and *in vivo* apparent digestibilities of four types of conserved grass forage by ponies. *Animal Science* 71, 527-534.
- Moore-Colyer, M.J.S., Lumbis, K., Longland, A., Harris, P. 2014. The effect of five different wetting treatments on the nutrient content and microbial concentration in hay for horses. *PLOS One* 9, e114079.
- Moore-Colyer, M.J.S., Morrow, H.J., Longland, A. 2003. Mathematical modelling of digesta passage rate, mean retention time and *in vivo* apparent digestibility of two different lengths of hay and big-bale grass silage in ponies. *British Journal of Nutrition* 90, 109-118.
- Moore-Colyer, M.J.S., Taylor, J.L.E., James, R. 2016. The effect of steaming and soaking on the respirable particle, bacteria, mould, and nutrient content in hay for horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 39, 62-68.
- Moore-Colyer, M., Longland, A., Harris, P., Zeef, L., Crosthwaite, S. 2020. Mapping the bacterial ecology on the phyllosphere of dry and post soaked grass hay for horse. *Plos One* 15, e0227151.
- Morgan, E. 1940. Mouldy hay a cause of broken wind in horses and abortion in cows and mares. *Veterinary Journal* 96, 51-53.
- Morris, D.D., Moore, J.N., Ward, S. 1989. Comparison of age, sex, breed, history and management in 229 horses with colic. *Equine Veterinary Journal* Suppl. 7, 129-132.
- Muhonen, S., Connysson, M., Lindberg, J. E., Julliand, V., Bertilsson, J., Jansson, A. 2008a. Effects of crude protein intake from grass silage-only diets on the equine colon ecosystem after an abrupt feed change. *Journal of Animal Science* 86, 3465-3472.
- Muhonen, S., Lindberg, J.E., Bertilsson, J. and Jansson, A. 2008b. Effects on fluid balance, digestion and exercise response in Standardbred horses fed silage, haylage and hay. *Comparative Exercise Physiology* 5, 133-142.
- Muhonen, S., Julliand, V., Lindberg, J.E., Bertilsson, J. and Jansson, A., 2009. Effects on the equine colon ecosystem of grass silage and haylage diets after an abrupt change from hay. *Journal of Animal Science* 87, 2291-2298.
- Muhonen, S., Sadet-Bourgeteau, S., Julliand, V. 2021. Effects of differences in fibre composition and maturity of forage based diets on the microbial ecosystem and its activity in equine caecum and colon digesta and faeces. *Animals* 11, 2337.
- Murray, J.A.M.D., Longland, A. C., Davies, D. R., Hastie, P. M., Moore-Colyer, M., Dunnett, C. 2007. The effect of enzyme treatment on the nutritive value of lucerne for equids. *Livestock Science* 112, 52-62.

- Müller, C. E. 2005. Fermentation patterns of small-bale silage and haylage produced as a feed for horses. *Grass and Forage Science* 60, 109-118.
- Müller, C.E. 2009. Long-stemmed vs. cut haylage in bales – Effects on fermentation, aerobic storage stability, equine eating behaviour and characteristics of equine faeces. *Animal Feed Science and Technology* 152, 307-321.
- Müller, C.E. 2011. Equine ingestion of haylage harvested at different plant maturity stages. *Applied Animal Behaviour Science* 134: 144-151.
- Müller, C.E. 2012. Equine digestion of diets based on haylage harvested at different plant maturities. *Animal Feed Science and Technology* 177, 65-74.
- Müller, C.E., Halling, M., Ergon, Å., Jensen, R.B. 2020. “Den gode, den onde och den fule” – kolhydrater i gräsarter till hästfoder. Konferensrapport. 4–5 februari 2020, Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtproduktionsekologi. Rapport 30. ss. 101-103.
- Müller, C.E., Hultén, C., Gröndahl, G. 2011. Assessment of hygienic quality of haylage fed to healthy horses. *Grass and Forage Science* 66, 453-463.
- Müller, C. E., Johansen, A. 2020. Rebalancing of silage and haylage and its effects on forage microbial and chemical composition - A pilot study. *Grass and Forage Science* 75, 216-226.
- Müller, C.E., Möller, J., Jensen, S.K., Udén, P. 2007. Tocopherol and carotenoid levels in baled silage and haylage in relation to horse requirements. *Animal Feed Science and Technology* 137, 182-197.
- Müller, C.E., Nostell, K., Bröjer, J. 2015. Microbial counts in forages for horses- Effect of storage time and of water soaking before feeding. *Journal of Equine Veterinary Science* 35, 622-627.
- 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.
- Müller, C.E., Udén, P. 2007. Preference of horses for grass conserved as hay, haylage or silage. *Animal Feed Science and Technology* 132, 66-78.
- Müller, C.E., von Rosen, D., Udén, P. 2008. Effect of forage conservation method on microbial flora and fermentation pattern in forage and in equine colon and faeces. *Livestock Science* 119, 116-128.
- Müller, J. 1963. Equine and bovine botulism in Denmark. *Bulletin de l'Office International des Epizooties* 59, 1379-1390.

- Mäenpää, P.H., Koskinen, T., Koskinen, E. 1988. Serum profiles of vitamins A, E and D in mares and foals during different seasons. *Journal of Animal Science* 66, 1418-1423.
- Ninomiya, S., Kusunose, R., Sato, S., Terada, M., Sugawara, K. 2004. Effects of feeding methods on eating frustration in stabled horses. *Animal Science Journal* 75, 465-469.
- Noergard, P., Raff, L., Poulsgaard, U., Eriksen, L., Soeland, T.M. 2006. Mean chewing time in horses fed different forages supplemented with concentrates. Sandoval-Castro, C. A., Hovell, D., Torres-Acosta, J.F.J., Ayala-Burgos, A. *Herbivores: assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. ss. 131-134.
- NRC, 2007. *Nutrient Requirements of Horses*. 6th revised edition. Animal Nutrition Series. The National Academies Press, Washington D.C., USA.
- Obel, N.J., Schmitterlöw, C.G. 1948. The action of histamine and other drugs on the bronchial tone in horses suffering from alveolar emphysema (heaves). *Acta Pharmacology* 4, 71-80.
- Obitsu, T., Hata, H., Taniguchi, K. 2015. Nitrogen digestion and urea recycling in Hokkaido native horses fed hay-based diets. *Animal Science Journal* 86, 159-165.
- O'Connor-Robison, C.I., Nielsen, B.D., Morris, R. 2007. Cellulase supplementation does not improve the digestibility of a high-forage diet in horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 27, 535-538.
- Olave, C.J., Ivester, K.M., Couetil, L.L., Kritchevsky, J.E., Tinkler, S.H., Mukhopadhyay, A. 2021. Dust exposure and pulmonary inflammation in Standardbred racehorses fed dry hay or haylage: A pilot study. *Veterinary Journal* 271, 105654.
- Oliveira, K. de Sa, J. C. de, Costa, C., Meirelles, P.R. de L., Fachiolli, D. F., Pereira, A. M. 2018. Identification of the predictors of preference for alfalfa hay by equines. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal* 19, 301-314.
- Orard, M., Hue, E., Courouge, A., Bizon-Mercier, C., Toquet, M.P., Moore-Colyer, M., Couetil, L., Pronost, S., Paillot, R., Demoor, M., Richard, E. A. 2018. The influence of hay steaming on clinical signs and airway immune response in severe asthmatic horses. *BMC Veterinary Research* 14, 345.
- Ordakowski, A.L., Kronfeld, D.S., Holland, J.L., Hargreaves, B.J., Gay, L.S., Harris, P.A., Dove, H., Sklan, D. 2001. Alkanes as internal markers to estimate digestibility of hay or hay plus concentrate diets in horses. *Journal of Animal Science* 79, 1516-1522.

- Ordakowski-Burk, A.L., Quinn, R.W., Shellem, T.A., Vough, L.R. 2006. Voluntary intake and digestibility of reed canarygrass and timothy hay fed to horses. *Journal of Animal Science* 84, 3104-3109.
- Oruc, H.H., Akkoc, A., Uzunoglu, I., Kennerman, E. 2010. Nitrate poisoning in horses associated with ingestion of forage and alfalfa. *Journal of Equine Veterinary Science* 30, 159-162.
- Owens, T.G., Barnes, M., Gargano, V.M., Julien, L., Mansilla, W.D., Devries, T.J., McBride, B.W., Merckies, K., Shoveller, A.K. 2019. Nutrient content changes from steaming or soaking timothy-alfalfa hay: effects on feed preferences and acute glycemic response in Standardbred racehorses. *Journal of Animal Science* 97, 4199-4207.
- Pagan, J.D., Harris, P., Brewster-Barnes, T., Duren, S.E., Jackson, S.G. 1998. Exercise affects digestibility and rate of passage of all-forage and mixed diets in thoroughbred horses. *The Journal of nutrition* 128, 2704S-2707S.
- Palmgren-Karlsson, C., Lindberg, J.E., Rundgren, M. 2000. Associative effects on total tract digestibility in horses fed different ratios of grass hay and whole oats. *Livestock Production Science* 65, 143-153.
- Pearson, R.A., Archibald, R.F., Muirhead, R.H. 2001. The effect of forage quality and level of feeding on digestibility and gastrointestinal transit time of oat straw and alfalfa given to ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition* 85, 599-606.
- Pearson, R.A., Merritt, J.B. 1991. Intake, digestion and gastrointestinal transit time in resting donkeys and ponies and exercised donkeys given ad libitum hay and straw diets. *Equine Veterinary Journal* 23, 339-343.
- Peltonen, T., Kossila, V., Syrjälä, L., Immonen, I. 1978. Feeding value of grass molasses pellets and their influence on the faecal microbiota of horses. *Annales Agriculturae Fenniae* 17, 109-114.
- Pendergraft, J., Arns, M. J. Brazle, F. K. 1993. Tall fescue utilization by exercised yearling horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 13, 548-552.
- Peterson, D.E., Schultheiss, P.C. 1984. Ulcerative stomatitis in horses due to ingestion of hay containing plant awns. *Veterinary Medicine & Small Animal Clinician* 79, 1509-1511.
- Porter, J.K., Bacon, C.W., Plattner, R.D., Arrendale, R.F. 1987. Ergot peptide alkaloid spectra of *Claviceps*-infected Tall fescue, wheat, and barley. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 35, 359-361.
- Potts, L., Hinkson, J., Graham, B., Loest, C., Turner, J. 2010. Nitrogen retention and nutrient digestibility in geldings fed grass hay, alfalfa hay, or alfalfa cubes. *Journal of Equine Veterinary Science* 30, 330-333.

- Puschner, B., Chen, X., Read, D., Affolter, V.K. 2016. Alfalfa hay induced primary photosensitization in horses. *Veterinary Journal* 211, 32-38.
- Ragnarsson, S., Jansson, A. 2011. Comparison of grass haylage digestibility and metabolic plasma profile in Icelandic and Standardbred horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95, 273-279.
- Ragnarsson, S., Lindberg, J.E. 2008. Nutritional value of timothy haylage in Icelandic horses. *Livestock Science* 113, 202-208.
- Ragnarsson, S., Lindberg, J.E. 2010a. Impact of feeding level on digestibility of a haylage-only diet in Icelandic horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94, 623-627.
- Ragnarsson, S., Lindberg, J.E., 2010b. Nutritional value of mixed grass haylage in Icelandic horses. *Livestock Science* 131, 83-87.
- Ramseyer, A., Gaillard, C., Burger, D. Straub, R., Jost, U., Boog, C., Marti, E., Gerber, V. 2007. Effects of genetic and environmental factors on chronic lower airway disease in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 21, 149-156.
- Raymond, S.L., Curtis, E.F., Clarke, A.F. 1994. Comparative dust challenges faced by horses when fed alfalfa cubes or hay. *Equine Practice* 16, 42-47.
- Raymond, S.L., Curtis, E.F., Winfield, L.M., Clarke, A.F. 1997. A comparison of respirable particles associated with various forage products for horses. *Equine Practice* 19, 23-26.
- Raymond, S.L., Heiskanen, M., Smith, T.K., Reiman, M., Laitinen, S., Clarke, A.F. 2000. An investigation of the concentrations of selected *Fusarium* mycotoxins and the degree of mold contamination of field-dried hay. *Journal of Equine Veterinary Science* 20, 616-621.
- Redbo, I., Redbo-Torstensson, P., Ödberg, F.O., Hedendahl, A., Holm, J. 1998. Factors affecting behavioural disturbances in race-horses. *Animal Science* 66, 475-481
- Redmond, L.M., Cross, D.L., Jenkins, T.C., Kennedy, S.W. 1991. The effect of *Acremonium coenophalum* on intake and digestibility of tall fescue hay horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 11, 215-219.
- Reeves, M.J., Gay, J.M., Hilbert, B.J., Morris, R. S. 1989. Association of age, sex and breed factors in acute equine colic: A retrospective study of 320 cases admitted to a veterinary teaching hospital in the USA. *Preventive Veterinary Medicine* 7, 149-160.
- Reichel, J. 1934. Forage poisoning as noted by Leonard Pearson and subsequent developments. *Univ. Pennsylvania Bulletin of Veterinary Extension Quarterly* 34 (54), 1-6.

- Revolv, T., Abayneh, T., Brun-Hansen, H., Kleppe, S.L., Ropstad, E.O., Hellings, R.A., Sorum, H. 2015. *Listeria monocytogenes* associated keratoconjunctivitis in four horses in Norway. *Acta Veterinaria Scandinavica* 57, 76.
- Ricketts, S.W., Greet, T.R.C., Glyn, P.J., Ginnett, C.D.R., McAllister, E.P., McCaig, J., Skinner, P.H., Webbon, P.M., Frape, D.L., Smith, G.R., Murray, L.G. 1984. Thirteen cases of botulism in horses fed big bale silage. *Equine Veterinary Journal* 16, 515-518.
- Ringmark, S. 2014. A forage-only diet and reduced high intensity training distance in standardbred horses growth, health and performance. Doktorsavhandling. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2014:80. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ringmark, S., Jansson, A. 2013. Insulin response to feeding forage with varying crude protein and amino acid content in horses at rest and after exercise. *Comparative Exercise Physiology* 9, 209-217.
- Ringmark, S., Roepstorff, L., Essen-Gustavsson, B., Revold, T., Lindholm, A., Hedenstrom, U., Rundgren, M., Ögren, G., Jansson, A. 2013. Growth, training response and health in Standardbred yearlings fed a forage-only diet. *Animal* 7, 746-753.
- Ringmark, S., Revold, T. and Jansson, A. 2017a. Effects of training distance on feed intake, growth, body condition and muscle glycogen content in young Standardbred horses fed a forage-only diet. *Animal* 11, 1718-1726.
- Ringmark, S., Roepstorff, L., Hedenström, U., Lindholm, A. and Jansson, A. 2017b. Reduced training distance and a forage-only diet did not limit race participation in young Standardbred horses. *Comparative Exercise Physiology* 13, 265-272.
- Roberts, M.C. 1975. Carbohydrate digestion and absorption studies in the horse. *Research in Veterinary Science* 18, 64-69.
- Robinson, N.E., Karmaus, W., Holcombe, S.J., Carr, E.A., Derksen, F.J. 2006. Airway inflammation in Michigan pleasure horses: prevalence and risk factors. *Equine Veterinary Journal* 38, 293-299.
- Robison, C.I., Nielsen, B.D., LeCompte, R.A., Harris, P. 2017. Chopping hay before feeding does not influence fecal particle size, blood variables, or water intake in 3-year-old Arabians. *Journal of Equine Veterinary Science* 54, 118-122.
- Rodiek, A.V., Jones, B.E. 2012. Voluntary intake of four hay types by horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 32, 579-583.
- Rohrbach, B.W., Green, E., Oliver, J.W., Schneider, J.F. 1995. Aggregate risk study of exposure to endophyte-infected (*Acremonium coenophialum*) tall

- fescue as a risk factor for laminitis in horses. *American Journal of Veterinary Research* 56, 22-26.
- Saastamoinen, M., Manninen, M., Rantanen, A. 1992. Compounded pelleted fiber feed and hay pellets as substitutes for hay in horse feeding. *Agricultural Science in Finland* 1, 225-232.
- Saastamoinen, M., Särkijärvi, S., Valtonen, E. 2020. The effect of diet composition on the digestibility and fecal excretion of phosphorus in horses: A potential risk of P leaching? *Animals* 10, 14.
- Saastamoinen, M., Särkijärvi, S., Suomala, H., 2021. Protein source and intake effects on diet digestibility and N excretion in horses - A risk of environmental N load of horses. *Animals* 11, 3568.
- Salem, S.E., Maddox, T.W., Berg, A., Antczak, P., Ketley, J.M., Williams, N.J., Archer, D.C. 2018. Variation in faecal microbiota in a group of horses managed at pasture over a 12-month period. *Scientific reports* 8, 8510.
- Salter, R.E., Hudson, R.J. 1979. Feeding ecology of feral horses in Western Alberta. *Journal of Rangeland Management* 32, 221 - 225.
- Sander, S.J., Brauer, M., Aboling, S., Fink-Gremmels, J., Kamphues, J. 2017. A case of ryegrass staggers (intoxication with Lolitrem B) after feeding straw from the grass seed production to horses. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 26, 59.
- Sarrafchi, A., Blokhuis, H.J., 2013. Review article: Equine stereotypic behaviors: Causation, occurrence, and prevention. *Journal of Veterinary Behaviour* 8, 386-394.
- Schaafstra, F.J.W.C., van Doorn, D. A., Schonewille, J. T., van Riet, M. M. J., Visser, P., Blok, M. C., Hendriks, W. H. 2017. Evaluation of methodological aspects of digestibility measurements in ponies fed different haylage to concentrate ratios. *Animal* 11, 1922-1929.
- Schenck, J., Müller, C.E. 2014. Microbial composition before and after conservation of grass-dominated haylage harvested early, middle, and late in the season. *Journal of Equine Veterinary Science* 34, 593-601.
- Schenck, J.S., Djurle, A., Jensen, D.F., Müller, C.E., O'Brien, M., Spörndly, R. 2019a. Filamentous fungi in wrapped forages determined with different sampling and culturing methods. *Grass and Forage Science* 74, 29-41.
- Schenck, J.S., Müller, C.E., Djurle, A., Funck Jensen, D., O'Brien, M., Johansen, A., Rasmussen, P.H., Spörndly, R. 2019b. Occurrence of filamentous fungi and mycotoxins in wrapped forages in Sweden and Norway and their relation to chemical composition and management. *Grass and Forage Science* 74, 613-625.

- Schoeb, T.R., Panciera, R.J. 1978. Blister beetle poisoning in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 173, 75-77.
- Schultz, C.L., Lodge-Ivey, S.L., Bush, L.P., Craig, A.M., Strickland, J.R. 2006. Effects of initial and extended exposure to an endophyte-infected tall fescue seed diet on faecal and urinary excretion of ergovaline and lysergic acid in mature geldings. *New Zealand Veterinary Journal* 54, 178-184.
- Schurg, W.A., Pulse, R.E., Holtan, D.W., Oldfield, J.E. 1978. Use of various quantities and forms of ryegrass straw in horse diets. *Journal of Animal Science* 47, 1287-1291.
- Schwarz, F.J., Sliwinski, H., Schuster, M., Rosenberger, E. 2005. Variation in the nutrient composition of different feedstuffs for horses. *Pferdeheilkunde* 21, 9-10.
- Seddon, H.R. 1927. Bone Chewing and Carrion Poisoning (Osteophagia and Botulism and Parabotulism). *Australian Veterinary Journal* 3 (4), 136-141.
- Seguin, V., Lemauiel-Lavenant, S., Garon, D., Bouchart, V., Gallard, Y., Blanchet, B., Diquelou, S., Personeni, E., Gauduchon, P., Ourry, A. 2010a. An evaluation of the hygienic quality in single-species hays and commercial forages used in equine nutrition. *Grass and Forage Science* 65, 304-317.
- Seguin, V., Lemauiel-Lavenant, S., Garon, D., Bouchart, V., Gallard, Y., Blanchet, B., Diquelou, S., Personeni, E., Gauduchon, P., Ourry, A. 2010b. Effect of agricultural and environmental factors on the hay characteristics involved in equine respiratory disease. *Agriculture Ecosystems & Environment* 135, 206-215.
- Shepherd, M.L., Swecker, W.S., Jensen, R.V. and Ponder, M.A. 2012. Characterization of the fecal bacteria communities of forage-fed horses by pyrosequencing of 16S rRNA V4 gene amplicons. *FEMS Microbiology Letters* 326, 62-68.
- Siegers, E.W., Anthonisse, M., van Eerdenburg, F.J.C.M., van den Broek, J., Wouters, I.M., Westermann, C.M. 2018. Effect of ionization, bedding, and feeding on air quality in a horse stable. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 32, 1234-1240.
- SJV, 2022. Hönshirs – ogräs med stor fröproduktion.
<https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtskydd/vaxtskyddsatgarder/honshirs>
 Hämtad: 2023-02-02
- Sliwinsky, H., Krabisch, P., Rosenberger, E., Schwarz, F. J. 2005. Hygienic quality of different forages and concentrates for horses. *Pferdeheilkunde* 21, 26.

- Smith, D. 1973. The non-structural carbohydrates. Chapter 3. In: Butler, G.W. & Bailey, R.W. Chemistry and biochemistry of herbage. Vol 1. Academic Press Inc., London, Ltd. pp. 109-110.
- Smolders, E.A.A., Steg, A., Hindle, V.A. 1990. Organic matter digestibility in horses and its prediction. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38, 435-447.
- Sorensen, R. J., Drouillard, J. S., Douthit, T. L., Ran, Q. H., Marthaler, D. G., Kang, Q., Vahl, C. I., Lattimer, J. M. 2021. Effect of hay type on cecal and fecal microbiome and fermentation parameters in horses. *Journal of Animal Science* 99, 1-10.
- Spooner, H.S., Nielsen, B.D., Schott, H.C., O'Connor-Robison, C.I., Harris, P.A., 2013a. Hydration status of horses performing endurance exercise: I. Evidence for a role of diet. *Comparative Exercise Physiology* 9, 189-197.
- Spooner, H.S., Nielsen, B.D., Schott, H.C., O'Connor-Robison, C.I., Harris, P.A., 2013b. Hydration status of horses performing endurance exercise: II. Evidence for a role of dietary fibre type, not oil supplementation. *Comparative Exercise Physiology* 9, 199-207.
- Staniar, W.B., Bussard, J.R., Repard, N.M., Hall, M.H., Burk, A.O. 2010. Voluntary intake and digestibility of teff hay fed to horses. *Journal of Animal Science* 88, 3296-3303.
- Stockdale, C., Moore-Colyer, M.J.S. 2010. Steaming hay for horses: the effect of three different treatments on the respirable particle numbers in hay treated in a Haygain steamer. In: Eds. Ellis, A. D., Longland, A. C., Coenen, M., Miraglia, N. The impact of nutrition on the health and welfare of horses. 5th European Workshop on Equine Nutrition, Cirencester, UK, 19-22 September, 2010. ss. 136-138.
- Sturgeon, L.S., Baker, L.A., Pipkin, J.L., Haliburton, J.C. and Chirase, N.K. 2000. The digestibility and mineral availability of Matua, Bermuda grass, and Alfalfa hay in mature horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 20, 45-48.
- Sundberg, M., Lindahl, C., Artursson, K., Lundin, G. 2008. Mögeltillväxt i hö under vinterlagring. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr. 363. JTI-Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala. 44 s.
- Suthers, J.M., Pinchbeck, G.L., Proudman, C.J., Archer, D.C. 2013. Risk factors for large colon volvulus in the UK. *Equine Veterinary Journal* 45, 558-563.
- Sykes, B.W., Hewetson, M., Hepburn, R.J., Luthersson, N., Tamzali, Y. 2015. European College of Equine Internal Medicine Consensus Statement - Equine Gastric Ulcer Syndrome in Adult Horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 29, 1288-1299.

- Szostek, A.Z., Sadowska, A., Piotrowska-Tomala, K.K., Botelho, M., Fradinho, M.J., Rebordao, M.R., Ferreira-Dias, G.M., Skarzynski, D.J. 2016. The effect of coumestrol on progesterone and prostaglandin production in the mare: *in vitro* and *in vivo* studies. *Biology of Reproduction* 95, 69.
- Särkijärvi, S., Sormunen-Cristian, R., Heikkila, T., Rinne, M., Saastamoinen, M. 2012. Effect of grass species and cutting time on *in vivo* digestibility of silage by horses and sheep. *Livestock Science* 144, 230-239.
- Takagi, H., Hashimoto, Y., Yonemochi, C., Asai, Y., Yoshida, T., Ohta, Y., Ishibashi, T., Watanabe, R. 2002. Digestibility of nutrients of roughages determined by total feces collection method in Thoroughbreds. *Journal of Equine Science* 13, 23-27.
- Takeda, A., Suzuki, E., Kamei, K., Nakata, H. 1991. Detection and identification of loline and its analogues in horse urine. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 39, 964-968.
- Tesarowski, D.B., Viel, L., McDonell, W.N. 1996. Pulmonary function measurements during repeated environmental challenge of horses with recurrent airway obstruction (heaves). *American Journal of Veterinary Research* 57, 1214-1219.
- Theiler, A., Robinson, E.M. 1923. Paratuberculosis in Equines. *Revue generale de Medecine veterinaire* 36 (424), 193-199.
- Thorne, J.B., Goodwin, D., Kennedy, M.J., Davidson, H.P.B., Harris, P. 2005. Foraging enrichment for individually housed horses: Practicality and effects on behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 94, 149-164.
- Thorringer, N.W., Weisbjerg, M.R., Jensen, R.B. 2022. Mobile bag technique for estimation of nutrient digestibility when hay is supplemented with alternative fibrous feedstuffs in horses. *Animal Feed Science and Technology* 283, 115168.
- Tinker, M.K., White, N.A., Lessard, P., Thatcher, C.D., Pelzer, K.D., Davis, B., Carmel, D.K. 1997. Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Veterinary Journal* 29, 454-458.
- Todd, L.K., Sauer, W.C., Christopherson, R.J., Coleman, R.J., Caine, W.R. 1995. The effect of feeding different forms of alfalfa on nutrient digestibility and voluntary intake in horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 73, 1-8.
- Turnquist, S.E., Ostlund, E.N., Kreeger, J.M., Turk, J.R. 2001. Foxtail-induced ulcerative stomatitis outbreak in a Missouri stable. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 13, 238-240.
- Uden, P., Van Soest, P. J. 1982. Comparative digestion of timothy (*Phleum pratense*) fibre by ruminants, equines and rabbits. *British Journal of Nutrition* 47, 262-272.

- Van Eps, A.W., Pollitt, C.C. 2006. Equine laminitis induced with oligofructose. *Equine Veterinary Journal* 38, 203-208.
- Van Weyenberg, S., Buyse, J., Kalmar, I.D., Swennen, Q., Janssens, G.P.J. 2012. Voluntary feed intake and leptin sensitivity in *ad libitum* fed obese ponies following a period of restricted feeding: a pilot study. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97, 624-631.
- Vander Noot, G.W., Symons, L.D., Lydman, R.K. and Fannesbeck, P.V. 1967. Rate of passage of various feedstuffs through the digestive tract of horses. *Journal of Animal Science* 26, 1309-1311.
- Vander Noot, G.W. and Gilbreath, E.B. 1970. Comparative digestibility of components of forages by geldings and steers. *Journal of Animal Science* 31, 351-355.
- Vandenput, S., Istasse, L., Nicks, B., Lekeux, P. 1997. Airborne dust and aeroallergen concentrations in different sources of feed and bedding for horses. *Veterinary Quarterly* 19, 157-158.
- Vandenput, S., Duvivier, D. H., Votion, D., Art, T., Lekeux, P. 1998a. Environmental control to maintain stabled COPD horses in clinical remission: effects of pulmonary function. *Equine Veterinary Journal* 30, 93-96.
- Vandenput, S., Votion, D., Duvivier, D. H., Van Erck, E., Anciaux, N., Art, T., Lekeux, P. 1998b. Effect of a set stabled environmental control on pulmonary function and airway reactivity of COPD affected horses. *Veterinary Journal* 155, 189-195.
- Varloud, M., de Fombelle, A., Goachet, A.G., Drogoul, C., Julliand, V. 2004. Partial and total apparent digestibility of dietary carbohydrates in horses as affected by the diet. *Animal Science* 79, 61-72.
- Vermorel, M., Martin-Rosset, W., Vernet, J. 1997a. Energy utilization of twelve forages or mixed diets for maintenance by sport horses. *Livestock Production Science* 47, 157-167.
- Vermorel, M., Vernet, J., Martin-Rosset, W. 1997b. Digestive and energy utilisation of two diets by ponies and horses. *Livestock Production Science* 51, 13-19.
- Vernet, J., Vermorel, M., Martin-Rosset, W. 1995. Energy cost of eating long hay, straw and pelleted food in sport horses. *Animal Science* 61, 581-588.
- Vervuert, I., Brussow, N., Bochnia, M., Hollands, T., Cuddeford, D., Coenen, M. 2013. Electromyographic evaluation of masseter muscle activity in horses fed (i) different types of roughage and (ii) maize after different hay allocations. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97, 515-521.

- Vikuk, V., Young, C.A., Lee, S.T., Nagabhyru, P., Krischke, M., Mueller, M.J., Krauss J. 2019. Infection rates and alkaloid patterns of different grass species with systemic *Epichloë endophytes*. *Applied Environmental Microbiology* 85:e00465-19.
- Warr, E.M., Petch, J. L. 1993. Effects of soaking hay on its nutritional quality. *Equine Veterinary Education* 5, 169-171.
- Warren, J., Owen, R., Glanvill, A., Francis, A., Maboni, G., Nova, R.J., Wapenaar, W., Rees, C., Totemeyer, S. 2015. A new bovine conjunctiva model shows that *Listeria monocytogenes* invasion is associated with lysozyme resistance. *Veterinary Microbiology* 179, 76-81.
- Webb, G.W., Webb, S.P., Humes, R.A. 2008. Effect of ingestion of endophyte-infested fescue on post-exercise recovery of horses. *Journal of Equine Veterinary Science* 28, 363-366.
- Wernery, U., Nothelfer, H.B., Bohnel, H., Collins, W.R. 1996. Equine intestinal clostridiosis in a group of polo ponies in Dubai, United Arab Emirates. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* 109, 10-13.
- Whittaker, A.G., Hughes, K.J., Parkin, T.D.H., Love, S. 2009. Concentrations of dust and endotoxin in equine stabling. *Veterinary Record* 165, 293-295.
- Wichert, B., Nater, S., Wittenbrink, M. M., Wolf, P., Meyer, K., Wanner, M. 2008. Judgement of hygienic quality of roughage in horse stables in Switzerland. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 92, 432-437.
- Wichtel, J.J., Whitlock, R.H. 1991. Botulism associated with feeding alfalfa hay to horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 199, 471-472.
- Willing, B., Vörös, A., Roos, S., Jones, C., Jansson, A., Lindberg, J.E. 2009. Changes in faecal bacteria associated with concentrate and forage-only diets fed to horses in training. *Equine Veterinary Journal* 41, 908-914.
- Witham, C.L., Stull, C.L. 1998. Metabolic responses of chronically starved horses to refeeding with three isoenergetic diets. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 212, 691-696.
- Witte, S.T., Will, L.A., Olsen, C.R., Kinker, J.A., Millergraber, P. 1993. Chronic selenosis in horses fed locally produced alfalfa hay. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 202, 406-409.
- Woodward, A.D., Nielsen, B.D., Liesman, J., Lavin, T., Trottier, N.L. 2011. Protein quality and utilization of timothy, oat-supplemented timothy, and alfalfa at differing harvest maturities in exercised Arabian horses. *Journal of Animal Science* 89, 4081-4092.

- Youngblood, R.C., Filipov, N.M., Rude, B.J., Christiansen, D.L., Hopper, R.M., Gerard, P.D., Hill, N.S., Fitzgerald, B.P., Ryan, P.L. 2004. Effects of short-term early gestational exposure to endophyte-infected tall fescue diets on plasma 3,4-dihydroxyphenyl acetic acid and fetal development in mares. *Journal of Animal Science* 82, 2919-2929.
- Zhao, X., Müller, C.E. 2015. Macro- and micromineral content of wrapped forages for horses. *Grass and Forage Science* 71, 195-207.
- Zhu, Y.P., Wang, X.F., Deng, L., Chen, S.L., Zhu, C.Y., Li, J. 2021a. Effects of pasture grass, silage, and hay diet on equine fecal microbiota. *Animals* 11, 1330.
- Zhu, Y.P., Wang, X.F., Liu, B., Yi, Z.W., Zhao, Y.F., Deng, L., Holyoak, R., Li, J. 2021b. The effect of ryegrass silage feeding on equine fecal microbiota and blood metabolite profile. *Frontiers in Microbiology* 12, 715709.
- Ögren, G., Holtenius, K., Jansson, A. 2013. Phosphorus balance and fecal losses in growing Standardbred horses in training fed forage-only diets. *Journal of Animal Science* 91, 2749-2755.

Bilaga 1

Söksträngar med sökord

Web of Science Core Collection:

TS=(((ley* or forage* or silage* or hay or haylage or chaff or haycube or wrap hay or roughage or moist hay or "barn dried" or "field dried")) AND

TS=(coldblood or draught horse or racehorse or riding horse or warmblood or thoroughbred or standardbred or show jumper or "show jumper" or sport horse or dressage horse or reining horse or quarter horse or leisure horse or working horse or saddle horse or harness horse or slaughter horse or anglo arabian or arabian or anglo arabians or arabs or trotter or pacer) OR (TI=(horse or equine or pony or ponies or mare or stallion or colt or gelding or foal or fillies or filly or yearling or broodmare) OR AB=(horse or equine or pony or ponies or mare or stallion or colt or gelding or foal or fillies or filly or yearling or broodmare))

No limit

CAB Abstracts:

TS=(((ley* or forage* or silage* or hay or haylage or chaff or haycube or wrap hay or roughage or moist hay or "barn dried" or "field dried")) AND

TS=(coldblood or draught horses or racehorse or riding nose or warmblood or thoroughbred or standardbred or show jumper or "show jumper" or sport horse or dressage horse or reining horse or quarter horse or leisure horse or working horses or saddle horses or harness horse or slaughter horse OR horse or equine or pony or ponies or mare or stallion or colt or gelding or foal or fillies or filly or yearling or broodmare or anglo arabian or arabian or anglo arabians or arabs or trotter or pacer)

Medline:

TS=(((ley* or forage* or silage* or hay or haylage or chaff or haycube or wrap hay or roughage or moist hay or "barn dried" or "field dried"))

AND

TS=(coldblood or draughthorses or racehorse or ridinghorse or warmblood or thoroughbred or standardbred or showjumper or "show jumper" or sporthorse or dressagehorse or reininghorse or quarterhorse or leisurehorse or workinghorses or saddlehorses or harnesshorse or slaughterhorse OR horse or equine or pony or ponies or mare or stallion or colt or gelding or foal or fillies or filly or yearling or broodmare or angloarabian or arabian or angloarabians or arabians or trotter or pacer)

Scopus:

TITLE-ABS-

KEY ((ley OR forage* OR silage* OR hay OR haylage OR chaff OR haycube OR wrap hay OR roughage OR moist hay OR "barn dried" OR "field dried") AND*

TITLE-ABS-

KEY (coldblood OR draughthorses OR racehorse OR ridinghorse OR warmblood OR thoroughbred OR standardbred OR showjumper OR "show jumper" OR sporthorse OR dressagehorse OR reininghorse OR quarterhorse OR leisurehorse OR workinghorses OR saddlehorses OR harnesshorse OR slaughterhorse OR horse OR equine OR pony OR ponies OR mare OR stallion OR colt OR gelding OR foal OR fillies OR filly OR yearling OR broodmare OR angloarabian or arabian or angloarabians or arabians or trotter or pacer)

Sammanlagt resultat före deduplikation: => 17862

Efter deduplikation => 11220

Efter manuell deduplikation => 10969

Tillägg litteratursökning för endofyter för att undvika överlapp med redan utförd sökning:

1. Ovanstående söksträng med tillägget AND endofyter*,
2. Ovanstående söksträng med tilläggen fescue or ryegrass i blocket med hay, haylage etc., och AND endofyter*.
- 3: sökning 2 minus sökning 1

Sammanlagt resultat före deduplikation: => 266

Efter deduplikation: => 144

Bilaga 2

Tabell 2:1. Komplement till tabell 1. Ytterligare studier där frivillig konsumtion av vallfoder hos hästar rapporterats, men där intaget inte redovisats i proportion till hästarnas kroppsvikt. NDF, neutral detergent fiber, en fiberfraktion som omfattar växtcellväggar cellulosa, hemicellulosa och lignin. Metabolisk kroppsvikt = kroppsvikten^{0,75}

Ingående arter	Konserverat som	Hästar	Ålder	Innehåll av NDF eller växttråd i g per kg ts	Frivilligt intag	Referens
Ej angivet	Hö	Welsh-korsning	Vuxna	ej angivet	1,5 % ts av kroppsvikten	Moore-Colyer and Longland, 2000
Ej angivet	Hösilage	Welsh-korsning	Vuxna	ej angivet	1,8 % ts av kroppsvikten	Moore-Colyer and Longland, 2000
Ej angivet	Ensilage, storbal	Welsh-korsning	Vuxna	ej angivet	1,7 % ts av kroppsvikten	Moore-Colyer and Longland, 2000
Ej angivet	Ensilage, limpa	Welsh-korsning	Vuxna	ej angivet	0,9 % ts av kroppsvikten	Moore-Colyer and Longland, 2000
Foderlosta	Hö 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	NDF 750	8,45 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Foderlosta	Hö 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	NDF 760	9,78 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Hundäxing	Hö, 2a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 230	79,8 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Hundäxing	Hö, 1a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 309	80,9 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968

Hundäxing	Hö, 3e skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 380	82,5 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Hundäxing	Hö 1a skörd före blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 718	9,58 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Lusern i blomning	Hö	Quarter	1 år	ej angivet	>3 % ts av kroppsvikten	Lawrence <i>et al.</i> , 1987
Lusern i blomning	Syra- konserverat hö	Quarter	1 år	ej angivet	>3 % ts av kroppsvikten	Lawrence <i>et al.</i> , 1987
Lusern, 1a skörd	Hö	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 283	95,1 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Lusern, 2a skörd	Hö	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 327	87,4 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Lusern, 3e skörd	Hö	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 387	65 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Lusern	Hö 1a skörd före blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 488	10,55 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Lusern	Hö 1a skörd början av blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 602	9,07 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörflen	Hö 1a skörd före blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 611	7,75 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörflen	Hö 1a skörd före blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 705	9,64 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rödklöver	Hö 1a skörd full blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 467	9,27 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörsvingel	Hö 1a skörd före blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 693	9,43 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörsvingel	Hö 1a skörd före blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 714	6,72 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörsvingel , sen skörd	Hö +10% kraftfoder	Anglo- arab och	Vuxna, högdräkti ga	NDF 715	10,9-11,3 kg ts/häst och dag	Doreau <i>et al.</i> , 1990

		Selle Francais				
Rörsvingel , sen skörd	Hö +10% kraftfoder	Anglo- arab och Selle Francais	Vuxna, lakterand e v 3	NDF 715	18,6 kg ts/häst och dag	Doreau <i>et al.</i> , 1990
Timotej	Hö, 1a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 325	82,3 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Timotej	Hö, 2a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 351	87 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Timotej	Hö, 3e skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Växttråd 364	82,2 g ts/kg metabolisk kroppsvikt	Darlington and Hershberger, 1968
Timotej	Hö 1a skörd före blomning	Varm- blodig travhäst	Vuxna	NDF 718	8,82 kg ts/ häst och dag	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Ängshö och foderlösta	Hö +10% kraftfoder	Anglo- arab och Selle Francais	Vuxna, högräkti ga	NDF 523	12,1-12,7 kg ts/häst och dag	Doreau <i>et al.</i> , 1990
Ängshö och foderlösta	Hö +10% kraftfoder	Anglo- arab och Selle Francais	Vuxna, lakterand e v 3	NDF 523	21,1 kg ts/häst och dag	Doreau <i>et al.</i> , 1990

Bilaga 3

Tabell 3:1. Sammanställning av data från studier där smältbarheten för olika typer av vallfoder undersökts och som ligger till grund för rapportens figur 2 och 3. Fiberinnehållet har redovisats som Neutral detergent fiber NDF där så varit möjligt, men i några studier har fiberinnehållet och dess smältbarhet istället angetts som växttråd vilket noterats med fotnot i tabellen. Tabellen är uppdelad i sektioner för vallväxter i renbestånd och vallfoder med fler än en art. Data listas efter stigande halt av fiber (NDF) i fodret inom varje sektion

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Art	Typ	Häst	Ålder	Metod	Torr- substans %	Råprotein g/kg ts	Fiber g/kg ts	Torr- substans	Råprotein	Fiber	Referens
Vallbaljväxter											
Lusern	Hö	Quarter	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	91	226	358	73		57	Potts <i>et al.</i> , 2010 ²
Lusern	Hö	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	-	176	363	-	74	38	Cuddeford <i>et al.</i> , 1992 ¹
Lusern	Hö	Quarter	1 år	Träckuppsamling 5 d	-	200	365	63	83	24	LaCasha <i>et al.</i> , 1999
Lusern	Hö	Highland ponny	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	87	171	401	68	74	43	Cuddeford <i>et al.</i> , 1995
Lusern	Hö	Shetlands ponny	1-2 år	Träckuppsamling 7 d	87	171	401	59	66	43	Cuddeford <i>et al.</i> , 1995
Lusern	Hö	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	87	171	401	69	77	44	Cuddeford <i>et al.</i> , 1995
Lusern	Hökuber	Quarter	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	90	174	408	68	-	50	Potts <i>et al.</i> , 2010 ²
Lusern	Hökuber	Engelskt fullblod	Vuxna	Totaluppsamling 5 d	-	162	409	60	-	38	Hansen <i>et al.</i> , 2021 ²

				Fodrets innehåll			Smältbarhet, %				
Lusern	Mjöl	Ponnyer 131 kg	Vuxna	Prov på tarm-innehåll samt markör	91	190	416	56	71	41	Hintz <i>et al.</i> , 1971b
Lusern	Hö	”Stock type”	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	89	202	430	62	78	44	Grev <i>et al.</i> , 2021
Lusern, ligninreducerat	Hö	”Stock type”	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	89	196	435	64	78	47	Grev <i>et al.</i> , 2021
Lusern	Torkad, hackad, 2% melass	Ponnyer 250 kg	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	94	146	443	58	67	38	Pearson <i>et al.</i> , 2001
Lusern	Torkad, hackad, 2% melass	Ponnyer 250 kg	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	94	146	443	58	68	42	Pearson <i>et al.</i> , 2001
Lusern	Ensilerad, 4e skörd	Welsh-ponny-korsningar	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	31	217	473	62	76	49	Murray <i>et al.</i> , 2007
Lusern	Hetluftstorkad, hackad, 2a skörd	Welsh-ponny-korsningar	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	92	173	480	58	64	50	Murray <i>et al.</i> , 2007
Lusern	Hö, 2a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	90	160	488	59	59	40	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Lusern	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	-	119	532	57	72	42	Vermorel <i>et al.</i> , 1997a

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Lusern	Hö	Varmblodig travhäst + Engelskt fullblod	Vuxna	Totaluppsamling 5 d	93	185	512	57	-	45	Earing <i>et al.</i> , 2010 ²
Lusern	Hö	”Stock type”	Vuxna	Totaluppsamling 96 h	91	164	541	63	76	50	Sturgeon <i>et al.</i> , 2000
Lusern	Hö	Arabiskt fullblod	2-6 år	Totaluppsamling 5 d	-	190	550	58	73	47	Crozier <i>et al.</i> , 1997
Lusern	Hö, 1a skörd 1/4 blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	91	114	602	52	65	36	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Lusern	Hö, 1a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	93	150	283 ⁴	69	75	58 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹
Lusern	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	89	182	313 ⁴	61	75	39 ⁴	Vander Noot <i>et al.</i> , 1967 ¹
Lusern	Hö, 2a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	91	144	327 ⁴	62	72	55 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹
Lusern	Hö, 3e skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	94	91	387 ⁴	57	55	53 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹
Lusern	Hö	Okänt, 491-549 kg	vuxna	Träckuppsamling 5 d	-	169	395 ⁴	54	68	41 ⁴	Thompson, 1984
Lusern	Hö, hackat	Ponnyer	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	-	175	-	62	77	-	Cymbaluk & Christensen, 1986 ¹

				Fodrets innehåll			Smältbarhet, %				
Lusern	pellets	Ponnyer	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	-	167	-	51	67	-	Cymbaluk & Christensen, 1986 ¹
Lusern	Hö	Engelskt fullblod och Quarter	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	84	146	623	54	63	56	Battle <i>et al.</i> , 1988
Rödklöver	Hö 1a skörd full blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	90	142	467	60	60	42	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Blandvall											
Timotej och ängsvingel	Ensilage	Varmblodig travhäst	Vuxna , i träning	Totaluppsamling 3 d, dag 18	42	167	430	68	73	61	Muhonen <i>et al.</i> , 2009
Timotej och ängsvingel	Ensilage	Varmblodig travhäst	Vuxna , i träning	Totaluppsamling 2 d, dag 1-2	42	167	430	69	73	62	Muhonen <i>et al.</i> , 2009
Timotej och ängsvingel	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna , i träning	Totaluppsamling 3 d, dag 18	82	155	479	66	70	61	Muhonen <i>et al.</i> , 2009
Timotej och ängsvingel	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna , i	Totaluppsamling 2 d, dag 1-2	82	155	479	65	65	60	Muhonen <i>et al.</i> , 2009

				Fodrets innehåll			Smältbarhet, %				
Gräshö	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	-	142	502	56	59	53	Vermorel <i>et al.</i> , 1997a
Gräs	Hösilage, 1a skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	68,9	200	507	69	77	72	Ragnarsson & Lindberg, 2010b
Timotej, ängsvingel, rödklöver	Hösilage, skördat i juni	Varmblodig ridhäst	Vuxna	Träckprov, AIA ³	54,9	130	522	75	-	-	Müller, 2012 ²
Gräs	Hösilage, 1a skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	60	121	526	56	69	52	Ragnarsson & Lindberg, 2010b
Gräs	Hösilage, 1a skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	85	142	540	62	71	59	Ragnarsson & Lindberg, 2010b
Gräs	Hösilage, 1a skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	63	165	545	62	74	58	Ragnarsson & Lindberg, 2010b
Timotej, ängsvingel	Ensilage, skördat mitten av juni	Finnhäst	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	48	152	558	65	73	62	Särkijarvi <i>et al.</i> , 2012
Gräs	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	-	86	578	52	55	41	Vermorel <i>et al.</i> , 1997a
Timotej, ängsvingel	Ensilage, skördat slutet av juni	Finnhäst	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	42	136	582	55	67	50	Särkijarvi <i>et al.</i> , 2012

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Timotej, lusern	Hö	Hokkaido	12 mån	Totaluppsamling 4 d	85	125	583	49	-	37	Obitsu <i>et al.</i> , 2015 ²
Lusern och Hundäxing	Hö	Ponnyer 230 kg		Träckuppsamling 5 d		159	589	54	71,5	47	Drogoul <i>et al.</i> , 2000a
Okänt	Hö	Finnhäst	Vuxna	Träckuppsamling 4 d	84	82	596	55	51	50	Saastamoinen <i>et al.</i> , 2020
Okänt	Hö	Finnhäst	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	85	83	604	56	51	51	Saastamoinen <i>et al.</i> , 2021
Ängshö	Hösilage, tidig axgång	Ponnyer	vuxna	Träckuppsamling, 6 d	59	94	608	54	63	47	Bergero & Peiretti, 2011
Ängshö	Hö, tidig axgång	Ponnyer	vuxna	Träckuppsamling, 6 d	90	83	613	58	67	49	Bergero & Peiretti, 2011
Timotej, ängsvingel, rödklöver	Hösilage, skördat i juli	Varmblodig ridhäst	Vuxna	Träckprov, AIA ³	57	93	610	59	-	-	Müller, 2012 ²
Timotej, ängsgröe, rajgräs	Hösilage, tidig skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 3*2 d	79	111	611	54	64	52	Ragnarsson & Jansson, 2011
Timotej, ängsgröe, rajgräs	Hösilage, tidig skörd	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 3*2 d	79	111	611	57	66	54	Ragnarsson & Jansson, 2011

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Timotej, ängsgröe	Hösilage	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	68	125	612	61	69	61	Ragnarsson & Lindberg, 2010a
Timotej, ängsgröe	Hösilage	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	68	125	612	58	68	54	Ragnarsson & Lindberg, 2010a
Okänt	Hö, 2a skörd	Ponnyer	Vuxna	Totaluppsamling 12 h, Träcksamling 12 h	89	137	613	56	73	-	Kuchler <i>et al.</i> , 2020
Okänt	Hösilage	Finnhäst	Vuxna	Träckuppsamling 4 d	59	123	615	50	64	46	Saastamoinen <i>et al.</i> , 2020
Ängshö	Hö	Ridhäst	Okänt	Träckuppsamling 6 d	88	81	617	57	58	51	Bergero <i>et al.</i> , 2005
Gräs	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	-	65	617	48	54	37	Palmgren-Karlsson <i>et al.</i> , 2000
Ängshö	Hö	ridhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	88	81	617	57	58	51	Miraglia <i>et al.</i> , 2006
Okänt	Hösilage	Finnhäst	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	63	111	617	52	61	48	Saastamoinen <i>et al.</i> , 2021
Blandvall	Hö	Ponnyer	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	-	58	620	43	45	41	Longland <i>et al.</i> , 2018

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Timotej, ängsvingel	Ensilage, skördat 3/7	Finnhästar	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	55	113	622	49	61	44	Sarkijarvi <i>et al.</i> , 2012
Lusern och Hundäxing	Hö, 2a skörd	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 4 d		143	626	61			Ordakowski <i>et al.</i> , 2002
Timotej, ängsgröe, rajgräs	Hösilage, senare skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 3*2 d	78	61	627	43	48	32	Ragnarsson & Jansson, 2011
Timotej, ängsgröe, rajgräs	Hösilage, senare skörd	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 3*2 d	78	61	627	43	48	32	Ragnarsson & Jansson, 2011
Lusern och Hundäxing	Hö	Ponnyer 230 kg		Träckuppsamling 5 d		155					Drogoul <i>et al.</i> , 2000a
Ängshö	Hö, 1a skörd	Varmblodig travhäst	vuxna	Totaluppsamling 6 d	89	82	632	64			
Timotej, ängsvingel, rödklöver	Hösilage, skördat i augusti	Varmblodig ridhäst	Vuxna	Träckprov, AIA	58	80	637	44	-	-	Bergero <i>et al.</i> , 2005 Müller, 2012 ²
Ängshö	Hö	Ridhäst	okänt	Träckuppsamling 6 d	90	80	637	48	55	42	Bergero <i>et al.</i> , 2005
Ängshö	Hö	Ridhäst	Okänt	Träckuppsamling 6 d	90	89	640	52	59	47	Bergero <i>et al.</i> , 2005

				Fodrets innehåll			Smältbarhet, %				
Gräs	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Träckuppsamling 6 d	-	126	641	51	63	49	Vermorel <i>et al.</i> , 1997b
Gräs	Hö	Ponnyer	Vuxna	Träckuppsamling 6 d	-	126	641	52	64	49	Vermorel <i>et al.</i> , 1997b
Hundäxing, timotej	Hö	Varmblodig häst	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	-	100	649	-	62	-	Graham-Thiers & Bowen, 2011 ¹
Okänt	Hö, 1a skörd	Ponnyer	Vuxna	Träckuppsamling 12 h, Totaluppsamling 12 h	86	83	660	47	61	-	Kuchler <i>et al.</i> , 2020
Rörsvingel, Lusern	Hö, 2a skörd	Engelskt fullblod	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	-	118	662	54	-	-	Ordakowski <i>et al.</i> , 2001
Ängshö	Hö, 1a skörd	Standardbred	vuxna	Träckuppsamling, 6 d	93	74	692	45	38	41	Miraglia <i>et al.</i> , 2008
Timotej, Rajgräs	Hö, axgång	Welsh-korsning	Vuxna	Träckuppsamling, 7 d	86,1	102	695	48	58	43	Moore-Colyer <i>et al.</i> , 2003
Ängshö	Hö, hackat till 5 cm	Ponnyer	Vuxna	Träckuppsamling 6 d			701			46	Drogoul <i>et al.</i> , 2001
Timotej, Rajgräs	Hö, axgång, hackat	Welsh-korsning	Vuxna	Träckuppsamling, 7 d	86	105	706	50	58	46	Moore-Colyer <i>et al.</i> , 2003
Gräs	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	-	116	715	48	55	49	Vermorel <i>et al.</i> , 1997a

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %				
Gräs	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	-	116	715	47	54	49	Vermorel <i>et al.</i> , 1997a	
Ängshö	Hö	Welsh-ponnyer	Okänt	Träckuppsamling 7 d	89	63	737	49	45	46	Pearson & Merritt, 1991	
Ängshö	Hö, hackat 18 cm	Welsh -ponnyer	Okänt	Träckuppsamling 7 d	89	63	737	49	45	46	Pearson & Merritt, 1991	
Engelskt rajgräs												
Engelskt rajgräs	Ensilage, hackat	Welsk-korning	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	37,1	16,6	166	503	67	74	61	Moore-Colyer <i>et al.</i> , 2003
Engelskt rajgräs	Ensilage, långsträigt	Welsk-korning	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	35,3	16,6	166	505	67	74	62	Moore-Colyer <i>et al.</i> , 2003
Engelskt rajgräs	Hösilage	Ridhästar	Okänt	Träckuppsamling 6 d AIA ³	56	157	684	58	77	48	Bergero <i>et al.</i> , 2002 ¹	
Foderlosta												
Foderlosta	Hö	korsningshästar	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	90	94	708	52	65	53	Harbers <i>et al.</i> , 1981; McNally <i>et al.</i> , 1980	

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Foderlost	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	91,7	138	750	48	58	50	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Foderlost	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	89	117	760	49	45	51	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Hundäxing											
Hundäxing	Hö	Engelskt fullblod	vuxna	Träckuppsamling 4 d	94	139	663	43	52	47	Ghajar <i>et al.</i> , 2021
Hundäxing	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	90	90	718	47	37	44	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Hundäxing	Hö, 1a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	93	140	309 ⁴	63	68	59 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹
Hundäxing	Hö, 2a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	93	101	323 ⁴	60	67	52 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹
Hundäxing	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	87	114	342 ⁴	50	60	43 ⁴	Vandernoot & Gilbreath, 1970 ¹
Hundäxing	Hö, 3e skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	91	65	380 ⁴	55	52	50 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Rörflen											
Rörflen	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	91	112	611	51	62	39	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörflen	Hö, skördat före axgång	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 4 d	.	171	654	46	67	38	Ordakowski-Burk <i>et al.</i> , 2006
Rörflen	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	89	118	705	47	48	44	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörsvingel											
Rörsvingel	Ensilage, skördat 19/6	Finnhäst	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	50	130	543	59	67	52	Särkijarvi <i>et al.</i> , 2012
Rörsvingel	Ensilage, skördat 26/6	Finnhäst	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	36	118	579	51	65	41	Särkijarvi <i>et al.</i> , 2012
Rörsvingel	Ensilage, skördat 3/7	Finnhäst	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	48	101	625	45	60	38	Särkijarvi <i>et al.</i> , 2012

				Fodrets innehåll			Smältbarhet, %				
Rörsvingel	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	89	84	693	46	38	39	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörsvingel	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	92	95	714	47	57	42	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Rörsvingel	Hö	Arabiskt fullblod	2-6 år	Totaluppsamling 5d	-	110	720	48	67	44	Crozier <i>et al.</i> , 1997 ²
Rörsvingel	Hö	Quarter	Vuxna	Träckuppsamling 7 d	83	80	724	58	64	53	Redmond <i>et al.</i> , 1991
Rörsvingel	Hö	korsningshäst	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	89	78	752	42	64	41	Harbers <i>et al.</i> , 1981; McNally <i>et al.</i> , 1980
Teffgräs											
Teff	Hö, sen skörd	Quarter	Vuxna	Träckuppsamling 3 d	96	75	708	52	56	48	Staniar <i>et al.</i> , 2010
Teff	Hö, mellansen skörd	Quarter	Vuxna	Träckuppsamling 3 d	92	108	711	55	64	56	Staniar <i>et al.</i> , 2010
Teff	Hö, tidig skörd	Quarter	Vuxna	Träckuppsamling 3 d	92	164	681	61	69	64	Staniar <i>et al.</i> , 2010

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %				
					Timotej							
Timotej	Hösilage, tidig skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	47	175	503	72	92	77	Ragnarsson and Lindberg, 2008	
Timotej	Hökuber	Engelskt fullblod	Vuxna	Totaluppsamling 5 d	-	147	522	50	-	46	Hansen <i>et al.</i> , 2021 ²	
Timotej	Hösilage, senare skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	50	132	593	63	78	65	Ragnarsson & Lindberg, 2008	
Timotej	Hö	Varmblodig travhäst + Engelskt fullblod	Vuxna	Totaluppsamling 5 d	93	97	596	46	-	35	Earing <i>et al.</i> , 2010 ²	
Timotej	Hö, 1a skörd före blomning	Kallblods- häst	Vuxna	Totaluppsamling 4 d	88	120	614	58	-	53	Brokner <i>et al.</i> , 2012 ²	
Timotej	Hö	Ponnyer	Vuxna	Totaluppsamling 7 d	90	70	615	52	43	48	Hintz <i>et al.</i> , 1971a	
Timotej	Hösilage, riktigt sen skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	45	93	615	46	50	44	Ragnarsson & Lindberg, 2008	
Timotej	Hö, 1a skörd	Kallblods- travare	Vuxna	Träckuppsamling 4 d	90	145	615	63	75	59	Thorringer <i>et al.</i> , 2022	

		Fodrets innehåll						Smältbarhet, %			
Timotej	Hö, skördat före axgång	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 4 d	-	144	626	56	48	55	Ordakowski-Burk <i>et al.</i> , 2006
Timotej	Hösilage, mycket sen skörd	Islandshäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	43	102	639	51	47	52	Ragnarsson & Lindberg, 2008
Timotej	Tidig skörd, malt till 5mm	Hokkaido	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	85	95	662	57	51	56	Miyaji <i>et al.</i> , 2011
Timotej	Hö, hackat	Ponnyer, 132 kg	Vuxna	Träckuppsamling, 7 d	-	-	667	45			Udén & Van Soest, 1982
Timotej	Tidig skörd, 10 mm	Hokkaido	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	85	97	668	56	54	55	Miyaji <i>et al.</i> , 2011
Timotej	Hö	Arabiskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 3 d	89	89	683	58		35	O'Connor-Robison <i>et al.</i> , 2007 ²
Timotej	Hö, högt intag	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	-	116	703	45	50	49	Miyaji <i>et al.</i> , 2014
Timotej	Hö, lågt intag	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	-	116	703	55	57	60	Miyaji <i>et al.</i> , 2014
Timotej	Sen skörd, malt till 5mm	Hokkaido	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	86	66	715	35	45	30	Miyaji <i>et al.</i> , 2011

					Fodrets innehåll			Smältbarhet, %			
Timotej	Hö, 1a skörd före blomning	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	92	83	718	50	54	46	Fonnesbeck <i>et al.</i> , 1967
Timotej	Sen skörd, klippt i 10 mm	Hokkaido	Vuxna	Träckuppsamling 5 d	85	63	721	37	43	31	Miyaji <i>et al.</i> , 2011
Timotej	Hö	Hokkaido	12 mån	Totaluppsamling 4d	85	56	743	40		32	Obitsu <i>et al.</i> , 2015 ²
Timotej	Hö	Engelskt fullblod	Vuxna	Träckuppsamling 5 d + 12h urin	-	54	750	-	36	42	Cuddeford <i>et al.</i> , 1990; 1992 ¹
Timotej	Hö, 1a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	94	100	325 ⁴	66	65	65	Darlington & Hershberger, 1968 ¹
Timotej	Hö, 2a skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	95	83	351 ⁴	61	62	60 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹
Timotej	Hö	Varmblodig travhäst	Vuxna	Totaluppsamling 6 d	87	83	360 ⁴	49	54	55 ⁴	Vandernoot & Gilbreath, 1970 ¹
Timotej	Hö, 3e skörd	Ponnyer 140 kg	2-4 år	Totaluppsamling 6 d	91	65	364 ⁴	59	55	58 ⁴	Darlington & Hershberger, 1968 ¹

¹Ingår ej i figur 2. ²Ingår ej i figur 3. ³Saltsyraolöslig aska använt som metod för att skatta smältbarhet. ⁴Växtråd

