



Hästens behov av vitamin A, D och E i foderstaten

**The requirement of vitamins A, D and E in equine
feed**

av

Caroline Robertsson

**Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet**

***Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences***

**Examensarbete 369
15 hp G2E-nivå**

***Degree project 369
15 credit G2E-level
Uppsala 2012***



Hästens behov av vitamin A, D och E i foderstaten

The requirement of vitamins A, D and E in equine feed

av

Caroline Robertsson

Handledare: Cecilia Müller

Examinator: Rolf Spörndly

Nyckelord: Vitaminbehov, grovfoder, ensilage, hö, vitamintillskott, vitaminrekommendationer

Keyword: Vitamin requirement, roughage, silage, hay, vitamin supplementation, vitamin recommendation

Detta arbete har genomförts inom ramen för kursen EX0553, Kandidatarbete i Husdjursvetenskap – C15. Kursen består i huvudsak av en handledd litteraturgenomgång som leder fram till ett examensarbete inom huvudområdet husdjursvetenskap. I kursen ingår undervisning i att söka och värdera vetenskaplig litteratur samt i muntlig och skriftlig presentation.

**Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet**

**Examensarbete 369
15 hp G2E-nivå
Kurskod EX0553**

***Department of Animal Nutrition and Management
Swedish University of Agricultural Sciences***

***Degree project 369
15 credit G2E-level
Course code EX0553
Uppsala 2012***

Abstract

Vitamin A, D and E are essential components in the body and contribute in many biochemical and metabolic reactions. The horse's need of vitamins depend on several factors such as: age, level of exercise, lactation, gestation and growth. Shortage of a certain vitamin could cause several deficiency diseases. Today there are several vitamin supplements available at the market promising their product to be the best one for the horse. But before this supplements are fed to the horse it is important to know if the horse really requires a supplement of vitamins or if there is a risk of overfeeding to toxic levels. Forage vitamin content could be influenced by different factors, such as which species of plants the forages contains. For example, leguminous plant contents more vitamins than different grasses. It has been proved that silage contains a higher level of carotenoid and tocopherol than hay, but hay contains a higher level of ergosterol, the provitamin of vitamin D₂. Different levels of vitamin A, D and E has been detected in plasma during different seasons, where the levels in plasma were higher during the summer than in the winter. This bachelor thesis review different functions in vitamin A, D and E and their occurrence in forage. Available feeding recommendations concerning a horse need of vitamin A, D and E have been put together in purpose to discuss if a supplement of a vitamin supplement is needed in the feeding plan.

Sammanfattning

Vitaminer är essentiella komponenter som medverkar i olika processer i kroppen. Hästens vitaminbehov beror på ålder, träning, laktation, dräktighet och tillväxt. Underkott av ett vitamin kan resultera i olika bristsjukdomar, vilka kan vara dödliga. Idag marknadsförs dyra vitaminkoncentrat som ett komplement till den befintliga vitaminhalten i foderstaten. Innan utfodring av dessa koncentrat är det viktigt att veta om hästen har ett behov av vitaminkoncentrat eller om de leder till överutfodring. Ett grovfoders vitaminbehov kan påverkas genom vilken vallinbladning som används då vissa gräsarter och baljväxter är mer vitaminrika än andra. Ensilage har bevisats bevara halten vitamin A och E bättre än hö, men däremot innehåller hö en högre halt vitamin D. Försök har påvisat att plasmanivåer av vitamin A, D och E är säsongsvarierande med lägre halt under vinterhalvåret, därmed är tillskottsutfodring av vitaminkoncentrat mer relevant under vinterhalvåret. Denna kandidatuppsats undersöker olika funktioner hos vitamin A, D och E och dess förekomst i grovfoder. Rekommendationer angående hästens vitaminbehov har sammanställts och diskuterats utifrån dess trovärdighet och huruvida ett vitamintillskott är nödvändigt.

Introduktion

Vitaminer är essentiella komponenter och medverkar i olika metaboliska och biokemiska processer i kroppen (McDonald et al., 2002). Brist på vitaminer kan resultera i olika bristsjukdomar vilket kan leda till allvarliga skador. Vitaminer delas in i två grupper; vattenlösliga och fettlösliga. Till den fettlösliga gruppen av vitaminer räknas vitamin A, D, E och K. Vitamin K kan hästen syntetisera i tillräckliga mängder själv i grovtarmen och behöver därmed inte tillföras via foder. Vitaminer som räknas in i den vattenlösliga gruppen är vitamin B och C. Gemensamt för dessa vitaminer är att även dessa syntetiseras i hästens egen grovtarm och tillskott via foder är inte nödvändigt. Hästens behov av vitamin A, D och E varierar beroende på olika faktorer som ålder, dräktighet, laktation, träning och stressnivå (NRC, 2007). Till exempel har en unghäst ett större vitaminbehov än en vuxen häst beroende på dess tillväxt (Frape, 2004). Tyvärr är den forskning som finns tillgänglig idag inom området begränsad och kunskapen kan vara baserad på mätningar på andra djurslag än häst (NRC, 2007).

I växter förekommer vitaminer naturligt och ett näringsrikt foder kan täcka hästens vitaminbehov (McDonald et al., 2002). Olika faktorer som påverkar vallfoders innehåll av vitaminer är: växtart, klimat, växtens utvecklingsstadium vid skörd, konserveringsmetod samt lagringsförhållanden (Ballet et al., 2000). Idag finns flera olika vitaminkoncentrat tillgängliga på marknaden som komplettering till den vitaminhalt som finns i foder. Reklam för dessa produkter finns i alla sorters hästtidningar, webbsidor och i hästaffärer. Marknadsföringen framhäver att just deras produkt är den främsta för hästen genom att produkten påverkar hästens hälsa, prestation och välbefinnande. Vitaminkoncentraterna är dessutom ofta dyra och innehållet räcker inte många veckor. Innan tillskottsutfodring av vitaminkoncentrat är det viktigt att hästägaren noga överväger om hästen verkligen är i behov av ett vitamintillskott, eller ifall vitaminhalten i foderstaten täcker hästens behov. Därmed förhindras också överutfodring av vitaminer till toxiska nivåer.

Denna kandidatuppsats avser att redovisa en litteraturstudie över hästens behov av de fettlösliga vitaminerna A, D och E. Vitaminbehovet kommer att baseras på rekommendationer från National Research Council (NRC) och deras sammanställning av vitaminbehovet för häst. Arbetet kommer även att innefatta vitaminernas olika egenskaper, funktioner samt dess förekomst i grovfoder. Syftet blir således att undersöka behovet av vitamin A, D och E hos häst och diskutera om de rekommendationer som angetts är trovärdiga samt huruvida ett vitamintillskott är nödvändigt. Uppsatsen har avgränsats till att endast behandla vitaminhalten i grovfoder och inte i kraftfoder.

Fettlösliga vitaminer

Till gruppen fettlösliga vitaminer räknas vitamin A, D, E och K beroende på att vitaminerna är lösliga i fett (McDonald et al., 2002). Måttenheten för vitaminer uttrycks i internationella enheter (IE) vilket är ett värde på den biologiska aktiviteten hos vitaminet (NRC, 2007). Tidigare har vitaminbehovet för fettlösliga vitaminer uttryckts i IE av intag torrsubstans, men uttrycks numera i förhållande till hästens kroppsvikt. Denna omvandling förutsätter ett intag av torrsubstans som motsvarar 2 procent av hästens kroppsvikt för underhållsbehov, dräktighet och lätt arbete. För högpresterande hästar och lakterande ston förutsätts ett intag av torrsubstans som motsvarar 2,5 procent av hästens kroppsvikt. Ett exempel på denna räkneomvandling är behovet av vitamin E hos ett lakterande sto vilket tidigare uttrycktes som 80 IE/kg torrsubstans, men som omvandlas till 2 IE/kg kroppsvikt då det förväntade intaget av torrsubstans är 2,5 procent av kroppsvikten (NRC, 2007).

Vitamin A

Den aktiva formen av vitamin A benämns även som retinol och dess kemiska struktur består av en omättad monohydrisk alkohol med fem dubbelbindningar (McDonald et al., 2002). Eftersom vitaminmolekylen innehåller dubbelbindningar kan den anta olika stereoisomerer av sin struktur (McDowell, 1989). Den vanligast förekommande molekyelformen är transisomer och benämns som *all-trans* vitamin A, vilket även är den mest biologiskt aktiva formen. Dess motsvarighet är cisisomer som har en mindre effektiv verkan i kroppen. Molekyelförändringar kan förekomma om vitaminet utsätts för fukt, värme, ljus eller oxidation. I växter förekommer inte retinol i sin naturliga form, utan som ett provitamin och benämns då som karotenoider. Färgen på karotenoiderna i växter är antingen gula, orangea eller röda men dess färger maskeras av växtens eget klorofyll. Karotenoider delas in i två grupper; karoten och xantofyll. Xantofyll delas i sin tur in i flera grupper men flertalet av dessa kan inte omvandlas till vitamin A. I gruppen karoten är det främst betakaroten som är den viktigaste källan till vitaminet. Hästar är relativt ineffektiva på att konvertera betakaroten till vitamin A och till

exempel andra djurslag som råttor har en mycket mer effektiv omvandling (Saastamoinen & Harris, 2008). Från 1 mg betakaroten är slutprodukten vitamin A 300-555 IE. Omvandlingen sker i olika utsträckning beroende på i vilket tillstånd hästen befinner sig (Ulrey, 1972). Ålder, träning och individens intag påverkar omvandlingen. Dräktiga ston och unghästar omvandlar betakaroten i lägre utsträckning än vuxna hästar och unghästarnas förmåga att omvandla betakaroten till retinol är lägre än hos dräktiga ston (NRC, 2007). Omvandlingen av betakaroten till vitamin A sker till en viss del i levern men vanligast är att omvandlingen sker i slemhinnan i proximala delen av jejunum (McDowell, 1989). Reaktionen sker genom att enzymet betakaroten-15,15'-deoxygenas katalyserar en hydrolys av betakaroten vilket genererar två molekyler retinalaldehyd. Därefter reducerar enzymet retinalaldehydreduktas båda molekylerna av retinalaldehyd till retinol. Den syntetiskt framställda formen av vitamin A förekommer i en acetatform och genomgår ytterligare en hydrolys i tunntarmen till vitaminets alkoholform, innan hydrolysen till retinol kan initieras. Lagring av retinol sker främst i levern men kan även lagras i fettvävnad (McDowell, 1989). Det retinol som finns lagrat i levern representerar 90 procent av den totala vitamin A-halten i hästen. Frisättningen av lagrat retinol regleras av den aktuella vitaminnivån i kroppen. Greiwe-Crandell et al. (1995) fann i sitt försök att ston som utfodrats med endast hö och kraftfoder innehållande låg halt av betakaroten efter två månader hade förbrukat allt lagrat retinol i levern. Försöket påvisade även att halten retinol i plasma var säsongsvarierande med lägre nivåer under vintern jämfört med på sommaren. Liknande försök gjorda av Mäenpää et al. (1988) fann också skillnader av halten retinol i plasma hos ston och föl på bete under sommarhalvåret och under vinterhalvåret då de hölls uppstallade. Under vintern var halten retinol i plasma betydligt lägre än under sommaren. I försöket fördubblades även halten retinol hastigt vid betessläpp beroende på det höga innehållet av betakaroten i bete.

Funktion

Vitamin A har flera betydande roller i kroppen. I ögat verkar retinol på näthinnan genom att all-retinol oxiderar till sin aldehydform, trans-retinalaldehyd, och därefter omvandlas 11-cis retinalaldehyd i mörker (McDonald et al., 2002). 11-cis retinalaldehyd reagerar med proteinet opsin och formar rodopsin som verkar som en fotoreceptor i mörker. När näthinnan exponeras för ljus initieras en konvertering av 11-cis-retinalald tillbaka till trans-retinalaldehyd och bindningen med opsin upphör. Detta leder till en optisk nervimpuls via synnerven till hjärnans syncentrum. Vid brist på retinol kan bristsjukdomen nattblindhet uppkomma, och hästen får då svårt att se i mörker. Vitaminet är även inblandat i reglering av celldifferentiering vid tillväxt av vävnader. Vitaminet kan tillsammans med vitamin E verka som en antioxidant mot fria syreradikaler i kroppen (McDonald et al., 2002) samt medverka vid upprätthållandet av immunförsvaret (Frape, 2004).

Bristsjukdomar och toxicitet

Brist på vitamin A kan orsaka nattblindhet (McDowell, 1989). Guilbert et al. (1940) påvisade i försök att om kliniska symptom som nattblindhet skall detekteras krävs ett kraftigt underskott av vitamin A. Syftet med försöket var att undersöka hur lång tid som krävs innan nattblindhet eller andra symptom uppkommer och därmed utfodrades hästar med foder innehållande en mycket låg halt av vitamin A. Fodret innehöll endast 5 till 10 µg per kg kroppsvikt vilket motsvarar 2 till 4 IE vitamin A per kg kroppsvikt. Nattblindhet registrerades därefter inom en tidsperiod mellan 493 till 627 dagar. Förutom nattblindhet kan brist på vitamin A orsaka reproduktionsstörningar hos ston som infertilitet, abort, skador på livmoder, minskad laktationsmängd och dödfödda avkommor (McDonald et al., 2002). Vitaminunderskott orsakar även aptitlöshet, ökad risk för infektionssjukdomar (Frape, 2004), anemi och ögonsjukdomen xeroftalmi (McDonald et al., 2002). Försök genomförda av

Donoghue et al. (1981) visade att de första symptomen på underskott av vitamin A var minskad tillväxt och anemi. Därmed är dessa parametrar viktiga för att diagnostisera ett underskott av vitamin A. Risken för överdosering av vitamin A är låg, men överutfodring kan ge toxiska effekter (McDowell, 1989). För att toxiska effekter ska uppkomma måste intaget vara tio gånger högre än hästens underhållsbehov (NRC, 2007). Överdoserering kan orsaka benskörhet, skelettsjukdomar och missbildningar hos foster.

Hästens behov av vitamin A

En IE vitamin A motsvarar den biologiska aktiviteten hos 0,3 µg all-trans retinol (NRC, 2007). Underhållsbehovet för häst av vitamin A baseras på försök där halten vitamin A i foderstaten förebygger nattblindhet. Enligt NRC (2007) är underhållsbehovet 30 IE per kg kroppsvikt per dag. För en häst som väger 500 kg blir därmed underhållsbehovet 15000 IE. Vitaminbehovet är högre för växande hästar och det exakta behovet varierar beroende på hästens ålder och förväntad vuxenvikt. För dräktiga och lakterande ston är vitaminbehovet 60 IE per kg kroppsvikt. Det är svårt att fastställa vitaminbehovet för högpresterande hästar baserat på varierande resultat från försök och mer forskning krävs inom området (Saastamoinen & Harris, 2008). NRC (2007) rekommenderar ett dagligt intag på 45 IE/kg kroppsvikt. Tabell 1 sammanställer det dagliga behovet av vitamin A rekommenderat från NRC (2007).

Vitamin D

Vitamin D förekommer i olika former där de två vanligaste förekommande formerna är ergokalciferol (vitamin D₂) och kolekalciferol (D₃) (McDonald et al., 2002). Vitamin D₃ syntetiseras i huden och vitamin D₂ syntetiseras i växter (Sjaastad et al., 2003). Vitamin D₃ är även en mer aktiv form än vitamin D₂ (McDowell, 1989). Vitaminet förekommer inte i sin naturliga form i växter och hud, utan syntetiseras från provitaminer som i sin tur härstammar från kolesterol. Ergosterol fungerar som en provitamin till vitamin D₂ och 7-dehydrokolesterol fungerar som en provitamin till vitamin D₃. Omvandlingen av provitaminerna till vitaminen induceras då provitaminerna exponeras för ultraviolett ljus. Reaktionen är effektivast om ljusets våglängd är 290 till 315 nanometer. Epitelceller i huden producerar provitaminet 7-dehydrokolesterol som i kontakt med ultraviolett ljus omvandlas till kolekalciferol, vitamin D₃ (Sjaastad et al., 2003). Vitamin D₃ transporteras till levern och hydroxyleras till 25-hydroxykolecalciferol, 25(OH)D₃. Vitamin D₂ som tillförs via foder absorberas i tunntarmen och transporteras till levern där vitaminet hydroxyleras på samma sätt som vitamin D₃ i hud (McDonald et al., 2004). Vitaminets lagringsförmåga i kroppen är låg och vitaminet kan inte lagras inte i lika stor utsträckning som exempel vitamin A (McDowell, 1989). Vitaminet lagras främst i lever men vitaminet har även detekterats i blodplasma. Försök genomförda av Mäenpää et al. (1988) undersökte säsongsvariationer av vitamin D i plasma hos ston och föl. Resultaten visade att halten 25(OH)D₃ är säsongsvarierande med lägre värden under vinterhalvåret. Hymoller et al. (2010) genomförde försök beträffande mjölkors förmåga att producera vitamin D₃ om exponeringen för solljus hade begränsats. Försöket utfördes genom att två olika djurgrupper gick på bete där den ena djurgruppen exponerades för solljus och den andra djurgruppens exponering blockerades med hjälp av heltäckande täcken. Försöket resulterade i skillnader mellan djurgrupperna med täcken och utan, där djuren utan täcken hade en högre halt av vitamin D i plasma.

Funktion

Vitamin D har en avgörande roll i reglering av kalciummetabolismen då vitaminet reglerar absorptionen av kalcium och fosfor (Sjaastad et al., 2003). I njurarna hydroxyleras 25(OH)D₃ till 1,25-dihydroxykolecalciferol, 1,25(OH)₂D₃. Denna form benämns även som kalcitriol och

klassas som ett steroidhormon. Bildandet av kalcitriol regleras av parathyroideahormon, PTH, som syntetiseras i parathyroidea vid hypokalcemi. Genom att kalcitriol binder till intracellulära receptorer i celler som transporterar kalcium, ändras cellens produktion av mRNA. Därmed induceras bildning av kalciumbindande proteiner i celler i tarm, njurar och skelett. De kalciumbindande proteinerna verkar kalciumsparande och därmed kan kroppen upprätthålla kalciumhomeostas. Kalcitriol reglerar även nybildning av benmassa genom att reglera osteoblasters aktivitet (Sjaastad et al., 2003).

Bristsjukdomar och toxicitet

Vid ett underskott av vitamin D produceras otillräckliga mängder kalcitriol för att bibehålla kroppens homeostas av kalcium och fosfor (Sjaastad et al., 2003). Till följd av underskott på vitamin D kan unghästar drabbas av sjukdomen rakitis (McDowell, 1989). Sjukdomen orsakar reducerad skelettstyrka samt deformationer och frakturer i skelettet. Förstorade hasleder, knäleder, deformerad bröstorg och hälta är vanliga symptom för rakitis (Frape, 2004). Drabbade hästar kan också uppvisa symptom som minskad tillväxt, viktminskning och minskad aptit (McDowell, 1989). Rakitis förekommer främst hos unghästar medan äldre hästar kan drabbas av osteomalaci (benvävsuppmjukning) (McDonald et al., 2002). Symptom för osteomalaci likar symptomen för rakitis. Syntesen av vitamin D i hud är reglerad och toxiska nivåer av vitamin D bildas inte spontant (Sjaastad et al., 2003). Däremot kan överutfodring av vitaminet orsaka sjukdom (McDowell, 1989). Ett överskott av vitamin D associeras med höga kalciumvärden. Effekter av höga kalciumvärden är förkalkning, nedbrytning av celler och inflammationer. Förkalkning kan bland annat ses i njurar, pankreas, lymfkörtlar, artärer och hjärtmuskulatur. Symptom vid intag av skadliga nivåer vitamin D är anorexi, viktnedgång, hög halt av kalcium och låg halt av fosfor i blodet. Vitamin D verkar toxiskt vid ett intag på över 44 IE per kg kroppsvikt (NRC, 2007).

Hästens behov av vitamin D

Under sommaren har den vuxna hästen inget tillskottsbehov av vitamin D om hästen regelbundet exponeras för solljus och har tillgång till bete (McDowell, 1989). Under vinterhalvåret exponeras hästen för en mindre mängd solljus vilket medför en minskad vitaminsyntes i hud. Därmed måste behovet av vitamin D tillgodoses av foder. I grovfoder kan halten av vitamin D variera vilket gör att extrautfodring av vitamin D kan vara nödvändigt till unghästar och dräktiga hästar under vinterhalvåret (McDonald et al., 2002). NRC (2007) rekommenderar ett intag av vitamin D på 6,6 IE per kg kroppsvikt för underhållsbehov, högpresterande hästar, dräktiga samt lakterande ston. För en häst som väger 500 kg blir vitaminbehovet 3300 IE. För unghästar rekommenderar NRC (2007) ett högre intag av vitamin D som är relaterat till hästens ålder och förväntad vuxenvikt. Unghästar har ett avsevärt högre vitaminbehov, och därmed är det viktigt att unghästar går på bete under sommarmånaderna (Mäenpää et al., 1988). Däremot finns det inga studier som anger precisa värden för behovet av vitamin D hos högpresterande hästar (Saastamoinen & Harris, 2008). I tabell 1 redovisas det rekommenderade vitaminbehovet från NRC (2007) av vitamin D.

Vitamin E

Vitamin E förekommer i åtta kända molekylformer och dessa delas in i två grupper, tokoferoler och tokotrienoler (McDonald et al., 2002). De båda grupperna har en molekylform som består av en kromanolring och en sidokedja med 16 kolatomer (NRC, 2007). Gruppindelningen sker beroende på om sidokedjan i molekylen är mättad eller omättad. I den mättade gruppen ingår alfa-, beta-, delta-, och gammatokoferol (McDonald et al., 2002). Formerna beror på metylgruppernas placering på kromatomringen (McDowell, 1989). Av de olika formerna är alfatokoferol den mest aktiva formen samt den vanligast förekommande

(McDonald et al., 2002). Analyser påvisar även att alfatokoferol är den enda isomeren av vitamin E som detekterats i signifikanta värden i vävnader hos häst (Frape, 2004). Naturligt förekommande tokoferol antar formen 2*R* 4*R* 8*R*, och benämns som RRR-alfatokoferol (Hargreaves, 2002). Stereoisomeren RRR-alfatokoferol har den högsta biologiska aktiviteten av vitamin E med aktiviteten 1,49 IE/mg. De omänskade formerna av vitamin E delas in i alfa-, beta-, delta-, och gammatokotrienol (McDonald et al., 2002). Det är endast alfatokotrienol som uppvisar biologiska egenskaper för vitamin E. Absorption av vitamin E är nära kopplat till digestion av fett då absorptionen främjas av galla och lipas utsöndrat från pankreas (McDowell, 1989). Naturligt förekommande former av vitamin E absorberas genom att galla och lipaser löser upp vitaminet till miceller som därefter tas upp av epitelceller i tarmen (Saastamoinen & Harris, 2008). Om vitaminet intas i acetatform måste acetatmolekylen först hydrolyseras till en alkoholform. Reaktionerna sker i tarmväggen innan transport via lymfan ut i blodcirkulationen (McDowell, 1989). I cirkulationen transporteras tokoferol främst bundet till lipoproteiner och som komponenter till cellmembran. Vitamin E lagras i kroppens alla vävnader men högsta värden av vitaminet har registrerats i lever (McDowell, 1989) och fettvävnad (Saastamoinen & Harris, 2005). Till skillnad mot vitamin A, där 95 procent av vitaminet lagras i levern, är innehållet av vitamin E i levern mycket lågt (McDowell, 1989). I blodplasma varierar vitaminhalten mellan 1,5-5 mg/liter, vilket anses lågt i jämförelse med andra djurarter (Frape, 2004). Däremot innehåller fettvävnad hos häst stora mängder vitamin E, mellan 10-60 µg/g. Vitaminet kan lagras under längre perioder men halten förbrukas snabbt i samband med intag av fettsyror (McDowell, 1989). Mäenpää et al. (1988) redovisade från sina försök att halten alfatokoferol i plasma är säsongsvarierande hos dräktiga ston och hos föl. Under sommarhalvåret var halten märkbart högre än under vinterhalvåret. Låga värden som 1,2 mg alfatokoferol/l plasma registrerades under vintermånaderna och nästan dubbelt så höga värden registrerades under sommaren.

Funktion

I kroppen verkar vitamin E som en antioxidant mot oxidativ stress, vilket innebär en ökad produktion av fria syreradikaler (Deaton & Marlin, 2003). Fria syreradikaler är reaktiva molekyler som orsakar nedbrytning av celler (McDonald et al., 2002). Reaktiviteten beror på att molekylerna består av en eller flera oparade elektroner i de yttersta elektronskalen och molekylerna strävar därmed efter att binda eller släppa ifrån elektroner för att uppnå jämvikt. Fria syreradikaler benämns även som reaktiva syreradikaler, ROS (Deaton & Marlin, 2003). Reaktiva syreradikaler bildas genom en reduktion av en syremolekyl som resulterar i anjonen superoxid. En vidare reduktion av superoxid resulterar i bildandet av väteperoxid som i sin tur kan ge upphov till andra reaktiva syreradikaler. Cellens metabolism genererar reaktiva syreradikaler från elektrontransporten i cellens mitokondriemembran samt vid nedbrytning av arakidonsyra till prostaglandin (McDonald et al., 2002). Reaktiva syreradikaler är skadliga för alla biologiska molekyler då de har en nedbrytande verkan på fettsyror, proteiner och DNA. För att kroppen inte ska ta skada måste reaktiva syreradikaler omvandlas till mindre reaktiva föreningar med hjälp av antioxidanter. Förutom vitamin E fungerar glutation, askorbinsyra och urinsyra som antioxidanter (Deaton & Marlin, 2003). Vitamin E finns i mitokondrier samt i endotelceller i retikulum (McDonald et al., 2002). Genom att vitamin E donerar en väteatom till en syreradikalmolekyl som därmed stabiliseras, bryts det skadliga nedbrytningsförloppet. Halten av vitamin E är lågt i cellmembran och måste regenereras för att aktivt verka som en antioxidant. Oxidativ stress kan uppkomma som resultat av ett höjt antal reaktiva syreradikaler beroende på intensiv träning (Deaton & Marlin, 2003). En ökad syretillförsel till muskler, nedbrytning av vävnader och en ökad halt av katekolaminer är kopplat till en ökning av reaktiva syreradikaler till följd av intensiv träning. Halten vitamin E i plasma ökar vid träning dels beroende på en ökad frisättning av fria fettsyror från fettvävnader, och dels för

den ökade halten reaktiva syreradikaler. Vitamin E medverkar även vid andra funktioner i kroppen som uppbyggnad av cellmembran, blodets koagulering, elektrontransport i mitokondriemembran och reglering vid biosyntes av DNA i celler (McDowell, 1989). Vitaminet påverkar även utveckling och funktion av immunförsvaret (McDonald et al., 2002). Finch et al. (1996) sammanställde påverkan av vitamin E på immunförsvaret hos de olika djurslagen gris, får och nöt. Vitaminet ökar antikropparnas aktivitet, fagocyternas samt lymfocyternas aktivitet hos dessa djurslag.

Bristsjukdomar och toxicitet

Hos föl och unghästar kan brist på vitamin E medföra sjukdomen muskeldystrofi (McDowell, 1989). Sjukdomen resulterar i nedbrytning av skelett- och hjärtmuskulatur. Fölen har svårt att resa sig samt att stå upp och om nackmuskulaturen påverkas har fölen svårt att dia. Om hjärtmuskulaturen påverkas kan sjukdomen orsaka hjärtrytmrubbningar och kan vara dödligt. I skelett- och hjärtmuskulaturen hos ett insjuknat föl kan vita fläckar detekteras till följd av nedbrytning av muskelcellerna (Frape, 2004). Beroende på att vitamin E har en viss påverkan på immunförsvaret kan vitaminbrist medföra ett sänkt immunförsvaret. Två neurologiska sjukdomar har associerats med ett underskott av vitamin E; dessa benämns equine degenerative myeloencephalopathy (EDM) och equine motor neuron disease (EMND). Sjukdomarna är neurodegenerativa och bryter ned nervceller. Försök har visat att flera faktorer förutom brist på vitamin E är inblandade för att orsaka EDM (NRC, 2007). Sjukdomen innebär påverkan på ryggmärg och vissa delar av hjärnan, vilket resulterar i rörelsesvårigheter. Vanligtvis förekommer sjukdomen hos föl och unghästar. EMND medför nedbrytning och oxidativ stress hos somatiska nervceller i ryggmärg och hjärna (Mohammed et al., 2007). De La Rúa-Domènch et al. (1997) bevisade genom försök att hästar drabbade av EMND hade en lägre halt vitamin E i plasma än friska hästar vilket stödjer antagandet att brist på vitamin E är en bidragande orsak till sjukdomen. Sjukdomen påvisas oftast hos hästar som är äldre än två år och medelåldern hos drabbade hästar är tio år. Symptomen är darrningar i muskulatur, rörelsesvårigheter, muskelnedbrytning och viktneidgång. Hos drabbade hästar är halten alfatokoferol i plasma under 0,5 µg/ml. Mohammed et al. (2007) påvisade genom försök att hästar som utfodrades efter en foderstat innehållande en låg halt vitamin E, hade en minskad halt alfatokoferol i blodplasma. Procentskillnaden av halten alfatokoferol vid försökets start till slut var 85 procent och symptom på EMND registrerades efter 18 månader. Vitamin E verkar inte vara toxiskt på häst vid intag av relativt stora mängder, den övre gränsen är 1000 IE per kg torrsbstans vilket är ekvivalent med 22,5 mg per kg kroppsvikt (NRC, 2007). Denna övre gräns baseras dock på intaget hos andra djurslag då försök ännu inte har genomförts på hästar. Vid intag av höga mängder har blodkoagulationsstörningar och förkalkning registrerats (NRC, 2007).

Hästens behov av vitamin E

Underhållsbehovet av vitamin E är enligt NRC (2007) 1 IE per kg kroppsvikt, vilket motsvarar 50 IE per kg torrsbstans. Rekommendationer från NRC (2007) är ett dagligt intag av vitamin E för lakterande ston 2 IE per kg kroppsvikt. För dräktiga ston är vitaminbehovet 1,6 IE per kg kroppsvikt. Intresset för vitaminbehovet hos högpresterande hästar har ökat då hård träning kan medföra oxidativ nedbrytning av skelettmuskulatur (NRC, 2007). Denna slutsats drog även Siciliano et al. (1997) som i försök påvisade att ett intag på minst 80-300 IE/kg torrsbstans krävdes för att bibehålla koncentrationen av vitamin E i blodplasma och skelettmuskulatur under träning. Saastamoinen & Harris (2008) redovisade att ett intag av mellan 150-250 IE alfatokoferol/kg torrsbstans förebyggde en minskning av vitamin E i blodserum efter träning. Resultaten från de nämnda försöken redovisar ett högre vitaminbehov än de rekommendationer NRC (2007) ger, där behovet anses vara 80 IE per kg

torrsubstans. Detta motsvarar 2 IE per kg kroppsvikt vid hårt arbete. För lätt arbete är behovet 1,6 IE per kroppsvikt och för medel arbete 1,8 IE per kg kroppsvikt. Tillskott av fett i foderstaten kan höja absorptionen av vitamin E och hästar som utfodras foder med högt fettinnehåll samt inte motioneras regelbundet, bör därmed minst utfodras med underhållsbehovet av vitamin E (Siciliano et al., 1993). Det finns bristande information angående relationen mellan vitamin E och fleromättade fettsyror hos häst och mer forskning krävs inom området (Saastamoinen & Harris, 2008). Rekommendationer från NRC (2007) om hästens behov av vitamin E sammanställs i tabell 1.

Tabell 1. Dagligt vitaminbehov för en häst med kroppsvikt på 500 kg mätt i IE (NRC, 2007)

	Vitamin		
	A	D	E
Underhållsbehov	15000	3300	500
Tillägg för:			
Arbete			
Lätt arbete	7500	0	300
Medel arbete	7500	0	400
Hårt arbete	7500	0	500
Dräktighet	15000	0	300
Laktation	15000	0	500
Unghästar*			
4 månader	7600	3740	337
12 månader	14500	5589	642
24 månader	19300	5880	858

*Vitaminbehovet rekommenderat för unghästar är inte angett som ett tillägg på underhållsbehovet, utan som det sammanlagda vitaminbehovet för en unghäst i den specifika åldern och som förväntas väga 500 kg i vuxen ålder.

Grovfoders innehåll av vitamin A, D och E

Vitamininnehållet i grovfoder påverkas av olika faktorer som växtens genetik, klimatförhållanden, växtens utvecklingsstadium, konserveringsmetod och lagringsförhållanden (Ballet et al., 2000). Växtens genetik kan förklaras med förhållandet mellan bladen och stammen hos en växtart som påverkar växtartens vitamininnehåll. Detta genom att bladen på en växt är mer vitaminrika än stammen och därmed kan vitaminhalten påverkas av detta förhållande (McDowell, 1989). Baljväxter består av mer blad än olika gräsarter och har därmed en högre vitaminhalt. Väderförhållanden påverkar mängden karotenoider och tokoferoler i baljväxter och olika gräsarter, då vitaminhalten är som högst under milda och fuktiga klimatförhållanden (Ballet et al., 2000). Växtens utvecklingsstadium är en viktig faktor då vitaminhalten varierar beroende på växtens ålder. Grovfodrets behandling mellan skörd till utfodring kan påverka dess vitamininnehåll. Torkning av vallväxter till hö antingen direkt på fält eller i torkningsanläggningar minskar halten av karotenoider samt tokoferol. Ensilering ger däremot ett bättre bevarande av både karotenoider och tokoferol. Försök genomförda av Müller et al. (2006) jämförde halten karotenoider och tokoferol i inplastat vallfoder bestående av timotej, ängsvingel och kvickrot innan ensilering och sedan efter 11 månaders lagring. Syftet med försöket var att undersöka effekten av fermentation på halten karotenoider och tokoferol. Resultaten visade en korrelation mellan halten mjölksyra och halten tokoferol och karotenoider. Vid en hög halt mjölksyra var halten

tokoferol och karoteniod högt, vilket indikerar att en bra ensileringsprocess bevarar en hög halt av de båda vitaminerna. Vilka lagringsförhållanden som råder påverkar fodrets vitamininnehåll och lagring i en fuktig och varm miljö minskar vitaminhalten (Ballet et al., 2000).

Vitamin A i grovfoder

Halten av betakaroten varierar hos olika växtarter och vissa växtsorter har förmågan att syntetisera betakaroten i större utsträckning än andra (Ballet et al., 2000). I tidigt utvecklingsstadium av olika gräsarter och baljväxter är innehållet av betakaroten likartat. I senare utvecklingsstadium uppstår dock skillnader i halten av betakaroten då baljväxter innehåller en högre vitaminhalt än olika gräsarter. Därmed påverkar inte mognadsgraden hos baljväxter innehållet av betakaroten på samma sätt som det gör hos gräsarterna. Livingstone et al. (1968) redovisade variationen av halten xantofyll och karoten i gräsarter och baljväxter. Hos gräsarterna innehöll rörflen den högsta halten betakaroten och därefter följde hundäxing, timotej och ängssvingel. Av baljväxterna innehöll rödklöver högsta halten av betakaroten och därefter lusern. Resultatet av detta försök påvisar att inblandningen av olika växter i vallen kan påverka vitaminhalten i foder. Halten av betakaroten i växter sjunker successivt med växtens mognad och halten betakaroten kan minska med upp till 50 procent efter blomning (McDowell, 1989). Det finns en negativ korrelation mellan halten betakaroten och andelen torrs substans (Ballet et al., 2000). En ökad andel stam i växten leder till en högre andel torrs substans och därmed en lägre betakarotenhalt. Mycket av innehållet av betakaroten i växter förstörs genom oxidering vid torkning (McDowell, 1989). Russel (1929) registrerade förluster på 80 procent hos lucern som torkat i 24 timmar ute på fält. För att upprätthålla en adekvat nivå av betakaroten bör skörd ske när vallen är i ett tidigt utvecklingsstadium och vid torkning bör vallskörden inte exponeras för intensivt solljus eller regn (McDowell, 1989). Vid torkning då skörden exponeras för mycket solljus och regn kan halten betakaroten brytas ned tills växterna inte innehåller något alls (Ballet et al., 2000). För att bevara vitaminhalten i vallfoder är ensilering en mer effektiv process än torkning av vallfodret till hö. Vid lagring kan innehållet av betakaroten i vallfoder minska beroende på faktorer som temperatur, syretillgång, förekomst av spårelement och hur länge fodret lagras (McDonald, 1989).

Vitamin D i grovfoder

Vitamin D₂ förekommer i små mängder i växter, men däremot förekommer dess provitamin ergosterol i större mängd (McDowell, 1989). Vitamin D₂ syntetiseras när växternas blad exponeras för UV-ljus och halten solljus är avgörande för vitaminsyntesen. Ballet et al. (2000) refererade till försök där halten vitamin D₂ undersöktes i hö, ensilage och gräs. Hö innehöll den högsta vitaminhalten (90-5560 IE per kg torrs substans). Ensilage innehöll 80-866 IE per kg torrs substans och färskt gräs innehöll 31-1800 IE per kg torrs substans. Olika arter innehåller olika halter av provitaminet ergosterol (McDowell, 1989). Halten av vitamin D₂ varierar beroende på växtens utvecklingsstadium då vitaminhalten stiger när växten är i ett sent utvecklingsstadium beroende på ökningen av andelen torkade blad där vitaminsyntesen sker (Ballet et al., 2000). Därmed finns det en negativ korrelation mellan vitamin D₂ och karotenoider i växter. Till skillnad mot soltorkade blad innehåller gröna blad en ringa mängd vitamin D₂ och kvantiteten av torkade blad i skörden är avgörande för vitamininnehållet. Om växterna exponeras för allt för stora mängder solljus kan vitaminet förstöras helt (McDowell, 1989). Hö som torkats på torkningsanläggningar har lägre halt vitamin D₂ i jämförelse med hö som torkats direkt på vallen (McDowell, 1989). Oförsiktig hantering av hö som kan resultera i bortfall av blad leder till en minskad halt vitamin D₂ (Ballet et al., 2000). Under lagring kan halten vitamin D₂ kraftigt minskas vid kontakt med tungmetaller och alkaliska ämnen. Andra

lagringsfaktorer som påverkar halten av vitamin D₂ är fukt, temperatur och närvaro av spårelement.

Vitamin E i grovfoder

Växter innehåller varierande mängd tokoferol (Ballet et al., 2000). Gräsarter som producerar liten andel blad tenderar att innehålla mindre mängd tokoferol. Av gräsarterna innehåller hundäxing de högsta halterna av tokoferol (313-362 mg per kg torrsbstans), därefter kommer ängssvingel och timotej (184-249 mg per kg torrsbstans) (Brown, 1953). Den högsta E-vitaminhalten har registrerats i lusern (McDowell, 1989). Halten av tokoferol är som högst i gräs under tidigt utvecklingsstadium med en dubbelt så hög vitaminhalt jämfört med efter gräsets blomning (Ballet et al., 2000). Försök genomförda av Brown (1953) resulterade i tokoferolvärden som hos växter i tidigt utvecklingsstadium var 121-400 mg per kg torrsbstans. Detta jämfördes med växter i sent utvecklingsstadium då tokoferolhalten var 9-30 mg per kg torrsbstans. Skillnaden antogs bero på att blad är rikare på tokoferol än stammen och förhållandet mellan dessa skiljer sig beroende på gräsets botaniska utvecklingsstadium. Halten av vitamin E i gräs kan vid torkning till hö minska upp till 90 procent (McDonald et al., 2002). Förlusten vid ensilering är däremot inte lika omfattande (Ballet et al., 2000). Beroende på att vitamin E verkar antioxidantiskt och skyddar andra substanser från nedbrytning minskar vitaminhalten vid lagring (Frape, 2004). Reaktionen accelereras under bristande lagringsförhållanden som exempelvis vid angrepp av svamp och mögel eller lagring i en fuktig miljö. Även värme, syre, förekomst av fettsyror och spårelement påskyndar reaktionen (McDowell, 1989). McDowell (1989) rapporterade en minskning på 50 procent vid lagring av pelleterat foder under en månads tid.

Vitamintillskott innehållande vitamin A, D och E

Vitaminkoncentrat finns i flytande form, pulverform, som pellets och kan även ges som injektion (Pilliner, 1999). Vitamin A i tillskottsfoder är syntetiskt framställt och tillgängligt i sin acetatform, retinylacetat (NRC, 2007) och är mer stabil vid lagring än dess naturliga form (McDowell, 1989). En IE vitamin A är ekvivalent emot 0,55 µg all-trans retinyl acetat. Den biologiskt förekommande molekylformen av vitamin A är mer effektiv än den syntetiskt framställda molekylformen (NRC, 2007). I vitaminkoncentrat förekommer vitamin D i molekylformen vitamin D₃ då denna molekylform är mer stabil än vitamin D₂. Syntetiskt framställt vitamin E kan anta olika stereoisomerer av alfatokoferol beroende på slumpartade placeringar av metylgrupper och benämns som *all-rac* alfatokoferol (Hargreaves, 2002). Den kommersiella benämningen på *all-rac* alfatokoferol är *dl*-alfatokoferol och *dl*-alfatokoferylacetat. Aktiviteten hos naturligt förekommande RRR-alfatokoferol är högre än *all-rac* alfatokoferoler. Skillnader på 60 procent har uppmätts vid försök på människa. Däremot är syntetiskt framställd *all-rac* alfatokoferol mer stabil och tål att lagras längre tidsperioder. Pagan et al. (2005) upptäckte i försök att källan till vitamin E, det vill säga om vitamin E kom från en naturlig källa eller var syntetiskt framställt, påverkade nivån av vitaminet i blodplasma hos hästar. Syntetiskt vitamin E (*all-rac* alfatokoferylacetat) förekom i lägre nivåer i plasma än naturligt förekommande vitamin E.

Supplement av vitamin A, D och E bör ges om:

- Hästen uppehålls i stall under längre tidsperioder och exponeras för liten mängd solljus (McDonald et al., 2002)
- Hästen är gammal och har därmed svårare att tillgodogöra sig av vitaminer beroende på minskad effektivitet i fodersmältningskanalen (Frape, 2004)
- Som komplettering vid utfodring av foder innehållande ett lågt vitamininnehåll (NRC, 2007)

- Tillgodose hästens ökade vitaminbehov vid laktation, tillväxt, dräktighet och träning (NRC, 2007)
- Hästen har ett minskat immunförsvar och utsätts för en ökad exponering av patogener (Frape, 2004)

Diskussion

Halten vitamin A i kroppen beror till stor del på hästens förmåga att omvandla betakaroten till retinol (Ulrey, 1972). Denna förmåga påverkas av ålder, träning och foderintag. Dessa faktorer är bra att ha i åtanke vid utfodring av vitaminet. Lagringsförmågan av vitamin A är mycket bra och då höga nivåer av vitaminet kan lagras i levern minskar risken för A-vitaminbrist (McDowell, 1989). Enligt Mäenpää et al. (1988) var plasmanivån av vitamin A högre under sommarhalvåret än vinterhalvåret med lägsta nivåer i april, därmed kan det vitamin som lagrats under betesperioden antas räcka in på vintersäsongen. Dock fann Greiwe-Crandell et al. (1995) genom försök att lagrat retinol förbrukades redan efter två månader till följd av utfodring med foder innehållande låg halt vitamin A. Utfodringsrekommendationerna från NRC (2007) angående vitamin A baseras på försök där lägsta halten av vitaminet förebygger nattblindhet. Då mängden betakaroten i foder varierar och omvandlingen påverkas av flera faktorer kan man med fördel sträva efter att utfodra en högre mängd vitamin A än de nämnda rekommendationerna. Risken för överutfodring av vitaminet är lågt och för att vitaminet ska verka toxiskt krävs intag på mängder på över 10 gånger mer än vanligt (McDowell, 1989; NRC, 2007). Brist på vitamin A orsakar fertilitetsproblem hos ston och därmed är det viktigt att ett sto som förväntas gå i avel tillgodoses sitt vitaminbehov (McDowell, 1989). Försök genomförda av Donoghue et al. (1981) resulterade i att de första symptomen som detekterades vid A-vitaminbrist hos häst var minskad tillväxt och anemi. Genom att tidigt registrera dessa parametrar kan man tidigt behandla vitaminbrist innan allvarligare sjukdomar brutit ut.

Vitamin D₃ som syntetiseras i huden verkar mer effektivt än vitamin D₂ som syntetiseras i växter (McDowell, 1989). Därmed kan vitaminbehovet tillgodoses effektivare genom exponering för solljus än via foderintag. Under sommaren om hästen regelbundet exponeras för solljus har hästen inget behov vitamintillskott. Däremot under vinterhalvåret exponeras hästar i Norden för en begränsad mängd solljus då antalet soltimmar är få vilket medför att utfodring av ett vitaminkoncentrat kan vara aktuellt (McDonald et al., 2002). Detta gäller även för om hästen hålls uppstallad under längre perioder. Beroende på den varierande halten vitamin D i grovfoder samt att halten är negativt kopplat till halten vitamin A och E, kan ett grovfoder som innehåller höga halter vitamin A och E, antas innehålla en lägre halt vitamin D. Om så är fallet i kombination med bristande exponering för solljus kan även detta medföra att utfodring av vitaminkoncentrat är behövligt. Resultat från Hymoller et al. (2010) påvisade att syntesen av vitamin D₃ kan begränsas om ett djur bär täcke. Det bör dock nämnas att detta försök genomfördes på mjölkkor. Idag bär många hästar täcke i hagen som skydd emot hårt väder och smuts, eventuellt på bekostnad av vitaminsyntesen. Detta bör hållas i åtanke om hästen bär täcke större delen av året, men dock är resultat ifrån studier på häst är nödvändigt innan beslut fattas om huruvida vitaminsyntesen på häst kan begränsas. NRC (2007) rekommenderar samma värden på vitaminbehovet för underhållsbehov, arbete, dräktighet och laktation. En förklaring på detta är att det inte finns tillräckligt med forskning tillgängligt för att rekommendera andra värden.

Vitamin E har flera funktioner i kroppen och förutom att verka som en antioxidant har vitaminet en betydande roll för immunförsvaret (Frape, 2004). För hästar som tränas hårt är behovet av vitamin E även högt för att förebygga oxidativ nedbrytning av muskulatur (NRC,

2007). Rekommendationer för vitaminbehovet vid träning från NRC (2007) är lägre än den vitaminmängd som behövdes för att förebygga oxidativ nedbrytning av skelettmuskulatur i försök (Siciliano et al., 1997; Saastamoinen & Harris, 2008). Därmed kan högpresterande hästar med fördel utfodras med högre nivåer av vitamin E än de rekommendationer som finns från NRC (2007), men mer forskning krävs inom området (Saastamoinen & Harris, 2008). Vitamin E har en begränsad lagringsförmåga och förbrukas snabbt om foderstaten är rik på fettsyror (McDowell, 1989). Underskott av vitamin E är kopplat till olika bristsjukdomar hos unghästar (Frape, 2004) och därmed är det viktigt att unghästarnas vitaminbehov uppfylls. Gemensamt för vitamin A, D och E är att vitaminbehovet stiger successivt ju äldre unghästen blir.

Gemensamt för syntetiskt framställt vitamin A och E i vitamintillskott är att de antar en acetatform som är mer stabil och som tål att lagras (NRC, 2007). Däremot är den syntetiskt framställda formen av vitamin A och E mindre effektiv än den naturligt förekommande formen (NRC, 2007; Pagan et al., 2008). Därmed är det viktigt att hålla en god kvalitet på foder som mer effektivt kan uppfylla hästens vitaminbehov. Müller et al. (2006) påvisade att en god ensilering främjar halten tokoferol och karotenoider i vallfoder. Detta överensstämmer med slutsatsen från Ballet et al. (2000) om att ensilering medför ett bättre bevarande av halten karotenoider och tokoferol än vad hö gör. Däremot är halten vitamin D högre i hö än ensilage beroende på växtens vitaminsyntes till följd av exponering för solljus vid torkningen. Ballet et al. (2000) sammanställde olika faktorer som påverkar vitaminhalten, där till exempel olika växtarter innehåller varierande mängd vitamin. Detta medför att vitaminhalten i ett grovfoder kan påverkas beroende vilken vallinblandning som väljs (Livingstone et al., 1968; Brown 1953). En vall bestående av mycket baljväxter, har ett högre vitamininnehåll än en vall bestående av bara gräsarter (Ballet et al., 2000).

Vitaminkoncentrat vitamin A, E och D kan utfodras som komplement till grovfoder med låg vitaminhalt (NRC, 2007). Hästens vitaminbehov förändras beroende på hästens tillstånd till exempel dräktighet och tillväxt, och ett vitaminkoncentrat kan hjälpa till att uppfylla det ökande vitaminbehovet. För äldre hästar som har svårare att tillgodogöra sig vitamininnehållet i foder kan utfodring av vitaminkoncentrat vara nödvändigt (Frape, 2004). Om hästen dagligen genomgår intensiv träning kan tillskott av vitamin E vara nödvändigt för att undvika oxidativ nedbrytning av skelettmuskulatur (NRC, 2007). Då vitamin E bevisats inverka på immunförsvaret (Frape, 2004) kan supplement av vitaminet utfodras vid ökad exponering för patogener och därmed ökad ansträngning för immunförsvaret. Mäenpää et al. (1988) bevisade att plasmanivåer av vitamin A, D och E är säsongsvariande hos dräktiga ston och föl med lägre plasmanivåer under vintern. Denna upptäckt påvisar att ett vitamintillskott kan vara mer behövligt under vintern än under sommaren.

Sammanfattningsvis krävs mer forskning angående rekommenderade behov från NRC (2007) behov av vitamin A, D och E vid träning, dräktighet, laktation och tillväxt. Underhållsbehovet av vitaminerna är däremot bra sammanfattade och för en häst som endast är i behov av sitt underhållsbehov av vitaminer är tillskott av ett vitaminkoncentrat inte aktuellt. Detta förutsatt att grovfodret innehåller en adekvat nivå av vitaminerna. Grovfodrets vitamininnehåll är påverkbar och åtgärder kan vidtas för att bevara en hög vitaminhalt.

Litteraturförteckning

- Ballet, N., Robert, J.C., Williams, P.E.V. 2000. Vitamins in forages. In: Forage evaluation in ruminant nutrition (eds. D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford, H.M. Omed), pp. 399-433. CABI international, Wallingford, Oxon, UK.
- Deaton, C.M., Marlin, D.J. 2003. Exercise-associated oxidative stress. *Equine practice*, 2. 278-291.
- De La Rúa-Domènch, R., Mohammed, H.O., Cummings, J.F. Divers, T.J., De Lahunta, A., Summers, B.A. 1997. Association between plasma vitamin E concentration and the risk of equine motor neuron disease. *The veterinary journal*, 154. 203-213.
- Donoghue, S., Kronfeld, D.S., Berkowitz, S, J., Copp, R.L. 1981. Vitamin A nutrition of the equine: growth, serum biochemistry and hematology, University of Pennsylvania. USA.
- Frape, D. 2004. Vitamin and water requirements. In: *Equine nutrition and feeding*. Third edition, pp 89-116. Blackwell publishing, Oxford University, UK.
- Finch, J.M., Turner, R.J. 1996. Effects of selenium and vitamin R on the immune responses of domestic animals. *Veterinary science*, 60. 97-106.
- Greiwe-Crandell, K.M., Kronfeld, D.S., Gay, L.A., Sklan, D. 1995. Seasonal vitamin A depletion in grazing horses is assessed better by the relative dose response test than by serum retinol concentration. *Journal of nutrition* 125, 2711-2716.
- Guilbert, H.R., Howell, C.E., Hart, G.H. 1940. Minimum vitamin A and carotene requirements of mammalian species. *Journal of nutrition* 19, 91-103.
- Hargreaves, B.J. 2002. Vitamin E status in thoroughbred horses and the antioxidant status of endurance horses. Doctorial thesis. Dept. Animal sciences, University of Virginia, USA.
- Hymoller, L., Jensena, S.K. 2010. Vitamin D₃ synthesis in the entire skin surface of dairy cows despite hair coverage. *Journal of dairy science*, 93.2025-2029.
- Livingstone, A.L., Smith, D., Carnahan, H.L., Knowles, J.W., Nelson, J.W., Kholer, G.O. 1968. Variation in the xanthophylls and carotene content of lucerne, clovers and grasses. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 19, 632-636.
- McDonald, P., Edward, R.A., Greenhalgh, J.F.G., Morgan, C.A. 2002. Vitamins. In: *Animal nutrition*. Sixth edition, pp 73-107. Pearson Prentice Hall, London, UK.
- McDowell, L.R. 1989. Vitamin in animal nutrition, pp 10-131. Academic press, San Diego, USA.
- Mohammed, H. O., Divers, T. J., Summers, B.A., Lahunta, A. 2007. Vitamin E deficiency and risk of equine motor neuron disease. *Acta Veterinaria Scandinavica* 49, 17-19.
- Müller, C.E., Möller, J., Krogh Jensen, S., Udén, P. 2006. Tocopherol and carotenoid levels in baled silage and haylage in relation to horse requirements. *Animal feed science and technology*, 137. 182-197.
- 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.
- National Research Council. 2007. Nutrient requirement of horses. Sixth edition. pp 109-128. National Academy Press. Washington. USA.
- Pagan, J.D., Kane, E., Nash, D. 2005. Form and source of tocopherol affects Vitamin E status in thoroughbred horses. *Pferdheilkunde*, 21. 101-102.
- Pillier, S. 1999. The added extras. In: *Horse nutrition and feeding*. Second edition, pp 193-212. Blackwell science, London, UK.
- Russel, W.C. 1929. The effect of the curing process upon the vitamin A and D content of alfalfa. Department of Agricultural Biochemistry. New Yearsy. USA.

- Saastamoinen, M.T., Harris, P.A. 2008. Vitamin requirements and supplementation in athletic horses. In: Nutrition of the exercising horse, pp 233-254. Wageningen: European Federation of Animal Science.
- Siciliano, P.D., Parker, A.L., Lawrence, L.M. 1997. Effect of dietary vitamin E supplementation on the integrity of skeletal muscle in exercised horses. *Journal of animal science* 75, 1553-1560.
- Siciliano, P.D., Wood, C.H. 1993. The effect of added dietary soybean oil on vitamin E status of the horse. *Journal of animal science*, 71. 3399-3402.
- Sjaastad, O.V., Hove, K., Sand, O. 2003. Bone tissue and mineral metabolism. In: *Physiology of domestic animals*, pp 235-253. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Ullrey, D.E. 1972. Biological availability of fat-soluble vitamins: vitamin A and carotene. *Journal of Animal Science* 30, 648-657.

Nr	Titel och författare	År
360	The effect of silage quality on gross energy losses 30 hp A2E-nivå Irfan Sakhawat	2011
361	Äggkvalitet kopplat till produktion, ekonomi och djurvälstånd hos svenska värphöns Egg quality and its connection to production, economy and animal welfare amongst Swedish layers 30 hp A2E-nivå Sofia Hollstedt	2011
362	Ättider i olika system att tillföra hästar grovfoder 30 ph A2E-nivå Michaela Lindbäck	2012
363	Deltidsbete i stall med automatisk mjölkning – rastbete jämfört med produktionsbete Part-time grazing in automatic milking systems - exercise pasture compared to production pasture 30 hp A2E-nivå Sara Andersson	2012
364	Nursing technique and growth environment of Rabbit fish (<i>Siganus guttatus</i>) in the area of Tam Giang lagoon, Thua Thien Hue 30 hp A2E-nivå Cecilia Stattin	2012
365	Vallfoder till slaktgrisar – effekter på tillväxt och social beteende vid utfodring Forage in slaughter pig production With focus on growth and social behaviour by feeding 30 hp A2E-nivå Anna Skogar	2012
366	Peas as feed for dairy cows 30 hp A1E-nivå David Galméus	2012
367	Can increased activity recorded with help of activity monitoring sensor indicate an upcoming calving? Kan ökad aktivitet registrerad med hjälp av aktivitetsmätare indikera en kommande kalvning? 30 hp A1E-nivå Hanna Persson	2012
368	Tillskott av linfrö till kors foderstat - påverkan på näringstillförseln och mjölkens fettsyrasammansättning hos 5 sydsvenska mjölkkoibesättningar The addition of linseed to cows diet – the impact on nutrition, and milk fatty acid composition in 5 southern Swedish dairy herds 30 hp A2E-nivå Angelica Eriksson	2012

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa, samt tidigare arbeten, kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. Earlier numbers are listed at the end of this report and may be obtained from the department as long as supplies last.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
