

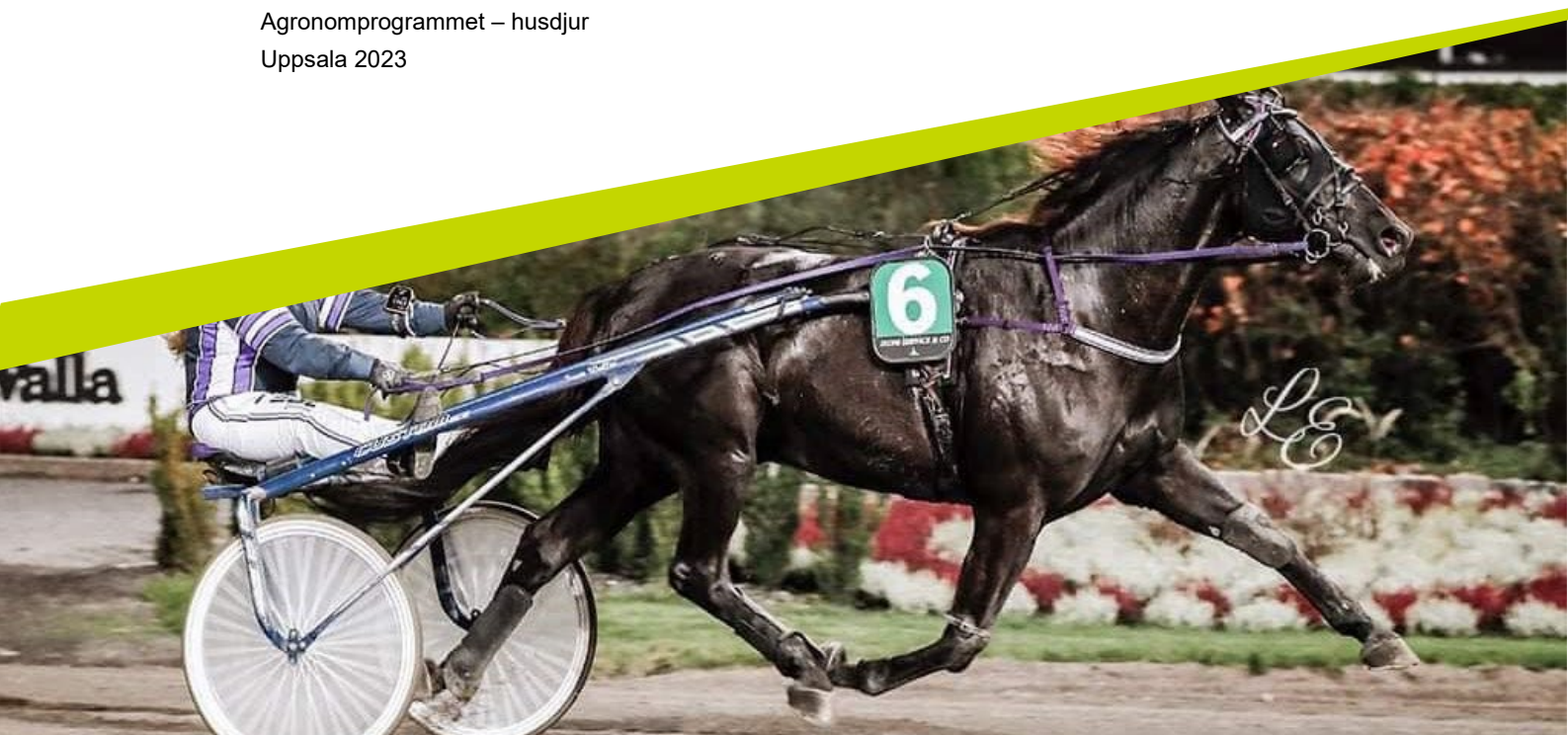


# Stärkelseintagets inverkan på muskelenzymaktivitet hos varmblodiga travhästar

---

Greta Öst

Självständigt arbete • 30 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi  
Agronomprogrammet – husdjur  
Uppsala 2023





# Stärkelseintagets inverkan på muskelenzymaktivitet hos varmlodiga travhästar

*Effects of starch intake on muscle enzyme activity in Standardbred trotters*

Greta Öst

**Handledare:** Malin Connysson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Examinator:** Sara Ringmark, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i husdjursvetenskap

**Kurskod:** EX0872

**Program/utbildning:** Agronomprogrammet – husdjur

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för Husdjursgenetik

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2023

**Omslagsbild:** Lena Emmoth

**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Nyckelord:** muskelenzymer, kreatinkinas, aspartataminotransferas, glukos, stärkelse, varmlodig travhäst

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institution för anatomi, fysiologi och biokemi

## Sammanfattning

Tävlingshästar inom trav och galopp kräver en foderstat som tillgodoser deras höga energibehov. För att kunna skapa en energirik foderstat har lösningen i många år varit att utfodra med stora mängder kraftfoder. Dock kan ett stort intag av kraftfoder med högt stärkelseinnehåll medföra flertalet hälsoproblem för hästar såsom ökad risk för magsår, kolik och utveckling av stereotypier. Tidigare studier har även uppmärksammat ett eventuellt samband mellan stärkelseintaget och plasmakoncentrationen av muskelenzymer. Syftet med detta arbete var att undersöka effekten av fodermedel med olika stärkelseinnehåll på muskelenzymaktivitet efter träning hos varmblodiga travhästar.

I studien ingick 76 varmblodiga travhästar med tre olika nivåer av stärkelseintag. Två blodprover togs från varje häst, ett prov innan träning och ett prov efter träning. Totalt togs 210 blodprover. Dessa centrifugerades och plasman analyserades för kreatinkinas (CK), aspartataminotransferas (ASAT), glukos och laktat. Under träning mättes hästarnas hjärtfrekvenser. Foderprover från använda kraftfodermedel analyserades för torrsubstanshalt och stärkelseinnehåll. En statistisk bearbetning och analys utfördes i SAS mixed model.

Studiens resultat visade en statistisk tendens till att det dagliga stärkelseintaget har en effekt på aktiviteten av ASAT i blodplasman, där hästar med högt stärkelseintag hade högre värden än hästar med lågt stärkelseintag (10,3 ukat/l vs. 3,3 ukat/l,  $p = 0,07$ ). Stärkelsenivån hade däremot ingen signifikant effekt på aktiviteten av CK i blodplasman efter träning. Detta kan bero på att blodprover togs för tidigt, att mer tillförlitliga svar hade uppnåtts om de togs närmre enzymernas höjdpunkt av aktivitet efter träning. Resultaten från detta projekt visade även att både ålder och kön hade en signifikant effekt på muskelenzymernas aktivitet i blodplasman, samt att ston hade högre värden än valacker av båda enzymerna (CK: 5,0 ukat/l vs 3,8 ukat/l,  $p = 0,005$ ; ASAT: 8,9 ukat/l vs 7,1 ukat/l,  $p = 0,04$ ). Studiens resultat indikerar på att det dagliga stärkelseintaget kan ha effekt på muskelenzymernas aktivitet, samt att kön påverkar muskelenzymaktivitetet vilket kan hänga samman med att kön är en riskfaktor för att utveckla korsförslamning. Det krävs dock ytterligare framtida studier för att undersöka stärkelseintagets inverkan på muskler och muskelenzymernas aktivitet.

*Nyckelord:* muskelenzymer, kreatinkinas, aspartataminotransferas, glukos, stärkelse, varmblodig travhäst

## Abstract

Racehorses require a diet that accommodate their high need of energy. In order to create a diet rich in energy a strategy since many years, have been to feed the horses with large amounts of concentrates. Large intakes of starch-rich concentrates can lead to numerous problems such as higher risk of stomach ulcers, colic and development of stereotypic behaviors. Previous studies have observed a potential connection between the starch intake and the plasma concentration of muscle enzymes. The purpose of this study was to investigate the effect of feeding with different starch levels on the activity of muscle enzymes after exercise in standardbred trotters.

The study included 76 Standardbred trotters that were divided into three groups depending on daily intake of starch. Two blood samples were collected from each horse, one during rest and one after exercise. 210 blood samples were taken in total, they were centrifuged, and the plasma analyzed of creatine kinase (CK), aspartate transaminase (AST), glucose and lactate. During the exercise the horse's heartrates were measured. Feed used in the study were sampled and analyzed for dry matter and starch content. A statistical analysis was performed with the SAS mixed model.

The results showed a statistical tendency for the starch intake to influence activity of AST in plasma where horses fed with high levels of starch had higher activity than horses with low levels of starch (10.3 ukat/l vs. 3.3 ukat/l,  $p = 0.07$ ). However, the starch intake did not have a significant effect on CK activity in plasma post exercise. The results may have been affected by timing of the sampling and more reliable results would have been achieved if the sampling occurred closer to peak of muscle enzyme activity after exercise. The results also showed that both age and sex have a significant effect on plasma activity of the muscle enzymes. Mares had higher values of CK and AST than geldings (CK: 5.0 ukat/l vs 3.8 ukat/l,  $p = 0.005$ ; AST: 8.9 ukat/l vs 7.1 ukat/l,  $p = 0.04$ ). The result of this project indicates that the daily starch intake may influence the activity of muscle enzymes, also that sex influence muscle enzyme activity which may be related to sex being a risk factor of developing exertional rhabdomyolysis. It requires additional research investigating the effects of starch intake on muscle enzyme activity.

*Keywords:* muscle enzymes, creatine kinase, aspartate transaminase, glucose, starch, standardbred trotter

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>7</b>
<b>Förkortningar .....</b>	<b>8</b>
<b>Inledning .....</b>	<b>9</b>
<b>Litteraturavsnitt .....</b>	<b>10</b>
2.1 Skelettmuskulaturen .....	10
2.1.1 Muskelenzymer.....	11
2.1.2 Korsförämning.....	12
2.2 Metaboliska effekter av foderstaten .....	13
2.2.1 Vallfoderdiet vs. Kraftfoderdiet.....	15
<b>Material och metod.....</b>	<b>17</b>
3.1 Hästar.....	17
3.2 Fodermedel.....	18
3.3 Provtagning .....	18
3.4 Hjärtfrekvensmätning .....	19
3.5 Statistisk analys .....	19
<b>Resultat .....</b>	<b>21</b>
4.1 Kreatinkinas .....	21
4.2 Aspartataminotransferas .....	21
4.3 Glukos .....	22
4.4 Laktat .....	22
4.5 Hjärtfrekvens .....	23
<b>Diskussion .....</b>	<b>24</b>
5.1 Slutsats .....	28
<b>Referenser.....</b>	<b>29</b>
<b>Populärvetenskaplig sammanfattning .....</b>	<b>31</b>
<b>Tack 33</b>	
<b>Bilaga 1.....</b>	<b>34</b>

# Tabellförteckning

Tabell 1. Antal hästar och tid hos tränare innan provtagning. ....	17
Tabell 2. Antal hästar inom varje nivå och dess stärkelseintag per dag.....	17
Tabell 3. Medelvärde för stärkelseintag per dag inom varje kön. ....	18
Tabell 4. Använda kraftfodermedel med innehåll av stärkelse och energi. ....	18
Tabell 5. LS means för CK (ukat/l) i blodplasma inom stärkelsenivå innan och efter träningsspass.....	21
Tabell 6. LS means för ASAT (ukat/l) i blodplasma inom stärkelsenivå innan och efter träningsspass.....	22
Tabell 7. LS means för glukoskoncentration (mmol/l) i blodplasma inom stärkelsenivå innan och efter träningsspass.....	22
Tabell 8. LS means för laktatkoncentration (mmol/l) i blodplasma inom stärkelsenivå efter träningsspass.....	22
Tabell 9. Medelvärde, lägsta värde och högsta värde för maximal hjärtfrekvens (HR slag/min), antal sekunder över 200 slag/min och antal sekunder över 210 slag/min under träningsspass för samtliga hästar i studien. ....	23
Tabell 10. Maximal hjärtfrekvens (HR slag/min), antal sekunder över 200 slag/min och antal sekunder över 210 slag/min under respektive träningsspass. ....	34

## Förkortningar

CK	Kreatinkinas
ASAT	Aspartataminotransferas
ATP	Adenosintrifosfat
ADP	Adenosindifosfat
UDS	SLU Universitetsdjursjukhus
RER	Recurrent exertional rhabdomyolysis
PSSM	Polysaccharide storage myopathy
HR	Hjärtfrekvens
Ls means	Kvadratmedelvärde



# Inledning

Tävlingshästar inom trav och galopp kräver en foderstat som tillgodoser deras höga energibehov. För att kunna skapa en energirik foderstat har lösningen i många år varit att utfodra med stora mängder kraftfoder (Jansson & Harris 2013). Dock kan ett stort intag av kraftfoder med högt stärkelseinnehåll, medföra flertalet hälsoproblem för hästar såsom ökad risk för magsår (Reese & Andrews 2009), kolik (Tinker et al. 1997; Durham 2009) och utveckling av stereotypier (Mcgreevy *et al.* 1995; Redbo *et al.* 1998). Dessutom har en tidigare studie uppmärksammat en eventuell koppling mellan stärkelseintaget och nivån av muskelenzymer i blodet (Connysson & Jansson 2022). För att minimera de risker som uppstår vid utfodring av stora mängder kraftfoder är det en möjlighet att minska kraftfodergivan och tillgodose hästens näringsbehov med endast grovfoder.

Tidigare studier har påvisat att nivåerna av muskelenzymerna kreatinkinas (CK) och aspartataminotransferas (ASAT) i blodet blir förhöjda efter träning och tävling hos travhästar (Pösö *et al.* 1983; Siciliano *et al.* 1995). Förhöjda värden av dessa enzymer i blodplasman kan indikera på muskelskador, då enzymerna läcker ut i blodet efter sönderfall av muskelceller (Hinchcliff *et al.* 2000; MacLeay *et al.* 2000; Sjaastad *et al.* 2016). Aktiviteten av CK och ASAT i blodet ökar i takt med omfattningen på muskelnedbrytningen, därför kan värdena visa storlek på skada men inte dess allvarlighet och prognos (MacLeay *et al.* 2000; Hinchcliff *et al.* 2013).

Tidigare har det antagits att de förhöjda värdena på CK och ASAT i blodet har orsakats av ansträngning vid tävling och träning hos varmblodiga travhästar, och sådana värden har ansetts normala. Det har dock inte diskuterats vidare kring foderstatens roll i de förhöjda värdena. I en studie av Jansson & Harris (2013) undersöktes utfodringsnormer för tävlingshästar i USA, Tyskland, Australien och Sverige under åren 1975 till 2007. Författarna visade att varmblodiga travhästar i genomsnitt utfodrades med  $6,8 \pm 0,4$  kg kraftfoder/dag (Jansson & Harris 2013), därför är det möjligt att foderstaten kan vara en bidragande faktor till förhöjda muskelenzymvärden efter hög ansträngning och en ökad muskelnedbrytning.

Syftet med arbetet är att undersöka effekten av fodermedel med olika stärkelseinnehåll på muskelenzymers aktivitet efter träning hos varmblodiga travhästar. Hypotesen är att muskelenzymaktiviteten hos varmblodiga travhästar påverkas mer av en stärkelsesrik foderstat än av ansträngande träning.

# Litteraturavsnitt

## 2.1 Skelettmuskulaturen

Muskulaturen står för mer än hälften av den totala kroppsmassan hos en vuxen häst (Rivero 2007). Majoriteten, ca 80%, av dessa muskler är fästa på skelettet med senor och bildar kroppens skelettmuskulatur, vilket möjliggör hästen att röra sig, uttrycka sig och utföra dess arbete (Sjaastad *et al.* 2016). Muskulaturen består av flertalet olika vävnader såsom bindväv, blodkärl, nerver och muskelceller som utgör den största delen. I muskelcellen är cellskelettet uppbyggt för att kunna maximera rörelseförmågan i så stor utsträckning som möjligt. Muskelcellen innehåller de två typerna mikrofilament aktin och myosin, som tillsammans bildar myofilament av långa proteinkedjor. Aktinfilamenten är de tunnaste i cellskelettet och är nödvändiga för cellens form och rörelseförmåga, när dessa filament interagerar med myosinfilament kan de utföra muskelns kontraktion. Myosinfilament består av motorprotein och rör sig längs aktinfilamenten, via denna rörelse genereras kraft och muskelkontraktion uppstår. Vid en kontraktion kan muskeln förkortas och en rörelse uppstår. Muskelcellen är den största cellen i kroppen och består främst av dessa filament, vilka är uppbyggda av proteiner som i sin tur byggs upp av aminosyror. ASAT är det enzym som katalyserar en reaktion mellan aminosyrorna aspartat och glutamat vilket gör det till ett betydelsefullt enzym i aminosyrametabolismen (Sparling 2016). Enzymet blir då även betydelsefullt för muskelcellens uppbyggnad och kontraktion eftersom det fungerar som ett hjälpmedel när cellen bygger sina proteinkedjor av aminosyror.

Adenosintrifosfat (ATP) är en nukleotid som är betydelsefull för cellens energihantering, och är nödvändig för flertalet steg i processen av muskelkontraktion samt andra energikrävande processer i cellen. Energi frigörs från klyvningen av ATP under hydrolysen och utnyttjas av cellens processer. Utöver glykolysen och citronsyracykeln, produceras ATP i den oxidativa fosforyleringen från adenosindifosfat (ADP). I denna reaktion kan kreatin och ATP fosforyleras till ADP och kreatinfosfat. Reaktionen är även reversibel och kan bilda ATP från ADP, koncentrationerna av ATP och ADP är det som avgör riktningen på reaktionen. Katalysatorn till dessa reaktioner är muskelenzymet CK vilket gör enzymet till en viktig del i muskelns energihantering. Likt hydrolyseringen av ATP

till ADP, frigörs ungefär samma mängd energi när bindningen mellan kreatinet och fosfatet bryts. Detta gör kreatinfosfatet till en liten förvaring av energi i muskelcellen. (Sjaastad *et al.* 2016)

### 2.1.1 Muskelenzymer

Enzymer i blodplasman härstammar i många fall från nedbrutna eller skadade celler i kroppen. Genom att identifiera enzymet är det möjligt att detektera de nedbrutna cellerna och eventuellt ursprunget på skadan (Sjaastad *et al.* 2016). De två enzymer som främst används för att detektera muskelskador hos hästar är CK och ASAT (Valberg 2008). Att använda värdena av exempelvis endast ASAT i plasman gör det svårt att avgöra var skadan finns eftersom enzymet finns av hög koncentration i flera organ (Valberg 2008). CK är aningen mer specifikt för muskeln än ASAT, kombinationen av dessa två enzym blir därför ett värdefullt verktyg vid fastställande av muskelskador (Sparling 2016) eller sjukdomar som exempelvis korsförslamning (Valberg 2008).

Enzymer mäts vanligtvis i aktivitet per liter, vilket betyder hur mycket enzym som finns och kan bryta ner något annat per liter. Enzymets aktivitet påverkas av bland annat andra molekyler, temperatur, pH och koncentration. Aktiviteten av CK i blodplasman når sin höjdpunkt inom 4 till 6 timmar efter ansträngning och halveringstiden är ungefär 90 minuter (MacLeay *et al.* 2000). ASAT når sin höjdpunkt i blodplasman 24 timmar efter muskelsönderfall (Valberg 2006).

Efter hög ansträngning vid tävling eller träning kan det uppstå en ökning av muskelenzymaktivitet i blodplasman. Pösö *et al.* (1983) studerade ansträngningens inverkan på blodparametrar hos varmlodiga travhästar och finnhästar i tävlingskondition. Blodprover samlades in från jugularvenen vid vila och 5–30 minuter efter maximal ansträngning. Studiens resultat visade en signifikant ( $p < 0,001$ ) ökad aktivitet på CK (261 u/l) och ASAT (495 u/l) i blodplasman hos travhästar 5–30 minuter efter tävling (Pösö *et al.* 1983).

En studie av Siciliano *et al.* (1995) undersökte effekten av träning på CK och ASAT aktiviteten i blodplasman hos fullblod. Två experiment utfördes där det första jämförde muskelenzymaktiviteten hos hästar när de var otränade med aktiviteten efter 8 veckors träning. Det andra experimentet jämförde två träningsformer: upprepande submaximala intervaller och kort högintensiv träning. De submaximala intervallerna innebar att hästarna genomförde tre intervaller av 30 min jogging med 10 min vila mellan varje intervall. I den korta högintensiva träningen nådde hästarna sin maxpuls och fortsatte på samma hastighet fram till utmattning. Studiens resultat visade en ökad aktivitet av CK upp till 24 timmar efter träning och ASAT 0–8 timmar efter träning i blodplasman för både otränade och tränade hästar ( $p < 0,05$ ). Dock visades aktiviteten av muskelenzymerna vara högre hos otränade (CK: ca 2200–2700 u/l; ASAT: ca 350–600 u/l) hästar än hos tränade hästar (CK: ca 400 u/l; ASAT: ca 350 u/l) 0–8 timmar efter ansträngning.

Muskelenzymaktiviteten var även högre efter submaximal intervallträning än efter kort högtintensiv träning (Siciliano *et al.* 1995).

Flertalet faktorer utöver träning och ansträngning har visats påverka aktiviteten av CK och ASAT i blodplasman hos hästar. I en studie av Harris *et al.* (1990) undersöktes vissa faktorers inverkan på aktiviteten av ASAT och CK i blodplasman hos fullblodshästar. Resultaten visade att kön och ålder hade en signifikant ( $p < 0,005$ ) effekt på värden av ASAT 24 timmar efter träning, där ungston hade högre värden än unghingstar och tvååringar högre än treåringar. Även aktiviteten av CK 24 timmar efter träning hade korrelation till kön ( $p < 0,001$ ), där ungston hade högre värden än unghingstar (Harris *et al.* 1990). Connysson & Jansson (2022) undersökte effekten av stärkserikt kraftfoder på muskelenzymfrisättningen hos varmblodiga travhästar. Data samlades in från två studier där en kraftfoderdiet jämfördes med en foderstat baserat på endast näringsrikt grovfoder. Resultaten visade att värdena för ASAT i blodplasman 24 timmar efter träning var högre hos hästar med kraftfoderdiet än hos de med grovfoderdiet. Även aktiviteten av CK visade en tendens till att vara högre hos hästar med kraftfoderdiet än de med grovfoderdiet (Connysson & Jansson 2022).

### 2.1.2 Korsförlamning

Korsförlamning innebär att muskelceller faller sönder i samband med träning och ansträngning av skelettmuskulaturen, syndromet kan uppstå från flera olika orsaker och kan i sin tur orsaka muskelkramper och vävnadsdöd. Ordet korsförlamning är ett bredare begrepp som innefattar muskelsjukdomar av olika ursprung och har gått under många namn: azoturia, tying-up, rbdomyolys, exertional rhabdomyolysis, måndagssjuka, paralytisk myoglobinuri, myosit, setfast, kramper och metabola myopatier bland många fler. Vid korsförlamning kan hästen uppvisa symptom såsom stelhet, kramper, svettning, motvilja eller svårigheter till rörelser, skiftande bakbenschälta, ökad andningsfrekvens samt hårda och smärtsamma muskler. Sporadiska fall av syndromet kan orsakas av överansträngning eller felaktig foderstat. Kroniska fall kan vara orsakade av nedärvda defekter i den intracellulära kalciumregleringen och kallas då recurrent exertional rhabdomyolysis (RER). En annan variant på kronisk korsförlamning är polysaccharide storage myopathy (PSSM), där orsaken är nedärvda defekter i glykolysen och glykogenolysen. Ändring i foderstat och träningschema kan lindra symptom och minska risken för återkommande problem med korsförlamning. Diagnostiseringen baseras främst på kliniska symptom av smärta och stelhet i muskler efter träning i samband med ökad aktivitet av CK och ASAT i blodplasman. (Valberg 2006)

Det finns några faktorer som gör att vissa hästar löper större risk för att utveckla korsförlamning än andra. I en studie av McGowan *et al.* (2002) undersöktes riskfaktorer för korsförlamning hos 610 hästar i England. 35 av 610 hästar hade utvecklat korsförlamning, 26 av dessa hade fått återkommande episoder. Resultaten

visade att det var tre gånger så stor risk för ston att utveckla syndromet än valacker och hingstar. Det visades även att 46% av de drabbade hästarna var två år gamla, och ett samband till temperamentet hittades där hästar som var nervösa och lättretliga var mer utsatta för korsförflamning. De identifierade riskfaktorerna i studien var könets där ston löper större risk, ett nervöst och lättretligt temperament, samt att vara två år gammal (McGowan *et al.* 2002).

Episoder av korsförflamning kan orsakas av en foderstat med högt stärkelseinnehåll, därför är dieten högst väsentlig vid förhindring av syndromet (Valberg 2006). Foderstaten är även viktig vid hantering av syndromet, då studier har visat lägre aktivitet av CK i blodplasman hos fullblod med RER vid utfodring av foder med lågt stärkelseinnehåll (MacLeay *et al.* 2000; McKenzie *et al.* 2003). McKenzie *et al.* (2003) undersökte vilken effekt innehåll av stärkelse, fett och bikarbonat i foderstaten hade på CK aktiviteten före och efter träning hos fullblod med RER. Fem fullblodiga hästar med RER utfodrades med tre olika foderstater i en cross-over, foderstaterna hade samma näringsinnehåll men olika nivåer av stärkelse och fett (McKenzie *et al.* 2003). Resultaten visade att nivån av CK i blodplasman var liknande innan träning mellan samtliga foderstater, men skilde sig drastiskt mellan foderstaterna efter träning. CK aktiviteten var 7,9 gånger högre när hästarna utfodrades med en stärkelsesrik foderstat än med lågt stärkelseinnehåll och högt fettinnehåll (57–404 U/L). Det fanns ingen märkbar skillnad på glykogenkoncentrationer och muskellaktat mellan foderstaterna. Provtagningen skedde fyra timmar efter träning (McKenzie *et al.* 2003). I en annan studie av MacLeay *et al.* (2000) undersöktes foderstatens effekt på CK aktiviteten i plasman hos fem fullblod med RER och tre friska fullblod. Studiens resultat visade förhöjda värden av CK i blodplasman fyra timmar efter träning hos hästar med RER. Hos hästar med RER var värdena av CK efter träning högre när de utfodrades med en stärkelsesrik foderstat än med foder av lågt stärkelseinnehåll ( $839 \pm 109$  vs.  $383 \pm 106$  U/L,  $p = 0,03$ ). RER-hästar utfodrade med stärkelsesrik foderstat hade även innan träning högre aktivitet av CK i plasman än de utfodrade med mindre stärkelse ( $389 \pm 44$  U/L vs  $226 \pm 43$  U/L,  $p = 0,01$ ). Det visades inga skillnader mellan foderstaterna på CK aktiviteten innan eller efter träning hos friska fullblod (MacLeay *et al.* 2000).

## 2.2 Metaboliska effekter av foderstaten

Hästar är herbivorer och grovtarmsjäsare, de har då möjlighet att dra nytta av två energisystem. De får energi dels från användningen av glukos, dels vid fibernedbrytningen i grovtarmen och bildandet av flyktiga fettsyror (VFA).

I cellen kan glukosmolekyler koncentreras och förvaras som polysackarider. I växter kallas denna förvaring av glukos för stärkelse och är den största energikällan

i många växter. Djurens motsvarighet till stärkelse är glykogen och förvaras då främst i levern och skelettmuskulaturen. (Sjaastad *et al.* 2016)

Vid konsumtion av spannmål bryts stärkelsen ned till glukos i tunntarmen av enzymer producerade av tarmens epitelceller (Sjaastad *et al.* 2016). En stor del av glukosen absorberas och transporteras sedan vidare till levern via portådern och förvaras som glykogen i levercellerna, eller omvandlas till lipider (Sjaastad *et al.* 2016). Glukos transporteras även till muskelfibrerna där de förvaras som glykogen, vilket blir en lättillgänglig energikälla för muskulaturen vid rörelse och arbete (Sjaastad *et al.* 2016). Transportören av glukos (enzymet natriumglukoskotransportprotein 1) finns och fungerar främst i tunntarmens slemhinna och har en begränsad kapacitet för transport av glukos och galaktos (Hodgson *et al.* 2014). Detta tillsammans med att hästar har en låg koncentration av enzymet amylas som bryter ned stärkelsen i tunntarmen, får till följd att hästar endast kan bryta ned en begränsad mängd stärkelse. Därför kan ett högt intag av kraftfoder orsaka att tunntarmens kapacitet av sockernedbrytning och absorption överskrids, och stärkelsen fortsätter vidare till grovtarmen (Hodgson *et al.* 2014). Detta kan i sin tur bidra till störningar i grovtarmsjämsningen som associeras med stora kraftfodergivor (Hodgson *et al.* 2014). Glukos är över lag den främsta energikällan för samtliga vävnader, inklusive skelettmuskulaturen, hos hästar (Sjaastad *et al.* 2016). Tillsammans med fettsyror är glukos det viktigaste substratet vid produktionen av ATP (Sjaastad *et al.* 2016).

Som betande och födosökande herbivorer har hästens mag- och tarmsystem utvecklats till att bearbeta stora mängder fibrer. I magsäcken utsätts fibern för saltsyra och enzymerna lipas och pepsin, innan de bryts ned ytterligare via mikrobiell fermentering i grovtarmen (Ermers *et al.* 2023). Denna nedbrytning av fiber i grovtarmen resulterar i produktion av VFA, acetat, butyrat och propionat (Ermers *et al.* 2023). Dessa ämnen som produceras används sedan vidare som energi, och fungerar som en direkt energikälla för hästen (Ermers *et al.* 2023). Antingen används VFA direkt som energikälla, eller så används det i syntes av glukos och fett (Hodgson *et al.* 2014). Lösliga kolhydrater såsom glukos och stärkelse som når grovtarmen, utsätts också för fermentering av mikrober och producerar VFA (Hodgson *et al.* 2014).

Lacombe *et al.* (2001) undersökte effekten av förbrukning och efterföljande påfyllning av muskelglykogen på prestationsförmåga under anaerob träning hos hästar. Sex varmblodiga travhästar och ett fullblod ingick i en cross-over där hästarna genomförde träningspass vid två tillfällen (Lacombe *et al.* 2001). Efter varje träningspass injicerades varje häst slumpmässigt med antingen 6 g glukos/kg kroppsvikt i en lösning med NaCl (Glu), eller med en NaCl lösning utan glukos (Sal). Resultaten visade att återfyllningen av glykogen i muskulaturen var större hos hästar med Glu än med Sal. Tiden fram till utmattning under högintensiva träningspass var längre, maximal ackumulerad syreskuld och koncentration av

laktat i blodet i slutet av träningspasset var större hos hästar med Glu än med Sal. Författarna drar slutsatsen att en minskad tillgång på glykogen i skelettmuskulaturen påverkar prestation och anaerob kapacitet negativt hos hästar under högintensiv anaerob träning (Lacombe *et al.* 2001).

### 2.2.1 Vallfoderdiet vs. Kraftfoderdiet

Då varmblodiga travhästar i tävlingskondition kräver mycket energi i foderstaten utfodras de flesta med stora mängde stärkelsesrikt kraftfoder (Jansson & Harris 2013). Foderstaten har förmåga att påverka hästens prestationsförmåga vid diverse träningsomgångar (Jansson & Lindberg 2012). Flertalet studier har undersökt vad stärkelsesrika foderstater har för metaboliska effekter hos den tävlande hästen, samt hur en foderstat baserat på endast grovfoder mäter sig i jämförelse. Jansson & Lindberg (2012) jämförde effekterna av en foderstat baserat på endast grovfoder med en foderstat inkluderande kraftfoder på laktattröskeln, koncentration av glykogen i skelettmuskulaturen samt metaboliska parametrar i blodplasman. Studien utfördes på sex varmblodiga travhästar i tävlingskondition i en cross-over studie. Hästarna utfodrades antingen med endast näringsrikt grovfoder eller med en mixad foderstat av 50% ts kraftfoder och 50% ts grovfoder. Resultaten visade att koncentration av acetat i blodplasman var högre innan och efter träning hos hästar med grovfoderdieten än hos de med kraftfoderdieten. Det fanns även en tendens till ökad laktattröskel, samt högre venöst pH-värde och glukoskoncentration i blodplasman under träning med grovfoderdiet jämfört med kraftfoderdiet. Likaså fanns en tendens till ökad koncentration av fria fettsyror i blodet efter träning hos hästar med grovfoderdiet i jämförelse med kraftfoderdiet. Dock visades nivån av insulin i blodplasman och koncentration av glykogen i skelettmuskulaturen vara lägre på grovfoderdiet, utnyttjandet av glykogen var liknande för de båda foderstaterna. Författarna drog slutsatsen att en foderstat med endast näringsrikt grovfoder har mer positiva än negativa effekter på tävlingshästens prestationsförmåga, om ett lägre glykogenförråd bortses (Jansson & Lindberg 2012).

I en studie av Connysson *et al.* (2010) undersöktes en jämförelse mellan en foderstat av endast grovfoder och en foderstat av 50% ts kraftfoder och 50% ts grovfoder. Effekterna på kroppsvikt, koncentration av protein i blodplasman, samt några metaboliska parametrar i plasman studerades sedan efter 12 timmars fasta. Studien inkluderade totalt tolv varmblodiga travhästar i tävlingskondition som slumpmässigt fick en av två foderstater i en cross-over. Kroppsvikt och vattenintag var högre hos hästar med grovfoderdiet än de med kraftfoder, likaså var viktnedgången under fasta. Hästar med grovfoderdiet hade även lägre koncentration plasmaprotein under fasta än med kraftfoder. Nivåer av insulin var lägre både under utfodring samt efter fem timmar av fasta vid grovfoderdiet i jämförelse med kraftfoderdiet. Koncentrationen av fria fettsyror och urea i blodplasman ökade för

de båda foderstaterna under fasta, men glukos ändrades varken av foderstat eller fasta (Connysson *et al.* 2010).

Ytterligare en studie har jämfört foderstaters effekt på metaboliska parametrar, i samband med transport (Connysson *et al.* 2017). Foderstaterna som jämfördes var en baserad på endast energirikt grovfoder med en foderstat innehållande 50% ts havre och 50% ts grovfoder. Sex varmblodiga travhästar tilldelades slumpmässigt en av de två foderstaterna i en cross-over studie. Det hittades ingen skillnad mellan foderstaterna gällande effekt på hjärtfrekvens eller koncentration av laktat, kortisol, glukos, fria fettsyror och urea i blodplasman. Hästar med grovfoderdieten hade högre värden av acetat i blodplasman, samt lägre värden av insulin och protein i blodplasman än hästar med kraftfoderdiet. Studien indikerar på att fler metaboliska parametrar påverkas mer av transporterering än foderstat (Connysson *et al.* 2017).



# Material och metod

## 3.1 Hästar

Studien inkluderade totalt 76 hästar varav 12 hingstar, 36 valacker och 29 ston. En häst exkluderades ur studien på grund av att den endast gått på foderstaten i 10 dagar, vilket är mindre än vad som behövs för att ställa in sig på en foderstat. Resten av hästarna hade gått på samma foderstat i över en månads tid. 52 hästar fanns i träning hos samma tränare i ett år eller mer innan provtagning (Tabell 1). Hästarna var av rasen varmblodig travhäst i åldrarna två till tolv år och fanns i träning hos fem olika A-licensierade tränare utspridda i Sverige.

Hästarna delades in i tre grupper baserat på deras stärkelseintag, där de hade en foderstat med en av tre stärkelsenivåer; låg, mellan eller hög (Tabell 2). Hästar med låg stärkelsenivå fick 0–299 g/dag, mellan fick 300–999 g/dag och hög hade ett stärkelseintag på 1000–1630 g/dag (Tabell 2). Deras dagliga kraftfoderintag hade ett stärkelseinnehåll på 0–1630 g och ett energiinnehåll på 0–78 MJ. Hästarna utförde ett träningspass vid varje provtagningstillfälle i form av snabbjobb. Det dagliga stärkelseintaget delades upp mellan könen där hingstar hade i genomsnitt störst stärkelseintag (1046 g/dag), ston hade lägst (694 g/dag) och valacker fick i genomsnitt 974 g stärkelse per dag (Tabell 3).

*Tabell 1. Antal hästar och tid hos tränare innan provtagning.*

Tid hos tränare	Antal hästar
≥ 1 år	52
6–11 månader	17
1–6 månader	7

*Tabell 2. Antal hästar inom varje nivå och dess stärkelseintag per dag.*

Grupp	Stärkelseintag g/dag	Antal hästar
Låg	0–299	18
Mellan	300–999	25
Hög	1000–1630	32

Tabell 3. Medelvärde för stärkelseintag per dag inom varje kön.

Kön	Stärkelse g/dag
Hingst	1046
Valack	917
Sto	694

## 3.2 Fodermedel

Totalt användes 10 olika kraftfodermedel till hästarna i studien (Tabell 4). De kraftfodermedel som användes hade ett stärkelseinnehåll på 153–467 g/kg ts och energiinnehåll på 9,7–14,6 MJ/kg ts (Tabell 4). Foderstater och val av fodermedel bestämdes av hästarnas tränare. Studien har endast inkluderat och beräknat kraftfoder, grovfodermedel har ej inkluderats.

Tabell 4. Använda kraftfodermedel med innehåll av stärkelse och energi.

Fodermedel	Stärkelse g/kg ts	Energi MJ/kg ts
1	153	13,0
2	169	9,7
3	171	9,7
4	252	13,0
5	256	13,0
6	306	12,8
7	340	14,6
8	345	10,3
9	403	11,5
10	467	11,5

## 3.3 Provtagning

Två blodprover togs från varje häst, ett prov under vila innan träning och ett prov efter träningspasset. Provet efter träning togs 7–27 minuter efter sista utförda intervall. Totalt togs 210 blodprover, samtliga prover togs från jugularvenen med vacutainer av en veterinär. Varje stall besöktes två gånger för provtagningar med ungefär en månads mellanrum under perioden september 2022 - januari 2023.

När proverna var tagna kylades de ned för att sedan centrifugeras på plats i en centrifug. Efter centrifugeringen pipetterades blodplasman upp och frystes ned.

Plasman förvarades i -20°C fram till analys. När samtliga prover var insamlade skickades de till KV labbet och SLU Universitetsdjursjukhus (UDS) för analys av CK, ASAT och glukos. Proverna analyserades för laktat på labbet hos SLU:s Institution för anatomi, fysiologi och biokemi.

Det samlades in foderprover från de kraftfodermedel som användes till hästarna i studien. Ca 1 kg foder togs av varje kraftfodermedel från respektive fodervagn/behållare som användes i stallen. Foderproverna skickades till Eurofins laboratorium för analys av innehåll av stärkelse och torrs substans. Information om hästarna och deras foderstater samlades in från tränarna.

### 3.4 Hjärtfrekvensmätning

Under träningspassen användes pulsklockor på samtliga hästar. Hjärtfrekvens och hastighet under träning mättes med hjälp av hjärtfrekvensmätaren Polar M460 (Polar Electro Oy, Finland). Värdet för maximal hjärtfrekvens (HR slag/min), antal sekunder över 200 slag/min och antal sekunder över 210 slag/min under respektive träningspass för samtliga hästar redovisas i Bilaga 1.

### 3.5 Statistisk analys

Statistisk bearbetning gjordes av studiens data med Microsoft Excel (Microsoft Corporation., Washington, USA). Data från hjärtfrekvensmätningen laddades ned och analyserades i Polar Flow (Polar Electro Oy, Finland), och sammanställdes sedan i Microsoft Excel. Hjärtfrekvens data bearbetades endast i Microsoft Excel och analyserades inte i SAS, därav presenteras dessa resultat som enkla medelvärden samt lägst och högst värde. Samtliga övriga resultat i arbetet presenteras som LS means (kvadratmedelvärde) med standard error, förutom Tabell 9 som redovisar medelvärde.

Variansanalyserna gjordes med PROC MIXED (SAS 9.4, Institute Inc., Cary, NC). Den statistiska modellen för ASAT, CK och glukos inkluderade de fixa effekterna ålder, kön, tränare, prov, grupp och stärkelseintag per dag, och interaktionen mellan prov och grupp, samt en slumpmässig effekt av häst. Modellen för en observerad variabel för häst  $i$ , prov  $j$ , grupp  $k$ , tränare  $l$ , ålder  $m$ , kön  $n$  och stärkelseintag per dag  $o$  var:

$$Y_{ijklmo} = \mu + \eta_i + \pi_j + \gamma_k + x_l + \alpha_m + \beta_n + \kappa_o + (\pi\gamma)_{jk} + e_{ijkl}$$

Modellen består av medelvärdet  $\mu$ , effekten av häst  $\eta_i$ , effekten av prov  $\pi_j$ , effekten av grupp  $\gamma_k$ , effekten av tränare  $x_l$ , effekten av ålder  $\alpha_m$ , effekten av kön  $\beta_n$ , effekten av stärkelseintag per dag  $\kappa_o$  och effekten av interaktionen mellan prov och

grupp  $(\pi\gamma)_{jk}$ , samt residualeffekten  $e_{ijk}$ . Den randomiserade faktorn som användes var häst. Samtliga resultat presenteras som LS means (kvadratmedelvärde) med standard error.

Den statistiska modellen för laktat inkluderade de fixa effekterna tränare, prov och grupp, samt en slumpmässig effekt av häst. Modellen för en observerad variabel för häst  $i$ , tränare  $j$ , prov  $k$  och grupp  $l$  var:

$$Y_{ijklmo} = \mu + \eta_i + \pi_j + \gamma_k + x_l + e_{ijkl}$$

Modellen består av medelvärdet  $\mu$ , effekten av häst  $\eta_i$ , effekten av tränare  $\pi_j$ , effekten av prov  $\gamma_k$  och effekten av grupp  $x_l$ , samt residualeffekten  $e_{ijk}$ . Den randomiserade faktorn som användes var häst. Resultaten presenteras som LS means med standard error.

# Resultat

## 4.1 Kreatinkinasa

Det dagliga stärkelseintaget hade ingen effekt på CK i blodplasman ( $p = 0,12$ ), och det visades ingen signifikant ( $p = 0,09$ ) skillnad mellan stärkelsenivåerna gällande aktiviteten av CK. Enzymet hade överlag en ökad ( $p < 0,0001$ ) aktivitet i plasman efter träning jämfört med innan (Tabell 5). Enzymets aktivitet ökade inte signifikant efter träning inom stärkelsenivåerna låg och hög (Tabell 6). Ston hade högre aktivitet av CK än valacker (5,0 ukat/l vs 3,8 ukat/l,  $p = 0,005$ ).

Tabell 5. LS means för CK (ukat/l) i blodplasma inom stärkelsenivå innan och efter träningspass.

Stärkelsenivå	Innan	Efter	Totalt	SE	P – värde
Hög	5,4	5,9	5,7	1,0	0,2
Mellan	3,8	5,8	4,8	0,9	<0,0001
Låg	1,6	2,4	2,0	1,3	0,1
Alla sammanslagna	3,6	4,7	4,2	0,4	<0,0001

## 4.2 Aspartataminotransferas

Samtliga grupper visade en signifikant ökning av ASAT efter träning (Tabell 6). Det dagliga stärkelseintaget hade inte en signifikant ( $p = 0,2$ ) effekt på aktiviteten av ASAT i modellen. Det fanns däremot en tendens till skillnad mellan stärkelsenivåerna, där skillnaden mellan hästar med lågt (3,3 ukat/l) och högt (10,3 ukat/l) stärkelseintag hade signifikansnivå  $p = 0,07$ .

En signifikant koppling fanns mellan ASAT i blodplasman och om provet togs innan eller efter träning, där det fanns en ökad aktivitet efter träning ( $p < 0,0001$ ) (Tabell 6). Ett signifikant samband mellan nivån av ASAT i plasman och kön visades, där ston hade högre aktivitet än valacker (8,9 ukat/l vs 7,1 ukat/l,  $p = 0,04$ ). Sedan visades det även i den mixade modellen att ålder hade en signifikant effekt ( $p < 0,0001$ ) på aktiviteten av ASAT i blodplasman.

Tabell 6. LS means för ASAT (ukat/l) i blodplasma inom stärkelsenivå innan och efter träningspass.

Stärkelsenivå	Innan	Efter	Totalt	SE	P - värde
Hög	10,0	10,5	10,3	1,7	<0,0001
Mellan	8,9	9,4	9,2	1,6	<0,0001
Låg	3,2	3,5	3,3	2,4	<0,0001
Alla sammanslagna	7,4	7,8	7,6	0,8	<0,0001

### 4.3 Glukos

Stärkelseintaget hade ingen effekt på glukos i plasma ( $p = 0,53$ ), och det fanns ingen signifikant skillnad på glukoskoncentrationerna mellan stärkelsenivåerna ( $p = 0,79$ ). Samtliga stärkelsenivåer ökade signifikant i glukoskoncentration efter träning (Tabell 7).

Tabell 7. LS means för glukoskoncentration (mmol/l) i blodplasma inom stärkelsenivå innan och efter träningspass.

Stärkelsenivå	Innan	Efter	Totalt	SE	P - värde
Hög	5,6	6,3	6,0	0,5	0,0019
Mellan	5,3	5,8	5,6	0,4	0,03
Låg	5,3	6,0	5,7	0,6	0,009

### 4.4 Laktat

Endast proverna som togs efter träning analyserades för laktat i blodplasman. Hästar med högt stärkelseintag hade i genomsnitt ett numeriskt lägre värde av laktat i blodplasman än hästar med lågt stärkelseintag (Tabell 8). Skillnaderna mellan stärkelsenivåerna var inte signifikanta ( $p = 0,9$ ) och stärkelseintaget hade inte en generell effekt på laktatet i modellen ( $p = 0,99$ ). Sammanslaget hade hästarna i ls means 2,5 mmol/l med standard error 0,7 laktat i blodplasman efter träning (Tabell 8) ( $p = 0,0025$ ).

Tabell 8. LS means för laktatkoncentration (mmol/l) i blodplasma inom stärkelsenivå efter träningspass.

Stärkelsenivå	Efter träning	SE
Hög	2,2	2,5
Mellan	2,4	3,0
Låg	2,9	1,9
Alla sammanslagna	2,5	0,7

## 4.5 Hjärtfrekvens

Maximal hjärtfrekvens låg i genomsnitt på 215 slag/minut, hästen med lägst maximal hjärtfrekvens nådde 172 slag/minut och den med högst låg på 237 slag/minut (Tabell 9). I genomsnitt hade hästarna en hjärtfrekvens på 200 slag/minut eller mer i 256 sekunder, och 210 slag/minut eller mer i 136 sekunder (Tabell 9). Maximal hjärtfrekvens, antal sekunder över 200 slag/min och antal sekunder över 210 slag/min för varje individ redovisas i Bilaga 1.

*Tabell 9. Medelvärde, lägsta värde och högsta värde för maximal hjärtfrekvens (HR slag/min), antal sekunder över 200 slag/min och antal sekunder över 210 slag/min under träningspass för samtliga hästar i studien.*

	Medelvärde	Lägsta	Högsta	SE
Max HR (slag/min)	215	172	237	0,09
HR $\geq$ 200 (sekunder)	256	0	722	1,2
HR $\geq$ 210 (sekunder)	136	0	525	1,3

# Diskussion

## *Muskelenzymer*

Resultaten visade att muskelenzymvärden hade en tydlig koppling till om provet togs innan eller efter träning där aktiviteten var högre efter träning samt till hästens kön där ston hade högre aktivitet än valacker. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan foderstaterna gällande aktiviteten på CK och ASAT i blodplasma. ASAT tenderade dock att vara högre hos hästar med högt stärkelseintag i jämförelse med lågt stärkelseintag. Åldern hade en signifikant effekt på aktiviteten av ASAT i blodplasman men det fanns ingen signifikant korrelation mellan åldern och ASAT.

Till skillnad från studien av Connysson & Jansson (2022) visades inget tydligt samband mellan aktiviteten av muskelenzymer och stärkelsenivå i foderstaten. Connysson & Jansson (2022) hittade högre aktivitet av både CK och ASAT hos hästar utfodrade med kraftfoder, än hos dem som utfodrades med endast grovfoder. Vi hittade endast en tendens till högre aktivitet av ASAT i blodplasman hos hästar med högt stärkelseintag i jämförelse med lågt stärkelseintag. Dock var det dagliga stärkelseintaget betydligt högre hos hästar utfodrade med kraftfoder i studien av Connysson & Jansson (2022) än hästar med högt stärkelseintag i denna studie vilket kan förklara de avvikande resultaten. Hästar med högst stärkelsenivå i fodret hade ett dagligt intag på 2611 g i Connysson & Jansson (2022) och 1630 g i denna studie.

Liknande Siciliano *et al.* (1995) och Pösö *et al.* (1983) visades en överlag signifikant ökning av CK aktiviteten efter träning, däremot var ökningen inom två av stärkelsenivåerna ej signifikant efter träning. Även ökningen av ASAT var signifikant efter träning vilket stämmer överens med resultaten från både Siciliano *et al.* (1995) och Pösö *et al.* (1983). Dessa resultat kan ha påverkats av att proven togs inom 7–27 minuter efter ansträngning. Även om denna tidsram är lik den i Pösö *et al.* (1983) kan det ha varit fördelaktigt att ta blodprover senare då aktiviteten av CK har sin höjdpunkt 4–6 timmar efter ansträngning. Om provtagning skedde närmre höjdpunkten av CK-aktivitet kan det ha visats andra resultat på analyserna. Dock var detta inte möjligt att utföra i denna studie på grund av praktiska skäl.

Resultaten visade även en koppling mellan aktivitet av muskelenzymer och hästens kön där ston hade signifikant högre värden av de båda enzymerna än valacker, vilket stämmer överens med resultaten från Harris *et al.* (1990). Det kan diskuteras vidare om det beror på foderstat, men i detta arbete fick ston i genomsnitt



lägre stärkelsegiva per dag än både valacker och hingstar. Resultaten i denna studie indikerar på att något annat än stärkelseintag orsakar den ökade aktiviteten av muskelenzymer i blodplasman hos ston. Innebär detta att kön kan vara en riskfaktor för korsförflamning? Om ston har en tendens till högre värden av muskelenzymer i blodplasman och större muskelnedbrukning är det möjligt att de löper större risk för utveckling av korsförflamning än både hingstar och valacker. McGowan *et al.* (2002) undersökte detta och visade att könet är en riskfaktor för korsförflamning, där ston löper större risk och drabbas i högre grad än både hingstar och valacker. Författarna hävdar att vara sto utsätter hästen för större risk för utveckling av sjukdomen. Resultaten från denna studie stämmer alltså överens med McGowan *et al.* (2002) som visar att ston hade signifikant högre aktivitet av CK och ASAT än både hingstar och valacker. Därav är sammansättningen på foderstaten viktig särskilt för ston för att förhindra korsförflamning eftersom ett högt stärkelseintag kan vara en utlösande faktor av syndromet (Valberg, 2006). Detta stöds ytterligare av tidigare studier som har påvisat lägre aktivitet av CK i blodplasman hos fullblod med RER vid utfodring av foder med lågt stärkelseinnehåll (MacLeay *et al.* 2000; McKenzie *et al.* 2003). Resultaten från dessa studier indikerar att stärkelseintaget har en koppling till muskelnedbrytning. Dock hävdar MacLeay *et al.* (2000) att stärkelseintaget inte hade en signifikant effekt på aktiviteten av CK i blodplasman hos friska hästar vilket stämmer överens med våra resultat.

Harris *et al.* (1990) påvisar korrelationen mellan åldern och aktiviteten av ASAT i blodplasman, vilket skiljer sig åt från denna studies resultat. I denna studie verkade det finnas ett linjärt samband där enzymet sjönk med åldern men korrelationen var inte signifikant. Resultaten från Harris *et al.* (1990) visar att aktiviteten av enzymet sjunker med åldern, där de jämförde tvååringar och treåringar. Tvååringarna i studien hade signifikant högre värden än treåringarna. En förklaring till att aktiviteten är lägre hos de äldre kan vara att hästar med muskelproblem så småningom slås ut. När hästar börjar utveckla signifikanta problem slås de ut vilket resulterar i färre äldre hästar med muskelsjukdomar kvar i sporten.

### *Glukos*

Resultaten påvisar en signifikant ökning av glukosvärden i blodplasman efter ett intensivt träningspass oavsett mängd av stärkelseintag per dag vilket stämmer överens med resultaten från Connysson *et al.* (2017), Jansson & Lindberg (2012) och Lacombe *et al.* (2001). Höga glukoskoncentrationer i plasman vid fysisk ansträngning har sedan tidigare varit associerat med ökad prestationsförmåga (Lacombe *et al.* 2001). Resultaten från Lacombe *et al.* (2001) visar att uthållighet under högintensiv träning förbättras av glukostillförsel vilket indikerar att hög tillgänglighet på glukos i blodet kan förbättra tävlingshästens prestationsförmåga. Connysson *et al.* (2017) visade att även transporterering kan orsaka förhöjda värden

av glukos i plasman och diskuterar vidare att detta kan bero på den ökade frisättningen av kortisol när hästen utsätts för transport.

Liknande resultat från Connysson *et al.* (2010) och Connysson *et al.* (2017) visade ingen korrelation mellan koncentration av glukos i blodplasman och foderstaten. Det var ingen skillnad mellan stärkelsenivåerna och det dagliga stärkelseintaget påverkade inte glukoskoncentrationen i plasma. Connysson *et al.* (2010) studerade denna parameter under och efter 12 timmars fasta, i Connysson *et al.* (2017) studerades detta i samband med transporter och i detta arbete undersöktes glukosen vid högintensiv träning. Eftersom proverna även togs under vila i samtliga studier kan de därför vara jämförbara.

En annan studie som inkluderade glukosvärdet i undersökningen var Jansson & Lindberg (2012) som undersökte parametrarna under liknande omständigheter kring träning. Dock skiljer sig dessa resultat åt då Jansson & Lindberg (2012) hittade en tendens till högre glukoskoncentration i blodplasman under träning med grovfoderdiet jämfört med kraftfoderdiet. Författarna diskuterar att detta kan förklaras av de låga insulinnivåerna observerade hos hästar utfodrade med endast grovfoder vilket kan orsaka förändring i glukosmetabolismen.

#### *Foderstat med endast grovfoder och prestationsförmåga*

För att sänka det dagliga stärkelseintaget så mycket som möjligt, är ett alternativ att utfodra varmblodiga travhästar med endast näringsrikt grovfoder av hög kvalitet och utesluta kraftfoder helt. Orosmoment med detta kan exempelvis vara att en foderstat med bara grovfoder orsakar viktuppgång eller har negativa effekter på prestationsförmåga. Connysson *et al.* (2010) visade att hästar utfodrade med endast grovfoder hade en högre kroppsvikt än de med kraftfoder men även att viktnedgången efter 12 timmars fasta var större hos de med grovfoder. Studien jämförde 12 timmars fasta med tiden innan tävling och transporter för varmblodiga travhästar. Författarna hävdar att den lilla viktökningen som finns hos hästar utfodrade med endast grovfoder minskar och kompenseras ut efter fastan. Connysson *et al.* (2017) diskuterar vidare och hävdar att fler metaboliska parametrar (laktat, kortisol, glukos, fria fettsyror, urea i blodplasman) påverkas mer av transporter än foderstat. Jansson & Lindberg (2012) jämförde en grovfoderdiet med en foderstat inkluderande kraftfoder och drog slutsatsen utifrån sina resultat att en foderstat med endast näringsrikt grovfoder har mer positiva än negativa effekter på tävlingshästens prestationsförmåga. Författarna drog denna slutsats vid bortseende från glykogenförrådet eftersom resultaten visade att förrådet var lägre hos hästar med grovfoderdiet.

Glykogenförrådet i muskulaturen är en viktig faktor för att hästen ska kunna prestera under träning och tävling. Lacombe *et al.* (2001) hävdar att en minskad tillgång på glykogen i skelettmuskulaturen påverkar prestation, explosivitet och uthållighet negativt hos hästar under högintensiv träning. I denna studie

undersöktes metoden att injicera glukos direkt i blodet vilket visades ha positiv effekt på glykogenförrådet i muskulaturen. Dock är detta inte en hållbar lösning, det finns flertalet problematiska faktorer kopplat till injicering av häst inför varje träningsstillfälle. Återuppbyggnaden av glykogen i muskulaturen är en långsam process och är svår att påskynda via foderstaten. Därav är träningsupplägget särskilt viktigt för återuppbyggnad av glykogenförråd, att hästarna ges tillräckligt med vila mellan varje träningspass är betydelsefullt för en lyckad återhämtning.

#### *Inverkande faktorer på studien*

Faktorer som har kunnat påverka resultaten i detta arbete är exempelvis hur länge hästarna har utfodrats med foderstaten innan provtagningstillfälle. Majoriteten av hästarna hade dock gått på samma foderstat i minst ett år, 91% hade samma foderstat i mer än 6 månader innan provtagning. Även viktigt att ha i åtanke hur hästarna tränades dagen innan provtagning eftersom det har möjlighet att påverka aktiviteten av muskelenzymer i blodplasman. Hästarna i denna studie tränades dock inte intensivt dagen innan. Andra faktorer som har kunnat påverka studiens resultat är foderintaget och träningspassen. Då hästarna fanns i olika stall med olika tränare så uppkom skillnader i foderstater och träningspass. Optimalt vore att ge samtliga hästar samma förutsättningar med så få skillnader mellan dem som möjligt, med kontrollerat foderintag och samma träningsupplägg minimeras dessa skillnader och stärker resultaten.

Sedan är även intensiteten på träningspassen betydelsefull, då de måste vara tillräckligt ansträngande för att ge effekt på muskelenzymerna. Även om värdena på laktatet i plasman var väldigt låga, visar hästarnas hjärtrytm att de genomförde högintensiva träningspass. Dessa laktatvärden kan ha påverkats av tiden blodproverna togs. Eftersom blod togs upp till 27 minuter efter ansträngning kan laktatet ha hunnit sjunka till en lägre nivå.

Inför kommande studier vore det fördelaktigt att ta blodprover längre tid efter träningen än vad som gjordes i detta arbete när muskelenzymer ska analyseras, då de bör tas närmre höjdpunkt av aktivitet för ett så tillförlitligt resultat som möjligt. Däremot sjunker värdet av laktat relativt snabbt efter ansträngning, därav är det viktigt att ta prov även direkt efter träning för ett representativt resultat på laktatkoncentrationen i blodplasman.

#### *Framtida studier*

Då tidigare studier har påvisat korrelationer mellan stärkelseintaget och aktiviteten av muskelenzymer i blodplasma, är det nödvändigt med ytterligare forskning för att undersöka ämnet. Denna studie såg en tendens till stärkelsens effekt på muskelenzymet ASAT, men det krävs ytterligare studier för att kunna undersöka sambandet. Det vore även intressant att studera vidare könets och ålderns effekt på aktiviteten av muskelenzymer. I denna och tidigare studier har det påvisats att

samband finns, nästa steg vore då att se vad detta beror på och hur dessa effekter fungerar.

## 5.1 Slutsats

I den här studien fanns inga signifikanta effekter av stärkelseintag på ASAT eller CK aktivitet i blodplasma före eller efter arbete. Studien visade dock att ASAT aktiviteten i blodplasma efter arbete kan påverkas av stärkelseintaget då ASAT aktiviteten tenderade att vara högre hos hästar med ett högt stärkelseintag än hos dem med ett lågt intag. Tiden för provtagning kan ha påverkat resultaten; med en alltför kort tid efter träning kan resultera i lägre värden eftersom aktiviteten inte har hunnit nå sin höjdpunkt. Både ålder och kön hade en signifikant effekt på muskelenzymernas aktivitet i blodplasma, ston hade signifikant högre aktivitet av CK och ASAT än valacker och hingstar. Det krävs ytterligare studier för att undersöka stärkelseintagets inverkan på muskler och muskelenzymernas aktivitet.

## Referenser

- 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 (s38), 335–340. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00174.x>
- Connysson, M. & Jansson, A. (2022). Effect of concentrate feeding on muscle enzyme activity in plasma in healthy Standardbred trotters. *Comparative Exercise Physiology*. 18 (1), 31. <https://www.wageningenacademic.com/doi/epdf/10.3920/cep2022.s1>
- Connysson, M., Muhonen, S. & Jansson, A. (2017). Road transport and diet affect metabolic response to exercise in horses1. *Journal of Animal Science*, 95 (11), 4869–4879. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1670>
- Durham, A.E. (2009). The Role of Nutrition in Colic. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 25 (1), 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.11.003>
- Ermers, C., McGilchrist, N., Fenner, K., Wilson, B. & McGreevy, P. (2023). The Fibre Requirements of Horses and the Consequences and Causes of Failure to Meet Them. *Animals*, 13 (8), 1414. <https://doi.org/10.3390/ani13081414>
- Harris, P.A., Snow, D.H., Greet, T.R.C. & Rosedale, P.D. (1990). Some factors influencing plasma AST/CK activities in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 22 (S9), 66–71. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04738.x>
- Hinchcliff, K.W., Kaneps, A.J. & Geor, R.J. (2013). *Equine Sports Medicine and Surgery E-Book: Basic and clinical sciences of the equine athlete*. Elsevier Health Sciences.
- Hodgson, D.R., McKeever, K.H. & McGowan, C.M. (red.) (2014). *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. 2nd ed. St. Louis: Saunders/Elsevier.
- Jansson, A. & Harris, P. a. (2013). A bibliometric review on nutrition of the exercising horse from 1970 to 2010. *Comparative Exercise Physiology*, 9 (3–4), 169–180. <https://doi.org/10.3920/CEP13018>
- Jansson, A. & Lindberg, J.E. (2012). A forage-only diet alters the metabolic response of horses in training. *Animal*, 6 (12), 1939–1946. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000948>
- 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 (4), 1782–1790. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.4.1782>
- MacLeay, J.M., Valberg, S.J., Pagan, J.D., Xue, J.L., Corte, F.D.D.L. & Roberts, J. (2000). Effect of ration and exercise on plasma creatine kinase activity and lactate concentration in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. *American Journal of Veterinary Research*, 61 (11), 1390–1395. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2000.61.1390>
- McGowan, C.M., Fordham, T. & Christley R.M. (2002). Incidence and risk factors for exertional rhabdomyolysis in thoroughbred racehorses in the United Kingdom. *Veterinary Record*. 151 (21), 623-626. <https://doi.org/10.1136/vr.151.21.623>

- 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 (2), 86–91. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb03041.x>
- McKenzie, E.C., Valberg, S.J., Godden, S.M., Pagan, J.D., MacLeay, J.M., Geor, R.J. & Carlson, G.P. (2003). Effect of Dietary Starch, Fat, and Bicarbonate Content on Exercise Responses and Serum Creatine Kinase Activity in Equine Recurrent Exertional Rhabdomyolysis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 17 (5), 693–701. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2003.tb02502.x>
- Pösö, A.R., Soveri, T. & Oksanen, H.E. (1983). The Effect of Exercise on Blood Parameters in Standardbred and Finnish-Bred Horses. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 24 (2), 170–184. <https://doi.org/10.1186/BF03546745>
- Redbo, I., Redbo-Torstensson, P., Ödberg, F.O., Hedendahl, A. & Holm, J. (1998). Factors affecting behavioural disturbances in race-horses. *Animal Science*, 66 (2), 475–481. <https://doi.org/10.1017/S1357729800009644>
- Reese, R.E. & Andrews, F.M. (2009). Nutrition and Dietary Management of Equine Gastric Ulcer Syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 25 (1), 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.11.004>
- Rivero, J.-L.L. (2007). A Scientific Background for Skeletal Muscle Conditioning in Equine Practice. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 54 (6), 321–332. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2007.00947.x>
- Siciliano, P.D., Lawrence, L.M., Danielsen, K., Powell, D.M. & Thompson, K.N. (1995). Effect of conditioning and exercise type on serum creatine kinase and aspartate aminotransferase activity. *Equine Veterinary Journal*, 27 (S18), 243–247. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb04929.x>
- Sjaastad, ØV., Sand, O. & Hove, K. (2016). *Physiology of Domestic Animals*. Tredje uppl., Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Sparling, D.W. (2016). Chapter 3 - Bioindicators of Contaminant Exposure. I: Sparling, D.W. (red.) *Ecotoxicology Essentials*. San Diego: Academic Press. 45–66. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801947-4.00003-2>
- 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 (6), 454–458. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1997.tb03158.x>
- Valberg, S.J. (2006). *Exertional Rhabdomyolysis*. Diss. Minneapolis: College of Veterinary Medicine, University of Minnesota. <https://aaep.org/sites/default/files/issues/proceedings-06proceedings-z9100106000365.PDF>
- Valberg, S.J. (2008). Chapter 15 - Skeletal Muscle Function. I: Kaneko, J.J., Harvey, J.W., & Bruss, M.L. (red.) *Clinical Biochemistry of Domestic Animals (Sixth Edition)*. San Diego: Academic Press. 459–484. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.00015-5>

## Populärvetenskaplig sammanfattning

Tävlingshästar inom trav och galopp kräver en foderstat som tillgodoser ett högt energibehov. För att kunna skapa en energirik foderstat har lösningen i många år varit att utfodra med stora mängder kraftfoder. Dock kan ett stort intag av kraftfoder med högt stärkelseinnehåll medföra flertalet hälsoproblem för hästar såsom ökad risk för magsår, kolik och utveckling av beteendestörningar. Dessutom har resultat från en tidigare studie uppmärksammat en eventuell koppling mellan stärkelsenivån i fodret och nivån av muskelenzymerna CK (kreatinkinas) och ASAT (aspartataminotransferas) i blodet. Förhöjda värden av dessa enzymer i blodplasman kan indikera på muskelskador, då enzymerna läcker ut i blodet efter sönderfall av muskelceller. För att minimera de risker som uppstår vid utfodring av stora mängder stärkelse, är det en möjlighet att minska kraftfodergivan och tillgodose hästens näringsbehov med endast grovfoder.

Tidigare har det antagits att de förhöjda värdena på CK och ASAT i blodet har orsakats av ansträngning vid tävling och träning hos varmblodiga travhästar, och sådana värden har ansetts normala. Det har dock inte diskuterats vidare kring foderstatens roll i de förhöjda värdena. Det har i många år varit inom normen att utfodra varmblodiga travhästar med stora mängder kraftfoder, därför är det möjligt att foderstaten kan vara en bidragande faktor till förhöjda muskelenzymvärden efter hög ansträngning.

Syftet med arbetet var att undersöka effekten av fodermedel med olika stärkelseinnehåll på muskelenzymfrisättningen efter träning hos varmblodiga travhästar. För att undersöka detta togs blodprover från 76 varmblodiga travhästar, ett prov innan träning och ett prov efter träning. Dessa hästar hade utfodrats med olika stärkelsenivåer, för att kunna se om det fanns någon skillnad på ökningen av muskelenzymer i blodet efter träning mellan hästar med olika stärkelseintag.

Studiens resultat visade en tendens till att det dagliga stärkelseintaget har en effekt på aktiviteten av ASAT i blodplasman, där hästar med högt intag hade högre värden än hästar med lågt intag. Stärkelsenivån hade däremot ingen påverkan på aktiviteten av CK i blodet efter träning. Det misstänkts dock att dessa resultat kan ha påverkats av att blodprover togs för tidigt, att mer tillförlitliga svar hade kunnat uppnås om de togs några timmar senare och närmre enzymernas höjdpunkt av aktivitet. Resultaten från detta projekt visade även att både ålder och kön har en signifikant effekt på muskelenzymernas aktivitet i blodplasman, samt att ston hade

högre värden än valacker av båda enzymerna. Det finns alltså möjlighet till en koppling mellan stärkelsenivå i fodret och muskelenzymaktiviteten i blodet, men det skulle krävas ytterligare studier för att undersöka området mer ingående.



# Tack

Först och främst vill jag tacka min fantastiska handledare Malin Connysson som har svarat på mina många funderingar och lärt mig så otroligt mycket under arbetets gång. Tack för att jag fick vara med på detta!

Jag vill även tacka fotografen Lena Emmoth för den fina bilden på kusken Michelle Belsing med hästen Pomeroll Am!

Tack till min underbara familj och mina fina vänner som har stöttat och motiverat mig under hela min studietid!

## Bilaga 1

Tabell 10. Maximal hjärtfrekvens (HR slag/min), antal sekunder över 200 slag/min och antal sekunder över 210 slag/min under respektive träningspass.

Häst	Max HR	HR $\geq$ 200	HR $\geq$ 210
1	175	0	0
2	.	.	.
3	212	84	15
4	209	42	0
5	211	40	20
6	206	36	0
7	205	40	0
8	220	161	133
9	212	84	15
10	210	231	8
11	216	245	87
12	207	178	0
13	235	304	192
14	.	.	.
15	172	0	0
16	218	457	180
17	.	.	.
18	203	17	0
19	221	313	213
20	210	172	9
21	.	.	.
22	210	65	7
23	.	.	.
24	218	209	71
25	232	682	409
26	214	148	61
27	221	.	.
28	237	674	525
29	217	288	172
30	214	252	74

31	220	269	172
32	213	153	33
33	222	309	129
34	219	158	61
35	.	.	.
36	.	.	.
37	212	249	28
38	220	722	292
39	.	.	.
40	222	692	359
41	222	437	299
42	219	583	180
43	234	415	326
44	235	432	406
45	221	469	219
46	216	255	125
47	.	.	.
48	210	110	5
49	189	0	0
50	209	156	0
51	213	206	18
52	237	345	300
53	201	8	0
54	178	0	0
55	219	260	134
56	203	28	0
57	213	278	12
58	207	118	0
59	216	266	120
60	229	455	318
61	217	440	196
62	225	123	78
63	225	505	394
64	195	0	0
65	218	511	325
66	229	456	369
67	225	534	462
68	193	0	0
69	223	286	157
70	204	146	0
71	235	552	501

---

72	209	163	0
73	.	.	.
74	217	180	67
75	204	33	0
76	219	308	143
77	205	114	0
78	194	0	0
79	205	53	0
80			
81	223	604	313
82	216	291	87
83	223	375	204
84	198	0	0
85	210	53	2
86	224	243	92
87	221	388	165
88	236	435	291
89	201	7	0
90	214	125	31
91	230	381	304
92	228	284	246
93	224	174	97
94	217	423	175
95	207	198	0
96	221	438	205
97	209	249	0
98	220	306	164
99	236	570	466
100	226	351	298
101	235	474	435
102	203	22	0
103	230	354	293
104	212	250	29
105	199	0	0
106	233	534	422

---

## Publicering och arkivering

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

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

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

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