

# Stærð munnvatnskirtla í hrossum: Mælikvarði á hæfileika til tanninbindingar.

Aníta Ólöf Jónsdóttir



**Landbúnaðarháskóli Íslands**  
Agricultural University of Iceland

Náttúru- og umhverfisfræði

Stærð munnvatnskirtla í hrossum: Mælikvarði á  
hæfileika til tanninbindingar.

Aníta Ólöf Jónsdóttir

Leiðbeinandi: Anna Guðrún Þórhallsdóttir

Landbúnaðarháskóli Íslands  
Náttúru- og umhverfisfræði



## **Yfirlýsing höfundar**

*Hér með lýsi ég því yfir að ritgerð þessi er byggð á mínum eigin athugunum, er samin af mér og að hún hefur hvorki að hluta né í heild verið lögð fram áður til hærri prófgráðu.*

---

*Aníta Ólöf Jónsdóttir*

## Ágrip

Í þessari ritgerð er fjallað um mögulegan eiginleika hrossa til að binda tannin. Engar rannsóknir hafa verið birtar á þessu sviði svo óljóst er hvort hross hafa þennan eiginleika, en þegar tekið er tillit til þróunarfræðilegs bakgrunns þeirra er það ekki er óhugsandi. Dýr sem lifa á runnagróðri búa yfirleitt yfir eiginleikanum til að binda tannin þar sem runnafæði er mjög tanninríkt. Grasbítar aftur á móti þurfa síður á þeim eiginleika að halda þar sem gras inniheldur ekki tannin. Hestar voru runnaætur fyrst þegar þeir komu fram á sjónarsviðið og þróuðust síðar yfir í að vera grasbítar. Sömu sögu er að segja af nánustu skyldmönnum hestanna, nashyrningunum. Nýlegar rannsóknir sýna að þeir búi enn yfir eiginleikanum til að binda tannin þó svo að þeir séu taldir til grasbíta í dag, líkt og hesturinn. Góður mælikvarði til að sjá hvort dýr geti bundið tannin er stærð munnvatnskirtlanna, en runnaætur sem lifa á tanninríku fóðri hafa almennt stærri munnvatnskirtla en grasbítar.

Í rannsókninni voru munnvatnskirtlar úr 43. sláturhrossum frá Sláturhúsinu á Selfossi teknir til skoðunar. Kirtlarnir voru vigtaðir og hlutfallsleg þyngd þeirra borin saman við þyngd kirtla annarra grasbíta sem skoðuð hafa verið. Niðurstöðurnar sýndu að þyngd munnvatnskirtla hrossanna var hlutfallslega meiri en hjá hinum eiginlegu grasbítum, en léttari en hjá hinum eiginlegu runnaætum. Þessar niðurstöður er mjög áhugavert þar sem hestar hafa fram að þessu verið taldir til hreinna grasbíta. Stærð kirtlanna bendir til að hestar gætu enn búið yfir eiginleikanum til að binda tannin, sem væri eiginleiki frá þeim tíma þegar þeir voru runnaætur. Þróunarfræðilegur bakgrunnur gæti því verið ekki síður mikilvægur en beitarvistfræði dýranna í dag.

**Lykilorð:** Hestar, tannin, munnvatnskirtlar hrossa, tannin bindandi munnvatnsprótein, grasbítar og runnaætur.

## **Þakkir**

Ég vil gjarnan þakka Önnu Guðrúnu Þórhallsdóttur, prófessor við Landbúnaðarháskóla Íslands fyrir frábæra leiðbeiningu, þolinmæði, ráðleggingar og alla hjálpina við þessa ritgerð. Einnig vil ég þakka Birni Þorsteinssyni fyrir hjálpina við vigtunina á fyrstu sýnunum og góðar ráðleggingar.

Þakkir vil ég veita Ni Nyoman Wijaya Ariyani og Klemenzi Karli Guðmundsyni fyrir aðstoð við krufningu í sláturhúsinu, hefði þetta verið einstaklega erfitt án þeirra. Forstöðumenn SS á Selfossi fá þakkir fyrir að veita mér aðgang að sláturhúsinu og voru allir starfsmenn af vilja gerðir og mjög hjálpfúsir. Matvælastofnun á Selfossi fær einnig mínar bestu þakkir, en starfsmenn þar voru mjög góðviljaðir og leyfðu mér að vigta sýnin á nákvæmri vigt sem til er hjá þeim.

Sigurði Sigurðssyni veiti ég þakkir fyrir hjálpina við fyrstu krufningar, en það var mikil hjálp að sjá hvernig vinnubrögðum væri best að beita.

Önnu Sigríði Valdimarsdóttur vil ég þakka fyrir aðstoð við excel vinnu og Þórunni Eddu Bjarnadóttir og Kristínu Ósk Ómarsdóttur þakka ég sérstaklega fyrir yfirlestur á ritgerðinni. Einnig þakka ég Steinunni S. Ingólfssdóttur, bókasafnsfræðingi við LbhÍ sem var mjög liðleg að hjálpa mér að finna hinar ýmsu vísindagreinar. Að lokum þakka ég foreldrum mínum fyrir að standa við bakið á mér í gegnum skrif á þessari ritgerð. Mér er það mikils virði að hafa svo góðan hóp á bak við mig.

# Efnisyfirlit

<b>1. Inngangur</b> .....	<b>1</b>
1.1. Flokkunarfræði hrossa .....	1
1.2. Bakgrunnur og þróun hrossa.....	2
1.3. Plöntuvarnir - vígbúnaðarkapphlaup plantna og dýra .....	5
1.3.1. Tannin – eiginleikar og virkni.....	6
1.3.2. Skipting Hofmanns.....	7
1.4. Svar beitardýra við plöntuvörnum .....	8
1.4.1. Tanninbindandi munnvatnsprótein - framleiðsla og virkni.....	8
1.4.2. Stærð og virkni Parotids munnvatnskirtilsins .....	10
1.5. Markmið .....	11
<b>2. Efni og aðferðir</b> .....	<b>13</b>
2.1. Öflun munnvatnskirtla .....	13
2.2. Útreiknaður lífþungi .....	14
<b>3. Niðurstöður</b> .....	<b>16</b>
3.1. Þyngd munnvatnskirtla .....	16
<b>4. Umræður</b> .....	<b>19</b>
<b>5. Ályktanir</b> .....	<b>23</b>
<b>6. Heimildaskrá</b> .....	<b>24</b>

## Myndaskrá

- Mynd 1. Bls. 2. *Eohippus (Hyracotherium)*. Sérfræðingar telja að svona hafi hinn smái forfaðir hesta litið út (Ljósmynd: Tucciarone, J. (1997). The dinosaur art. Sótt 20. Apríl 2010 af <http://www.joetucciarone.com/hyracotherium.html>)
- Mynd 2. Bls. 3. *Ættatré sem sýnir helstu ættkvíslir hestaættarinnar frá upphafi til okkar daga og á hvaða tímabilum mestu breytingarnar verða, þar sem hestar fara frá því að vera runnaætur yfir í það vera grasbítar* (Ljósmynd: MacFadden, B.J. (1992). Fossil horses. Systematics, Paleobiology, and evolution of the family Equidae. Cambridge University Press. 369 bls.)
- Mynd 3. Bls. 4. *Jaxl manns (A) og jaxl hesta (B). Yfirborð mun stærra hjá hrossum en hjá mönnum.* (Mynd: MacFadden, B. J. (1992). Fossil horses. Systematics, Paleobiology, and evolution of the family Equidae. Cambridge University Press. 369 bls.)
- Mynd 4. Bls. 6. *(A) flavan-3-ols eru dæmi um fitanleysanleg tannin. (B) Galleplasýra (Gallic acid) er dæmi um vatnsleysanleg tannin.* (Ljósmynd A: The International Centre for Brewing and Distilling. (2003). *Research newsletter*. Sótt 20. Apríl 2010 af: [http://web.sls.hw.ac.uk/icbd/Newsletter/Newsletter\\_Autumn\\_2003.htm](http://web.sls.hw.ac.uk/icbd/Newsletter/Newsletter_Autumn_2003.htm). )  
  
(Ljósmynd Mynd B: Food and beverage online. (e.d.). *Gallochem Co. Ltd*. Sótt 20. Apríl 2010 af: <http://www.21food.com/showroom/21028/product/Gallic-Acid.html>)
- Mynd 5. Bls. 7. *Hér sést hvernig Hofmann skiptir beitardýrum niður í flokka eftir því hvað þau éta. Hesturinn er hér flokkaður sem grasbítur.* (Mynd: Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*. 78, 443– 457.)
- Mynd 6. Bls. 10. *Hér sést hvernig Parotid kirtillinn liggur í CS, IM og GR beitardýrum. Einnig sést greinilegur stærðarmunur á kirtlunum á þessari mynd. Prósentu talan sem sést á myndinni er þyngd Parotid-kirtils sem prósentu af líffunga.* (Ljósmynd: Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*. 78, 443– 457.)
- Mynd 7. Bls. 13. *Hér sést hvernig kirtillinn liggur, frá eyranu niður að tungurótum.* (Ljósmynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir).
- Mynd 8. Bls. 13. *Stærð kirtils miðað við blýpenna.* (Ljósmynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir).
- Mynd 9. Bls. 14. *Svona var farið að því að merkja kirtlana, merktur pokinn sem þeir voru settir í og einnig settur miði með, þar sem stóð númer hvað hrossið var, áætlaður aldur og litur.* (Ljósmynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir).
- Mynd 10. Bls 17. *Á x ás er þyngd kirtils sem prósentu af líffunga hrossanna og á y ás er fjöldi kirtla.* (Mynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir)



Mynd 11. Bls 18. *Á y ás er þyngd kirtla sem prósentu af líffunga og á x ás er aldur hrossa. Línuritíð sýnir breytileika kirtla eftir aldri.* (Mynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir)

## **Töfluskrá**

Tafla 1. Bls 15. *Sýnir upplýsingar um 9 hestakyn í Evrópu, sýnir m.a. hlutfall fallþunga af líffunga ( $HCW/BW^{(2)}$ ), aldur, líffunga, prósentu fitu, vöðva og beina.* (Tafla: Martuzzi, F., Catalano, A.L. & Sussi, C. 2001. Characteristics of horse meat consumption and production in Italy. *Fac. Med. Vet.* 1. 213-223).

Tafla 2. Bls 16. *Upplýsingar um hrossin, m.a. þyngd þeirra og þyngd kirtils* (Tafla: Aníta Ólöf Jónsdóttir)

# 1. Inngangur

Hestar og menn hafa búið í nánnum samvistum í þúsundir ára, og í fjölmörgum samfélögum manna hefur hesturinn gegnt lykilhlutverki. Hestar hafa lagt manninum til kjöt og mjólk og haft mikil áhrif á siðmenningu, m.a. með því auðvelda samgöngur á milli staða (Vilà, Leonard, Götherström, Marklund, Sandberg, Lidén, Wayne, & Ellegren, 2001). Hesturinn hefur verið í svo nánu umhverfi við manninn að það vill gleymast að hann hefur langa sögu fyrir tíð mannsins.

## 1.1. Flokkunarfræði hrossa

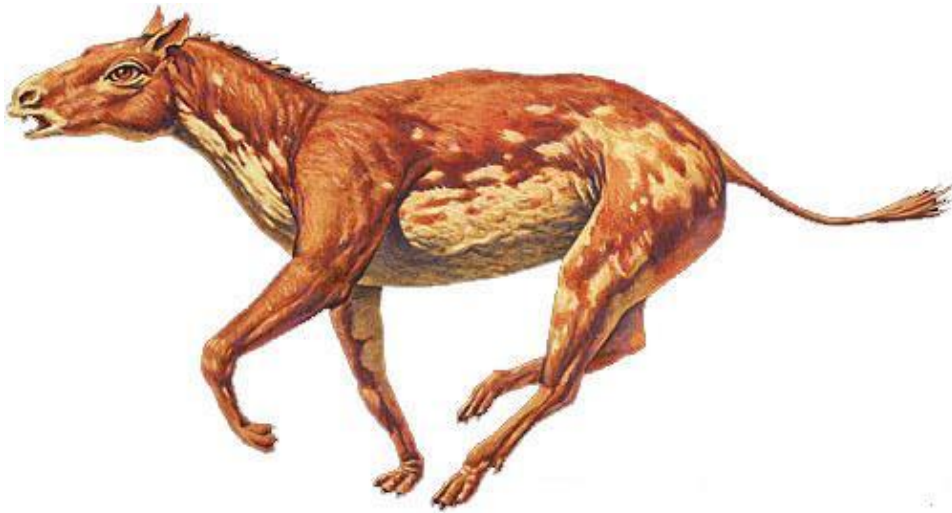
Hestar eru af ættbálki hófdýra (*Perissodactyla*), af ætt hesta (*Equidae*) og hestaættkvíslinni *Equus*. Hinn ræktaði hestur er af tegundinni *Equus caballus*. Undir ættbálk hófdýra (*Perissodactyla*) tilheyra, ásamt núlifandi hestinum, tapírar (*Tapiridae*) sem finnast í Asíu og Suður Ameríku og nashyrningar (*Rhinocerotidae*) sem eiga heimkynni sín í Afríku og Asíu.

Í dag finnast sex villtar tegundir innan ættkvíslarinnar *Equus* auk hins ræktaða hests (*Equus caballus*). Það eru takhi-hesturinn (*E. przewalsky*) sem er hinn villti hestur Mongólíu; Afríku asninn (*E. africanus*), sem finnst aðallega í Norður Afríku, en hinn ræktaði asni er afbrigði af honum og Asíu asnanum (*E. hemionus*), sem finnst í og umhverfis Himalayafjöllin. Einnig eru þrjár sebrahestategundir, (*E. grevyi*), (*E. burchelli*) og (*E. zebra*), sem allar eru í Afríku. Auk þessa var til sérstök tegund sebrahesta í Suður Afríku, Quagga (*E. quagga*). Quagga hesturinn dó út á 19. öld en ljósmyndir eru til af þessari útdauðu tegund (Short, 1975; Kaminski, 1978).

Hrossaættin (*Equidae*) hefur hvað best þekktu þróunarsöguna af öllum spendýrum (Radinsky, L., 1984). Meira en hálf milljón steingervinga af hestum eru á söfnum í Norður Ameríku og er stuðst við þessar steingervingamenjar við ákvörðun á þróun hesta (Budiansky, 1998). Sérstaklega hafa tennur reynst mikilvægar við að ákvarða fæðuöflun og þróun í fæðuvali hestanna.

## 1.2. Bakgrunnur og þróun hrossa

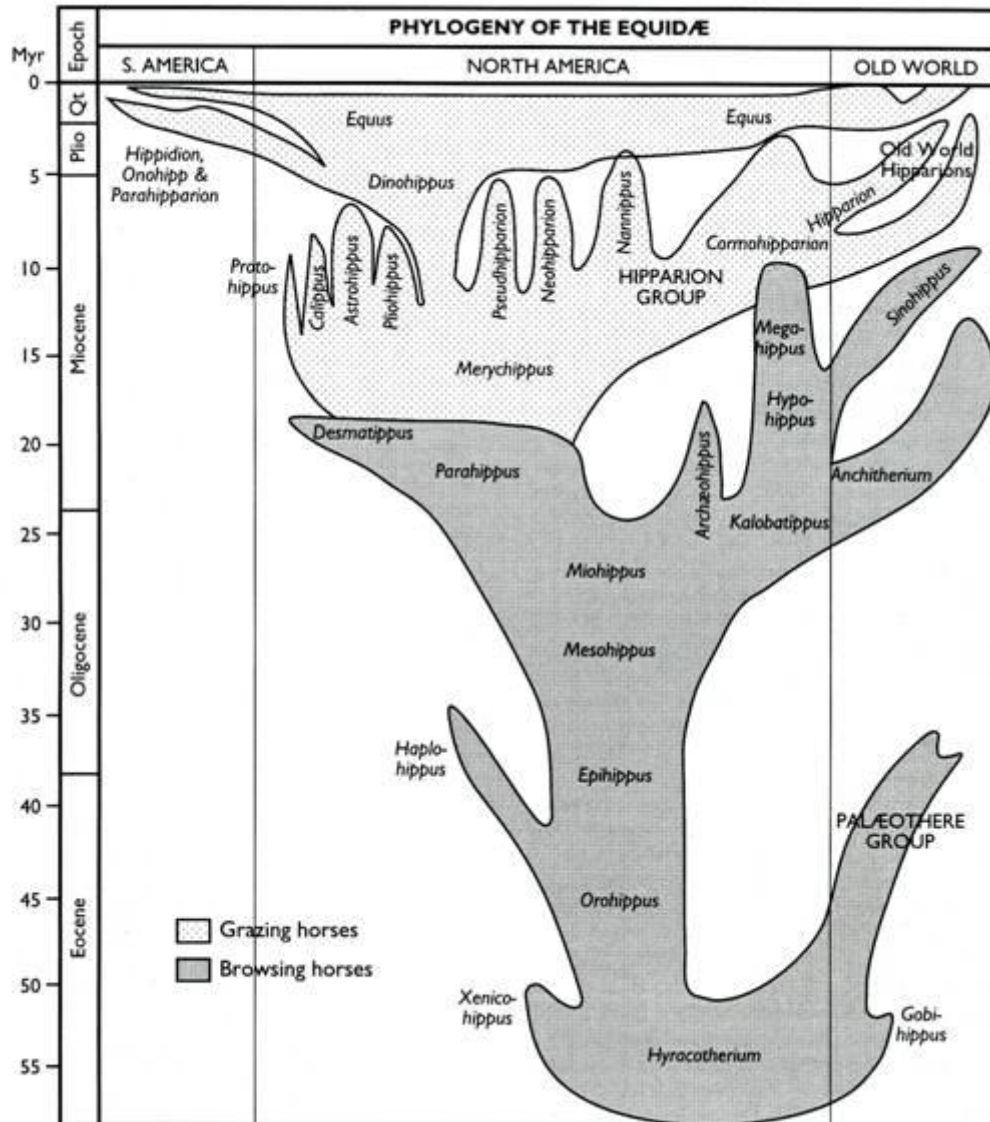
Fyrsti hesturinn sem kom á sjónarsviðið var Eohippus (*Hyracotherium*) sem uppi var á Eósen tímanum fyrir 55 milljónum ára. Hann er talinn forfaðir allra núlifandi hesta (*Equus*). Eohippus var á stærð á við lítinn hund og jafnframt kubbslegur (Budiansky, 1998). Hann var með fjórar tær á framfótum og þrjár á afturfótum (MacFadden, 1992).



Mynd 1. Eohippus (*Hyracotherium*). Sérfræðingar telja að svona hafi hinn smái forfaðir hesta litið út (Tucciarone, 1997).

Eohippus var jurtaæta sem át rætur, laufblöð og trjákenndar plöntur. Á þessum tíma var gnægð til af C<sub>3</sub> plöntum, jörðin var skógi vaxin og miklu grasslétturarnar voru ekki byrjaðar að myndast (Budiansky, 1998).

Þegar breytingar urðu á veðurfari og loftslagið varð þurrara, komu graslendi og hitabeltisgresjur í stað skóganna. Þróun hestaættarinnar (*Equidae*) hafði verið nokkuð hæg fram að þessu en með þessum loftslagsbreytingum, fyrir u.þ.b. 18 milljónum ára varð sprenging í þróun hennar. Jurtaætum af ætt *Equidae* fækkaði en þær hurfu samt ekki og voru áfram til staðar í 9 milljónir ára (Budiansky, 1998). Mjög mikil fjölbreytni var í hestaættinni á þessum tíma. Fyrir 14 milljónum árum í N-Ameríku voru 13 ættkvíslir *Equidae* uppi samtímis og var ættkvísl hesta (*Equus*) aðeins ein þeirra (MacFadden, 1992).

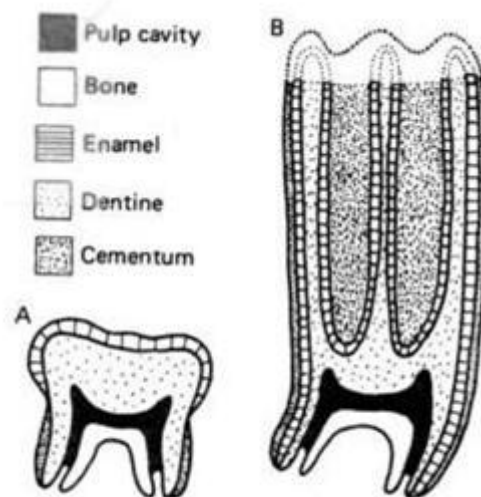


Mynd 2. Ættatré sem sýnir helstu ættkvíslir hestaættarinnar frá upphafi til okkar daga og á hvaða tímabilum mestu breytingarnar verða, þar sem hestar fara frá því að vera runnaætur yfir í það vera grasbítar (MacFadden, 1992).

Stærð tegunda innan þessara ættkvísla var mjög mismunandi, frá 25 kílóum upp í 500 kíló (Budiansky, 1998). Fjölbreytileiki hestaættarinnar var þá svipaður og fjölbreytileikinn innan ætt slíðurhyrninga (Bovidae) nú; nautgripa, sauðfjár, geita og antílopa. Þó að fyrir um 10 milljónum ára væru enn til hestar sem lifðu aðallega á jurtum þá voru flestar hestategundir orðnar grasbítar. Á svipuðum tíma dóu margar ættkvíslirnar út í Evrópu og Asíu (MacFadden, 1992). Þrjár ættkvíslir voru eftir fyrir 2,5 milljón árum en nú er aðeins ein eftir og það er ættkvíslin *Equus* (Anna Guðrún Þórhallsdóttir & Hrefna Sigurjónsdóttir, 2005). Fyrir um 7-8

milljónum ára fóru C<sub>4</sub> plöntur að vera algengari og virðist það haldast í hendur við hnignun í fjölbreytni *Equus* (MacFadden & Cerling, 1994).

Fæðan hefur gífurlega mikil áhrif á hvernig skepnur þróast. Gott dæmi um það er að það fylgja því mörg vandamál að færa næringaupptökuna frá jurtum og blöðum yfir í að bíta grös; þ.e. að breytast í grasbít. Gras er hart og seigt og urðu miklar breytingar á tönnum hesta til að aðlagast þessu nýja fæðugrunnlagi. Verulega aukið slit varð á tönnum, bæði vegna seiglu grassins en einnig vegna þess að sandur barst inn með fæðunni af jörðinni. Tennur hestanna slitnuðu því mun hraðar og til að bregðast við þessu breyttist bygging tannanna. Tennurnar styrktust og yfirborð þeirra stækkaði og með því jókst hæfileikinn til að merja grasið. Tannkrónan varð hærri og að lokum þróuðust tennurnar út í það að hætta aldrei að vaxa (hypselodont), þannig að sífelldu slitni var mætt með sífelldri endurnýjun tannanna (MacFadden, 1992).



Mynd 3. Jaxl manns (A) og jaxl hesta (B). Yfirborð mun stærra hjá hrossum en hjá mönnum (MacFadden, 1992).

Mikið er af illmeltanlegum trefjum í grösum, og er samstarf við örverur því forsenda þess að brjóta niður trefjarnar og losa orkuna. Örverumeltingin fer fram í vömb jörtudýra en þróaðist í ristli hjá hrossum (Cunha, 1991). Að brjóta niður trefjar tekur tíma og því lengur sem fæðan er í meltingarveginum því betra og því meiri orka losnar úr fæðunni. Ristill hesta hefur mikið af pokum og fellingum sem heldur í fæðuna til að meltingin verði betri (Janis, 1976). Ristilmelting er samt ekki jafn árangursrík og vambarmelting hjá jörtudýrum, bæði vegna þess

að vömbin gefur svigrúm til lengri meltingar en ristillinn og líka vegna þess að ristillinn er staðsettur aftar í meltingarveginum, aftan við megin uppsog næringarefnanna í víðgirnri og tapast því mikið af næringarefnum hjá hestum út með saur (Cunha, 1991).

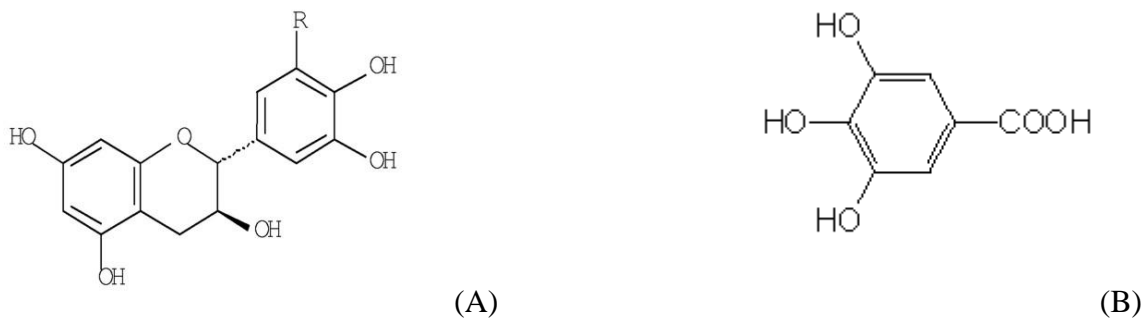
Stóru jórturdýrin sem eru hinir eiginlegu grasbítar komu svo seint fram í þróunarsögunni að þeirra fæðugrunnlag hefur alltaf verið gras, litlu jórturdýrin eru eldri og hafa alltaf étið runnagróður. Mörg jórtudýr þróuðust þannig að vera með mjög stóra vömb. Þetta varð til þess að þau réðu við að melta trénisríkasta fóðrið og einnig varð þetta til þess að þessar tegundir urðu stærri. En hestarnir eru með blandaða þróunarsögu, þeir byrja sem runnaætur og færa sig yfir í grasið þegar það kemur fram. Þeir þurftu að þróa nýja aðferð til að melta C<sub>4</sub> plönturnar sem urðu svo algengar. Það varð samkeppni milli hrossa og jórtudýra, hestarnir gátu ekki melta þessi illmeltanlegu grös líkt og jórtudýrin, þeir þróuðust einfaldlega ekki nógu hratt. Því er oft talið að þeir hafi orðið undir í samkeppninni og fjölbreytni þeirra minnkað (Hofmann, 1988; MacFadden, 1992; Budiansky, 1998).

### **1.3. Plöntuvarnir - vígbúnaðarkapphlaup plantna og dýra**

Plöntur eru frumframleiðendur og uppspretta fæðu fyrir lífverur staðsettar næst fyrir ofan í fæðupíramídanum. Plöntur eru því fæða fyrir stóran hóp neytenda, ekki bara stærri beitardýr heldur einnig óteljandi fjölda skordýra, sveppa og annarra smærri lífvera. Þær eru því umkringdar fjöldanum öllum af hugsanlegum óvinum og hafa þróað ýmsar varnir sem nýtast þeim gegn utanaðkomandi ógnum. Plöntur verja sig gegn afætunum og afætunar reyna að finna mótsvar við þessum vörnum. Við það hefst vígbúnaðarkapphlaup til þess að hvort um sig megi lifa af. Fenólar (*phenolics*), beiskjuefni (*alkaloids*) og terpenar (*terpenes*) eru framleidd til að verja plöntur gegn afráni (Swain, 1979). Einn mikilvægasti flokkur fenóla eru tannin sem finnast fyrst og fremst í laufblöðum og stilkum tvíkímblöðunga. Er talið að þau sé framleidd af plöntunni til að verjast beit (Hagerman & Robbins, 1987). Vegna tanninanna eiga beitardýrin erfitt með að melta plöntuvefi og dýr forðast tanninríkar plöntur þó svo að plöntuvefir þeirra séu næringarríkir. Laufblöð eru almennt með hærra næringargildi og hærri í próteinum en grös, sem eru rík af ill- og ómeltanlegum trefjum. En aftur á móti eru laufblöð oft á tíðum mjög tanninrík en það eru grös ekki (Palo, 1984; Gurevitch, Scheiner & Fox, 2006). Rannsóknir sýna að plöntuval dýra fer mikið eftir efnavörnum plantnanna (Swain, 1977; Bryant & Kuropat, 1980).

### 1.3.1. Tannin – eiginleikar og virkni.

Tannin er fjölbreyttur hópur fenóla og þau eru mjög algeng í plöntum um heim allan. Þau eru með mólakúl þyngd milli 500 - 3000 ng og eru vel þekkt fyrir eiginleika sína til að binda prótein (Swain, 1979; Zucker, 1983; Haslam, 1989). Tanninum er oft skipt í tvo meginhópa; fituleysanleg og vatnsleysanleg (Zucker, 1983; Mehansho, Butler & Carlson, 1987). Fituleysanleg tannin eru oligomers og polymers af flavan-3-ols sem eru tengd með C-C tengjum og þess vegna leysast þau ekki upp í vatni. Andstæðan við þau eru vatnsleysanleg tannin sem eru esterar af polyols (venjulega glúkósa) með einföldum fenól sýrum (Shimada, 2006).



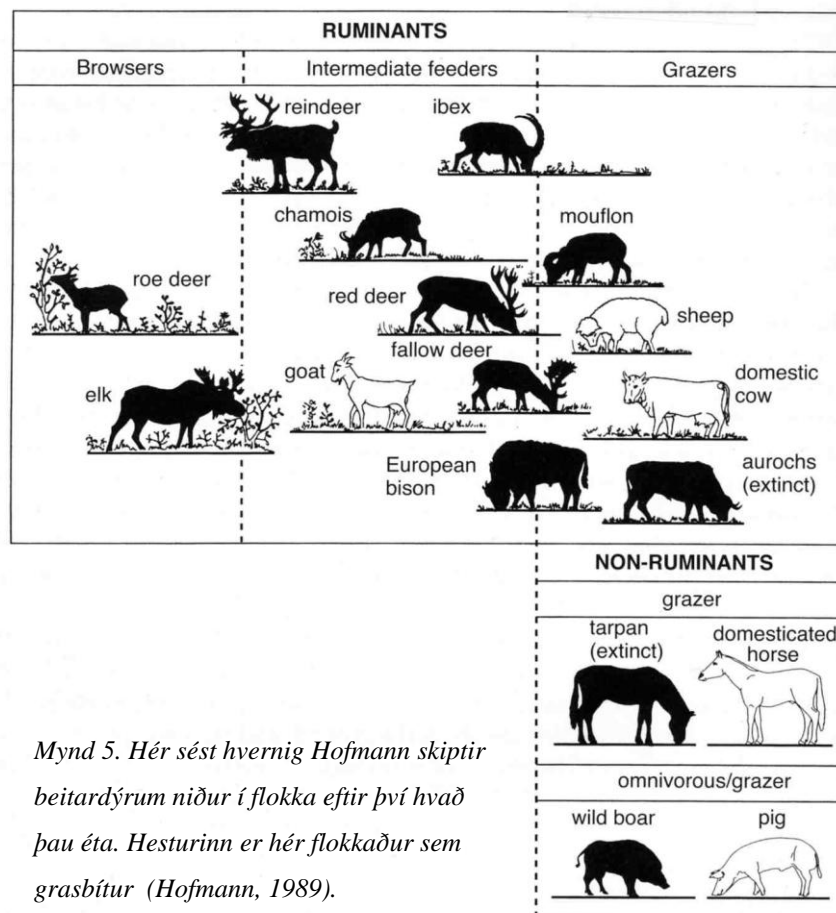
Mynd 4. (A) flavan-3-ols eru dæmi um fituleysanleg tannin (*The International Centre for Brewing and Distilling*, 2003). (B) Galleplásýra (Gallic acid) er dæmi um vatnsleysanleg tannin (*Food and beverage online*, e.d.).

Talið er að tannin skipti miklu máli fyrir plöntur til að þola stress í umhverfinu, ekki bara gegn stærri dýrum heldur líka örverum, t.d. myglu (Mehanso, Hagerman, Clements, Butler, Rogler & Carlson, 1983). Tannin eru bitur sem virkar fráhindrandi og hafa áhrif á fæðuval dýra. Þegar spendýr innbyrða tannin getur það valdið margvíslegum neikvæðum áhrifum, m.a. hefur það óþægileg og herpandi áhrif og veldur uppþornun í munni. Auk þess sem það veldur minnkaðri hæfni til meltingar, skemmd á þekjuvef og slímhúð (*gastrointestinal mucosa*), ásamt skemmdum á lifrinni og nýrunum. Líffæri geta dregið í sig fenólsýruna sem losnar þegar tannin leysast upp og það getur valdið bráðri eitrun (Robbins, Mole, Hagerman & Hanley, 1987; Shimada 2006). Tannin geta t.d. hægt á vexti hjá ungum rottum, músum, hömstrum og kjúklingum. Ef kjúklingar eru fóðraðir tanninríku fæði geta fætur þeirra vaxið óeðlilega þannig að þeir geti ekki staðið uppréttir (Mehanso o.fl., 1987).

Tannin eru magnháð, ef skepna étur lítið af þeim hefur það minni áhrif en ef hún mundi éta mikið magn. Tannin virka eins á allar skepnur og er því mjög áhrifarík vörn. Eitt af því sem ákvarðar hvaða plöntuvarnir eru til staðar er næringin í umhverfi plöntunnar. Þó að tannin sé dýrt í framleiðslu þarf það ekki takmörkuð efni og geta því plöntur sem vaxa á næringasnauðum stöðum notað tanninvarnir. Plöntur sem eru mjög sýnilegar allt árið í kring og eru aðgengilegar fyrir beit (Briske, 1991), t.d. krækiberjalyng, eru mjög tanninríkar.

### 1.3.2. Skipting Hofmanns

Hofmann (1989) setti fram kenninguna um að fæðugrunnlagið ákvarði bæði líffæra- og lífeðlisfræði skepnunnar. Hann taldi að samþróunin væri fullkomin samsvörun með fæðugrunnlaginu og útliti og eiginleikum skepnunnar. Hann skipti dýrum niður eftir því hvað þau bita. Grunnurinn að þeirri skiptingu er magn trefja í fæðunni og magn aukaefna, eins og tannins. Hann skipti öllum beitardýrum (herbivores) í runnaætur (CS, concentrate selectors), dýr sem éta bæði runnafóður og gras (IM, intermediate mixed feeders) og grasbíta (GR, grass and roughage eaters).



Mynd 5. Hér sést hvernig Hofmann skiptir beitardýrum niður í flokka eftir því hvað þau éta. Hesturinn er hér flokkaður sem grasbítur (Hofmann, 1989).



Þegar talað er um runnaætur (browsers) er oftast verið að tala um dýr sem éta runna, rætur, ávexti og fleira því um líkt sem inniheldur lítið af trefjum en inniheldur oftast en ekki töluvert eða mikið af ýmsum aukaefnum, s.s. tanninum. Grasbítar (grazer) bíta oftast einungis gras og láta ávexti og fleira því um líkt kyrrt liggja. Runnaætur éta meiri fæðu sem inniheldur tannin heldur en grasbítar og hafa þær þróað með sér varnir til að vinna gegn tanninum. Varnir runnaætanna geta t.d. falist í því að vera með stærri munnvatnskirtla sem geta framleitt munnvatn sem inniheldur prótein sem bindur tannin (Hofmann, 1989).

Hestar í dag eru taldir til hreinna grasbíta (Budiansky, 1998; Pough, Janis & Heiser, 2005). Allar hinar sex villtu tegundir innan ættkvíslarinnar Equus eiga það sameiginlegt að lifa á grófu og trefjaríku fóðri. T.d. virðast sebrahestar koma á eftir jórtudýrum á grassléttum og bíta það sem er eftir, sem er oftast grófasti hluti grasplöntunar (Gwynne & Bell, 1968). Þegar tekið er tillit til þróunarfræðilegs bakgrunns hrossa er spurning hvort hægt sé að flokka þau með hinum eiginlegu grasbítum. Hvort það sé möguleiki á að þau búi enn yfir eiginleikum frá forfeðrum sínum sem átu tanninríkt fóður.

#### **1.4. Svar beitardýra við plöntuvörnum**

Til þess að geta nýtt sér fjölmargar næringarríkar og tanninríkar plöntur þurfa beitardýr ekki aðeins að koma í veg fyrir að tannin bindist fæðupróteinunum og geri fæðuna illmeltanlega, heldur einnig að þau bindist próteinum í meltingarvegi, ss. niðurbrotsensímum í munni og maga. Svar beitardýranna er framleiðsla á sérstökum próteinum í munnvatni sem bindast tanninum áður en þau ná að bindast fæðunni og/eða meltingarensímum. Þau valda þar af leiðandi ekki meltingartruflunum og öðrum skaða. Grasbítar þurfa ekki á þessum tanninbindandi munnvatnspróteinum að halda þar sem grös innihalda ekki tannin (Owen-Smith, 1997).

##### **1.4.1. Tanninbindandi munnvatnsprótein - framleiðsla og virkni**

Hjá beitardýrum sem éta tanninríkt fóður spilar vanga/eyrnakirtillinn, Parotid munnvatnskirtillinn, lykilhlutverk en hann er mikilvægasti kirtillinn þegar kemur að

framleiðslu munnvatns (Kay, 1987). Tveir algengustu flokkarnir af tanninbindandi próteinum í munnvatni beitardýra eru prólín rík prótein (PRP) og histatins (McArthur, Sanson & Beal, 1995; Shimada, 2006). Bæði PRP og histatins binda tannin á áhrifaríkan hátt. PRP virkar sem fyrsta vörnin gegn tanninum og bindur bæði vatnsleysanleg og fituleysanleg tannin (Mehanso o.fl., 1987).

Talið er að dýr sem éta tannin sem hluta af sínu náttúrulega fæði framleiði mikið af PRP og tegundir sem éta ekki mikið fæði sem inniheldur tannin framleiða lítið eða jafnvel ekkert PRP (Shimada, 2006).

PRP var fyrst greint í munnvatni manna (Mandel, Thompson & Ellison, 1965). Hjá manningum og fleiri dýrum sem hafa verið skoðuð er PRP algengasti próteinhópurinn í munnvatni, eða um 70% í munnvatni mannsins (Mehanso o.fl., 1987) og 74% í munnvatni japanskra skógarmúsa (Shimada, 2006). Öll PRP eru frekar áþekkt þar sem einungis fjórar amínósýrur mynda um 70 - 90% af heildinni. Það eru prólín (pro), glútamín (gln), glutan sýra (glu) og glýsín (gly) (Mehanso o.fl., 1987) Venjulega er prólín ríkjandi, um 30 - 45% af heildinni en til eru undantekningar. Hjá kaninum er innihald prólíns einungis 17 - 21% (Shimada, 2006). Mólekúlabyngd PRP er breytileg og ákvarðast af amínósýrusamsetningunni, frá 5.000 - 25.000 ng (McArthur o.fl., 1995).

Mikilvægur grundvallareiginleiki PRP er bygging þess. Í algjörrri andstöðu við flest prótein, þar sem líffræðileg virkni þeirra veltur á sérstakri lögun, hafa PRP mjög litla þrívíddarbyggingu (tertiér). Í lausn eru þau eins og ílangur stafur eða tilviljanakennd búnt (Hagerman & Butler, 1981). Ástæðan fyrir því að þau eru frekar bein en bogin er að bygging prólíns kemur í veg fyrir að N-C tengin snúist á peptíð tengslunum og það kemur í veg fyrir innri keðju vetnistengja.

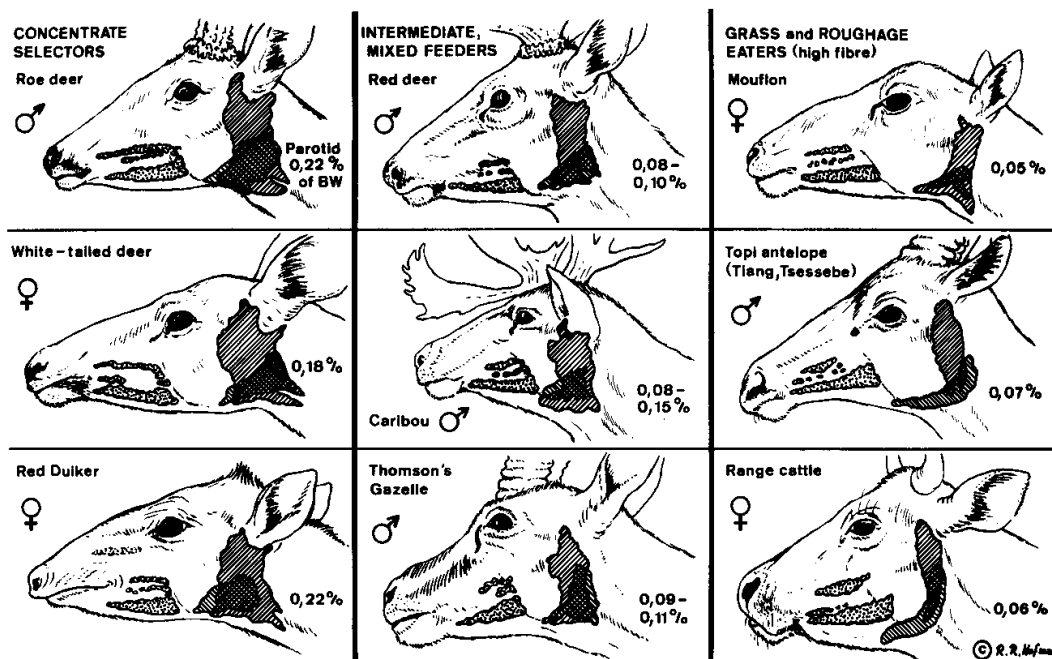
Framleiðsla PRP er kostnaðarsöm, bæði vegna efnaskiptakostnaðar og viðhalds köfnunarefnisjafnvægis. Erfitt er að melta PRP vegna þess hve mörg peptíðtengi það hefur, auk þess sem erfitt er að kljúfa prólín (McArthur o.fl., 1995).

Fróðlegt er hversu áhrifamikil tanninbindandi prótein eru í raun og veru. Þetta rannsökuðu félagarnir Provenza og Malechek (1984) hjá geitum sem átu blackbrush, sem er tanninrík planta. Með hjálp hálsfistúlu fundu þeir út að 50% af tanninum hafði horfið áður en fæðunni

var kyngt, eða öllu heldur bundist í munnvatninu. Hofmann (1989) bendir á að beitaratferlið eða tæknin við beitina skipti einnig miklu máli. Runnaætur sem lifi á tanninríkri fæðu passi að hrista ekki, toga né plokka þegar þær nærast á gróðri ríkum af tanninum, því plönturnar leysi meira út af bitrum herpandi efnum við grófa meðhöndlun.

#### 1.4.2. Stærð og virkni Parotids munnvatnskirtilsins

Munnvatnskirtlarnir eru þrír, tungudalskirtill (Submandibular gland), kjálkabarðskirtill (Sublingual gland) og Parotid munnvatnskirtillinn. Parotid munnvatnskirtillinn er stærstur þriggja paraðra munnvatnskirtla í dýrum. Hann liggur aftan til á kinninni, frá eyrum að tungurótum (sjá mynd 6) (Hofmann, 1989).



Mynd 6. Hér sést hvernig Parotid kirtillinn liggur í CS, IM og GR beitarádyrum. Einnig sést greinilegur stærðarmunur á kirtlunum á þessari mynd. Prósentu talan sem sést á myndinni er þýngd Parotid-kirtils sem prósentu af líffunga (Hofmann, 1989).

Hofmann (2008) skoðaði vangakirtil/eyrnakirtil (*parotid gland*) í 62 spendýrategundum víðs vegar að í heiminum. Dæmi um dýr sem hann skoðaði voru m.a. elgur (*Alces alces*) og antílópuna dik-dik (*Madoqua kirkii*), hreindýr (*Rangifer tarandus*) og stökkhjört (*Antidorcas marsupialis*), múflónfé (*Ovis musimon*) og nautgripi (*Bos taurus*). Hann fann mjög mikinn breytileika í þýngd Parotid munnvatnskirtilsins og tengdi það fæðugrunnlagi tegundanna, því

stærri hlutfallslega sem kirtillinn er því meiri hæfileiki til að binda tannin í fæðunni. Heildarþyngd kirtilsins sem prósentu af líkamspunga dýranna lá á bilinu 0,05-0,15; 0,18-0,22 í runnaætum (CS), 0,08-0,15 í dýrum sem éta blandað (IM) og aðeins 0,05-0,07 í grasbítum (GR). Þannig eru munnvatnskirtlar CS meira en þrefalt til fjórfalt þyngri en hjá GR. (Kay, 1987; Robbins, Spalinger & van Hoven, 1995).

Rannsóknir sýna að stærð kirtilsins innan sama einstaklings er mjög sveigjanleg og fer það eftir tannininnihaldi fæðunnar á hverjum tíma. Þekkt er hjá rottum þegar þeim er gefið tannin ríkt fæði að þá stækka munnvatnskirtlarnir og eftir þrjá daga á tanninríkufæði höfðu kirtlarnir þrefaldast (Mehanso o.fl., 1983). Þá fer stærð þeirra líka eftir árstíma, því á veturna og yfir þurrkatíma stækka kirtlarnir oft, sem aftur getur tengst því að þá neyðast beitardýrin til að éta tanninríkari fæðu (Jiang, Takatsuki, Wang, Li, Jin & Gao, 2003; Kay, 1987).

Aðeins hefur verið skráð ein undantekning á tengslum fæðugrunnlagsins og hæfileikanum til að binda tannin. Í rannsókn Robbins og féлага (1995) reyndist hin afríska runnaæta kudu (*Tragelaphus strepsiceros*), hafa óvenjulega litla munnvatnskirtla af runnaætu að vera, eða álíka stóra og grasbítar. Við nánari athugun kom í ljós að ástæðan fyrir því að kudu er ekki með stærri kirtil en ella er beitaratferli tegundarinnar. Kudu velur sérstaklega tanninsnautt fæði og hefur einnig sérstaklega góðan hæfileika til að nota lifrina til að losa sig við óæskileg efni (eins og tannin) (Robbins o.fl., 1995).

## **1.5. Markmið**

Þó svo að stærð munnvatnskirtla hafi verið könnuð í fjölmörgum jórturdýrum, svo og hæfileiki þeirra til að binda tannin, hafa ekki birst neinar rannsóknir á stærð munnvatnskirtla í hrossum og hæfileikum þeirra til að binda tannin. Nýlegar rannsóknir á þremur tegundum nashyrninga sem eru náfrændur hestsins og með svipaða þróunarsögu benda til að þróunarlegur bakgrunnur fæðuvals sé mikilvægari en fæðuval dýranna í dag. Þar sem fæðugrunnlagið virðist vera ráðandi um hvort beitardýr búi yfir þeim eiginleika að binda tannin er rétt að rifja upp að fæðugrunnlag stóru jórturdýranna sem eru hinir eiginlegu grasbítar hefur alltaf verið gras. Þetta er sérstaklega fróðlegt út frá þróunarfræðilegri sögu hestanna þar sem forfeður þeirra voru runnaætur og síðar í þróuninni gerast þeir grasbítar. Rannsóknin á nashyrningunum, sýnir að þeirra fæðugrunnlag í dag endurspeglar ekki

nauðsynlega hæfileika þeirra til að binda tannin í fæðunni (Clauss, Gehrke, Hatt, Dierenfeld, Flach, Hermes, Castell, Streich & Fickel, 2005)

Rannsóknir á jörturdýrum hafa sýnt sterka fylgni milli stærðar munnvatnskirtla, sérstaklega Parotid-kirtilsins og fæðuvals. Hjá þeim jörturdýrum sem lifa á grösom er kirtillinn hlutfallslega lítill en stór hjá jörturdýrum sem lifa á runnagróðri (þ.e. tanninríku fóðri). Það er því áhugavert, bæði út frá þróunarlegu sjónarmiði og beitarvistfræðilegu sjónarmiði að skoða hvert hlutfall munnvatnskirtlanna er hjá hrossum í dag, þar sem hross voru runnaætur í um 30 milljónir ára en éta grös í dag. Markmiðið með verkefninu er því að fjarlægja, skoða og skrá niður þyngd munnvatnskirtla hjá sláturhrossum, bera saman hlutfallslega þyngd munnvatnskirtlanna hjá hrossum og öðrum dýrum sem skoðuð hafa verið í sambandi við munnvatnskirtla, túlka gögnin með tilliti til hugsanlegra hæfileika hrossa til að binda tannin og setja niðurstöðurnar í þróunarlegt og beitarvistfræðilegt samhengi.

## 2. Efni og aðferðir

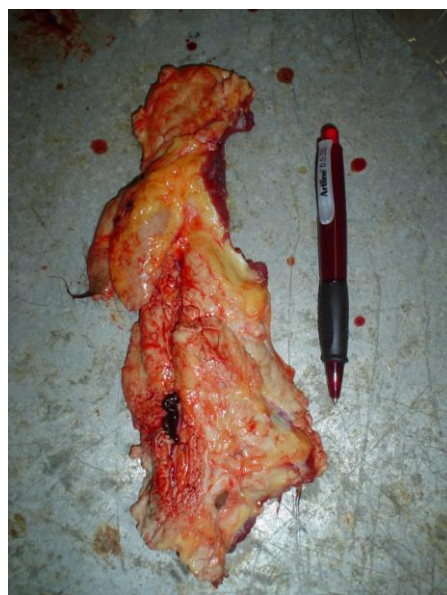
### 2.1. Öflun munnvatnskirtla

Gagna var aflað úr sláturhrossum í sláturhúsi SS á Selfossi, að fengnu samþykki héraðsdýralæknis, Katrínar Andrésdóttur og sláturhússtjóra Einars Hjálmarssonar. Í nóvember 2009 var farið í fyrstu ferð í sláturhúsið þegar slátrun á hrossum stóð yfir. Í þessari fyrstu ferð var Sigurður Sigurðsson fyrrverandi dýralæknir á Keldum með í för, til að sýna hvernig best væri að fara að þegar munnvatnskirtlarnir væru fjarlægðir. Næstu krufningar fóru fram 21. og 28. janúar og 11. febrúar 2010. Í þau skipti aðstoðaði Ni Nyoman Wijaya Ariyani, dýralæknir við krufninguna.

Þegar búið var að slátra hrossunum voru þau afhausuð vel aftan við eyru til að kirtlarnir yrðu ekki skertir. Taka varð sérstakt tillit til þessa við afhausun hrossanna og reyndist ekki nægjanlega vel að þessu gáð við fyrstu gagnaöflun, í nóvember 2009. Aðeins annar Parotid kirtillinn var tekin úr. Skorið var frá eyranu meðfram kjálkabeininu niður að tungurótum (sjá mynd 7). Hreinsað var gróflega í kringum kirtlana og hár, fita og kjöttætlur fjarlægðar (sjá mynd 8). Kirtillinn var svo settur í númeraðann poka og með honum sett blað þar sem númer hestsins stóð einnig, auk upplýsinga um lit og aldur (sjá mynd 9). Auk þess voru upplýsingarnar skráðar í vasabók.



Mynd 7. Hér sést hvernig kirtillinn liggur, frá eyranu niður að kjálkarótum. (Ljósmynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir).



Mynd 8. Stærð kirtils miðað við blýpenna. (Ljósmynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir).



Mynd 9. Svona var farið að því að merkja kirtlana, pokinn var merktur sem þeir voru settir í og einnig settur miði með, þar sem stóð númer hvað hrossið var, áætlaður aldur og litur. (Ljósmynd: Aníta Ólöf Jónsdóttir).

Aldur hrossa var metinn útfrá tönnum og litur á hverju hrossi skráður. Þegar búið var að safna kirtlum saman var farið rակleitt með þá á Matvælastofnun á Selfossi þar sem þeir voru snyrtir enn betur og vegnir á nákvæmri vog (Metter toleto, Pb. 3200.S/ FACT delta Range. Classic plus). Þyngd hvers kirtils var skráð niður og þeir svo settir í frysti ef ske kynni að þá þyrfti að athuga nánar síðar.

## 2.2. Útreiknaður lífþungi

Í sláturhúsinu fengust upplýsingar um fallþunga hrossanna. Ekki reyndist unnt að afla upplýsinga um lífþunga hrossanna, svo lífþungi þeirra var áætlaður útfrá útreiknuðu hlutfalli fallþunga og lífþunga 242. hrossa af 9 kynjum í Evrópu (sjá töflu 1), þar sem fallþungi hrossa er 59-61% af lífþunga. Reiknað var með meðaltali af uppgefnum fallþunga/lífþunga í grein Martuzzi o.fl. (2001) – 60,805%. Lífþunginn var reiknaður með því að deila fallþunganum með 60,805 og margfalda með 100. Til að fá út hve mörg prósent kirtillinn er af lífþunganum, þá er þyngd kirtilsins deilt með lífþunganum í grömmum (svo það sé í sömu einingu) og síðan margfaldað með 100.

Tafla 1. Sýnir upplýsingar um 9 hestakyn í Evrópu, sýnir m.a. hlutfall fallþunga af líffunga (HCW/BW<sup>(2)</sup>), aldur, líffunga, prósentu fitu, vöðva og beina (Martuzzi, F., Catalano, A.L. & Sussi, C., 2001).

Table 3: Characteristics of horse carcasses

Reference	n.	Age <sup>(1)</sup>	Breed or type	Live weight (kg)	Dressing percentage HCW/BW <sup>(2)</sup>	Muscle (%)	Fat (%)	Bone (%)
<b>Martin-Rosset et al., 1980</b>	13	6m	Heavy French breeds	327	59.6	68.3	9.6	17.5
	20	12m	Heavy French breeds	483	64.9	70.1	10.9	15.6
	20	18m	Heavy French breeds	573	57.4	71.8	9.4	16.1
	20	24m	Heavy French breeds	627	61.0	69.8	12.9	14.9
	15	30m	Heavy French breeds	735	60.0	69.0	14.2	14.5
<b>Catalano et al., 1986</b>	19	~6m	Franches Montagnes, Haflinger, Bardigiana and crossbreeds	226.4	60.0	72.4	9.7	17.7
	20	~15m	"	280.0	59.1	67.7	9.5	16.1
	20	A	Sport and draught-horse	514.0	60.0	69.1	13.4	14.2
<b>Lacheretz et al., 1990</b>	37	6-10m	Heavy French breeds	406.4	62.0 <sup>(3)</sup>	69.3		
<b>Manfredini et al., 1992</b>	10	~12m	Haflinger	325.3	63.3			
	10	~12m	Croatian population	346	61.6			
	10	A	Croatian population	462.6	59.8			
	10	A	Saddle-horse	470.0	60.9			
<b>Badiani et al., 1993</b>	8	4-7m	Franches Montagnes	278.1	61.67			
<b>Campodoni et al., 1993</b>	10	~8m	Derived Franches Montagnes	310	68.2 <sup>(4)</sup>	63.68	16.43	15.74

(1) m = months, A = adult

(2) HCW /BW: hot carcass weight/ body weight

(3) CCW/BW: cold carcass weight/body weight

(4) HCW/EBW: hot carcass weight/empty body weight



### 3. Niðurstöður

#### 3.1. Þyngd munnvatnskirtla

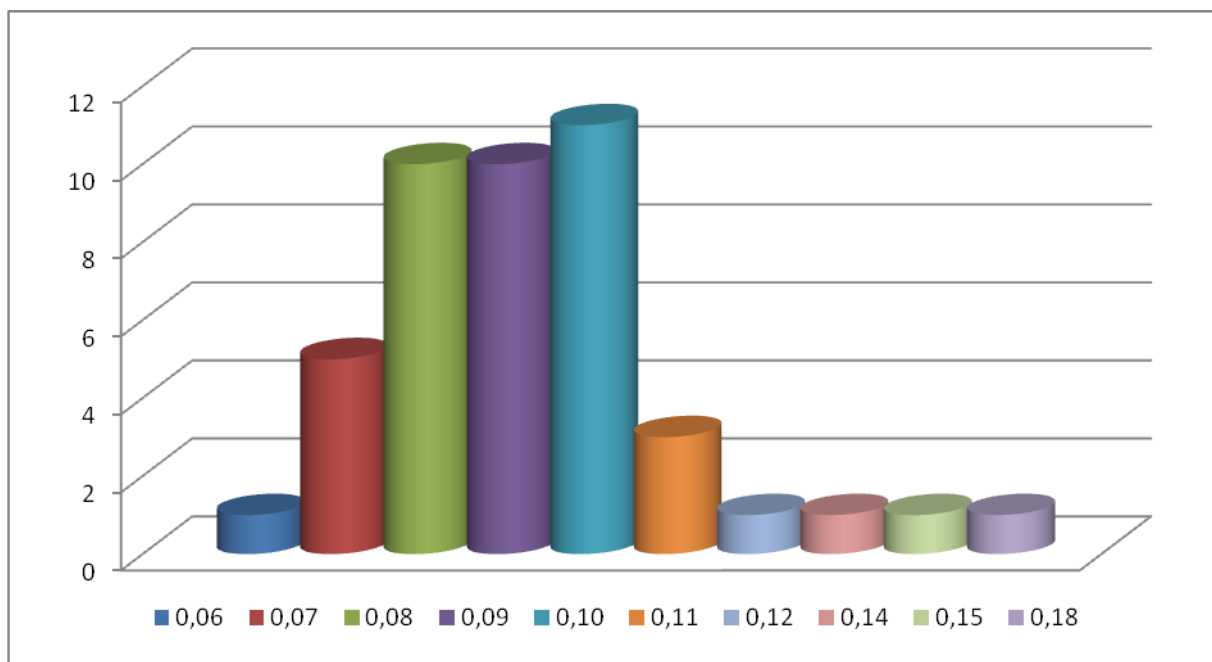
Í fyrstu ferð í nóvember 2009 voru kirtlar fjarlægðir úr 27 hrossum, beggja megin. Í ljós kom að allir kirtlarnir voru skertir þar sem hrossin höfðu verið afhausuð of ofarlega. Þeim kirtlum var því öllum fargað. Í ferðunum í janúar og febrúar 2010 náðust 43 nothæfir kirtlar og var kirtillinn aðeins fjarlægður öðru megin. Í töflu 1. eru upplýsingar um hrossin, litur þeirra, aldur, kirtlaþyngd, fallþungi, útreiknaður lífþungi og svo þyngd kirtilsins sem prósentu af lífþunga.

Tafla 2. Upplýsingar um hrossin, m.a. þyngd þeirra og þyngd kirtils.

litur	c.a. aldur	kirtill (g)	Fallþungi (kg)	Lífþungi (kg)	Þyngd kirtils sem % af LP
Rauðstjörnóttur	14-16 v	227,26	193,7	323	0,07
Rauðblesóttur	10-12 v	190,55	169	282	0,07
Rauðstjörnóttur	10 v	207,18	177,2	295	0,07
Rauðstjörnóttur	10-12 v	224,35	206,9	345	0,07
Brúnn	9-10 v	300,56	186,6	311	0,10
Rauður	15-16 v	269,99	196,2	327	0,08
Rauður	5-6 v	314,37	175	292	0,11
Brúnn	5-6 v	274,22	191,8	320	0,09
Grár	31 v	239,8	180,9	302	0,08
Brúnn	28 v	240,09	167,6	279	0,09
Jarpur	26 v	274,43	191,8	320	0,09
Rauðstjörnóttur	23 v	331,92	199	332	0,10
Sótrauður m. stj.	10-12 v	363,59	181,1	302	0,12
Brúnn	9-10 v	241,5	178,4	297	0,08
Jarpur	8 v	259,92	207,1	345	0,08
Jarpur	8-10 v	216,41	161,9	270	0,08
Jarpur	4 v	217,94	168,2	280	0,08
Brúnn	3 v	199,53	140,8	235	0,08
Jarpur	4 v	205,4	163,3	272	0,08
Rauðblesóttur	10 v	303,61	130,2	217	0,14
Jarpur	12-14 v	455,42	188,3	314	0,15
Brúnn	5-6 v	278,25	163,9	273	0,10
Rauðstjörnóttur	4-5 v	262,21	160,3	267	0,10
Grár	12 v	244,55	151,7	253	0,10
Rauður	12 v	218,97	213,4	356	0,06
Rauður	8-10 v	305,03	203	338	0,09
Rauðblesóttur	4-5 v	267,27	180,4	301	0,09

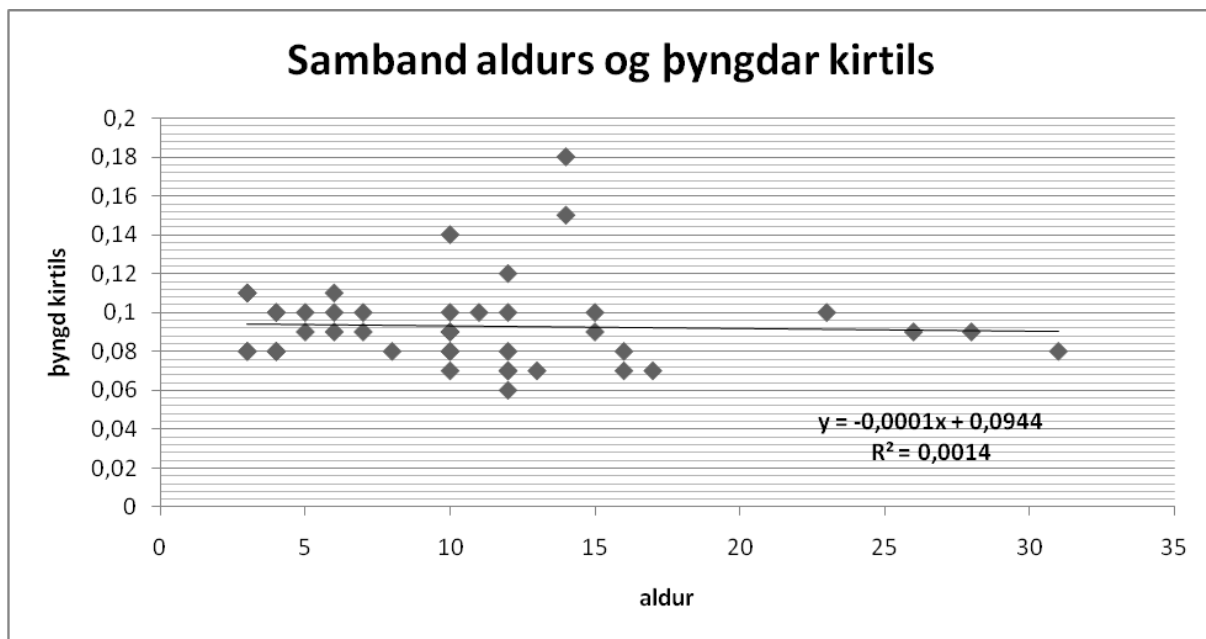
litur	c.a. aldur	kirtill (g)	Fallþungi (kg)	Líþungi (kg)	Þyngd kirtils sem % af LÞ
Dökk Jarpur	14 v	378,21	124,8	208	0,18
Brúnn	12 v	244,8	183,6	306	0,08
Rauðstjörnöttur	11v	368,06	217,8	363	0,10
Brúnn	15 v	261,33	169,5	283	0,09
Mósóttur	8-10 v	263,38	169	282	0,09
Brúnn	4 v	223,6	161,6	269	0,08
Leirljós	7 v	274,83	174,7	291	0,09
Rauðskjóttur	3-4 v	258,29	159,1	265	0,10
Rauðskjóttur	12-13 v	233,63	194,5	324	0,07
Jarpur	16-17 v	256,79	206,4	344	0,07
Jarpur	10-15 v	306,15	187,5	313	0,10
Rauður	4 v	226,3	142,3	237	0,10
Brúnskjóttur	2-3 v	241,64	130,5	218	0,11
Rauðstjörnöttur	5-7 v	202,4	126,4	211	0,10
Rauðstjörnöttur	2-3 v	213,18	151,7	253	0,08
Rauður	2-3 v	240,63	133,9	223	0,11

Yngstu hestarnir voru frá 2. – 3. vetra og þeir elstu um 31. vetra. Meðalþyngd kirtlanna var 260 gr., léttasti kirtillinn var 191 gr. og þyngsti kirtillinn var 455 gr. Meðalfallþungi hrossanna var 174 kg. Mesti fallþunginn var 218 kg og minnsti var 125 kg. Meðal lífþunginn var 285 kg, mesti lífþunginn var 358 kg og minnsti var 205 kg. Meðaltal af þyngd kirtils sem prósentu af lífþunga var 0,09%. Minnsti var 0,06% og mesti 0,18%. Á súluritinu hér fyrir neðan má sjá dreifinguna.



Mynd 10. Á x ás er þyngd kirtils sem prósentu af lífþunga hrossanna og á y ás er fjöldi kirtla.

Á mynd 11 má sjá þyngd kirtlanna eftir aldri hrossanna. Athyglisvert er að breytileikinn virðist aukast eftir því sem hrossin eru eldri. Eins og sést á punktaritinu hér fyrir neðan, er um 12 vetra hestur með kirtil sem er einungis 0,06% af lífþunganum á meðan hestur um 14 vetra er með kirtil sem er 0,18% af lífþunganum.



Mynd 11. Á y ás er þyngd kirtla sem prósentu af lífþunga og á x ás er aldur hrossa. Punktaritið sýnir breytileika kirtla eftir aldri. R gildið er mjög lágt sem þýðir að það er ekki marktækt sambandi milli þyngdar kirtils og aldurs hrossa.

## 4. Umræður

Þrátt fyrir að hrossin búi í nánu umhverfi við manninn, hafa munnvatnskirtlar hrossa aldrei verið skoðaðir. Hestar voru upprunalega runnaætur og er því áhugavert að skoða þá með tilliti til þróunarlegs bakgrunns þeirra og eiginleika þeirra til að binda tannin. Niðurstöðurnar eru áhugaverðar. Meðalþyngd kirtla hrossa sem prósentu af líffunga er 0,09% sem er minna en hjá hinum eiginlegu runnaætum (0,18-0,22%) en það er meira en hjá grasbítum (0,05-0,07%). Samkvæmt niðurstöðunum eru hestar með svipað stóra kirtla og IM (0,08-0,15%), það eru beitardýr sem éta bæði grös og runnafæði (Hofmann, Streich, Fickle, Hummel & Clauss, 2008). Þetta sýnir að hross ættu ekki flokkast undir hina eiginlegu grasbíta eins og þau hafa alltaf verið flokkuð (Budiansky, 1998; Pough o.fl., 2005). Það virðist vera að ef dýrin búa yfir hæfileikanum til að binda tannin á annað borð, eins og hestar virðast gera, þá er sá eiginleiki fyrir hendi að kirtillinn stækki við tannin át og binding tannina fer fram. Mynd 5 er mjög áhugaverð því þar sést að breytileikinn er mikill hjá hrossunum, þar sem léttasti kirtillinn sem prósentu af líffunga er 0,06 og þyngsti 0,18. Hjá hrossum eldri en 10 vetra finnst bæði léttasti og þyngsti kirtillinn. Þetta gæti bent á að kirtlastærðin ráðist meira af umhverfi heldur en aldri og að kirtlarnir séu mjög sveigjanlegir. Þeir geta líklega minnkað og stækkað eftir því hvar hestarnir eru á beit. Þetta er enn önnur vísbending um það að tanninbindingareiginleikar hrossa séu enn til staðar. Mikilvægt er að hafa í huga að þó að þessar niðurstöður bendi á að hestar hafi kirtla í svipuðum stærðarflokk og IM, þá er eiginleikinn til að binda tannin enn ókannaður. Þó verður að hafa í huga að náíð samband hefur fundist milli stærðar kirtilsins og eiginleikans til að binda tannin, svo líkur eru á því að hross búi enn yfir eiginleikum til að binda tannin. Það er hugsanlegt að hægt sé að tengja hesta við tilraunina sem gerð var á rottum, þegar þeim var gefið tanninríkt fóður þrefölduðust munnvatnskirtlarnir (Mehanso o.fl., 1983).

Spurning er hvernig tanninbindandi munnvatn hestar framleiða ef þeir framleiða það, hvort það er PRP eða annarskonar gerð. Aðeins 33 spendýrategundir hafa verið rannsakaðar m.t.t tanninbindandi munnvatnspróteina. Í ljós kom að 26 af þeim hafa eiginleika til að binda tannin. Tanninbindandi munnvatnsprótein hafa verið einangruð frá 16 tegundum og þar af eru einungis átta villtar tegundir. Því má segja að þekking á þessu sviði sé af skornum skammti enn sem komið er (Shimada, 2006).

Dýr sérhæfa sig í fæðuvali og þar af leiðandi verða munnvatnskirtlarnir jafnframt sérhæfðir. Dæmi um þetta er að elgur (*Alces alces*) og bjór (*Castor canadensis*) framleiða munnvatnsprótein sem binda einungis þétt línulaga tannin sem eru algeng í uppáhaldsfæðu þeirra, það er að segja víði, ösp og birki. Múldýr (*Odocoileus hemionus*), sem er ekki mjög sérhæft í fæðuvali framleiðir munnvatnsprótein sem bindur bæði þétt línulaga og greinótt tannin, sem og gallotannin en ekki ellagitannin. Alætur eins og ameríski svart björninn (*Ursus americanus*) framleiðir munnvatnsprótein sem bindur ýmiskonar tannin (Hagerman & Robbins, 1993). Hafa þarf í huga fjölbreytni tannina og aðlögun tanninbindandi munnvatnspróteina að þeim, þó svo að sum dýr geti bundið eina gerð af tanninum þarf það ekki þýða að þau geti bundið allar gerðir tannina. Það gæti verið munur á milli hestategunda eftir því úr hvaða umhverfi þeir koma.

Kay (1987) bendir á í grein sinni þar sem hann athugar stærð munnvatnskirtla í ýmsum runnaætum, að stærð kirtla fari eftir því hvað dýrin éta og á hvaða árstíma kirtlarnir eru skoðaðir. Það hefði verið mjög mikill kostur hefði verið hægt að skoða á hvers konar fæði hestarnir voru áður en þeim var slátrað og kirtlarnir teknir. Hrossunum sem var slátrað komu frá bæjum á Suðurlandi. Þó ekki sé hægt að útiloka neitt, þá eru ekki eru miklar líkur á að þeir hafi gengið á tanninríku fóðri þar sem flest hross á svæðinu ganga á framræstum mýrum og túnum, engin fara á afrétt og lítið er um kvistmóa almennt. Þegar Kay (1987) gerði rannsóknina sína gerði hann greinamun á milli kvenkyns og karlkyns dýra. Ekki virtist vera munur þar í hans tilraun en það væri óvitlaust að taka það inn í ef frekari rannsóknir eru gerðar. Ekki er líklegt að það sé munur á milli kvenkyns og karlkyns hjá hrossum heldur en það var ekki athugað í þessari rannsókn.

Clauss o.fl. (2005) rannsökuðu þrjár tegundir nashyrninga, hvíta nashyrninginn (*Ceratotherium simum*), svarta nashyrninginn (*Diceros bicornis*) og indverska nashyrninginn (*Rhinoceros unicornis*). Tekin voru munnvatnsýni til að athuga eiginleika þessara þriggja nashyrningategunda, sem voru í haldi í dýragarði, til að binda tannin. Þeir voru fóðraðir með venjulegu heyi en svo seinna var tanninsýru bætt í fóðrið. Í ljós kom að nashyrningar búa yfir eiginleikum til að binda tannin. Eiginleikar hvíta nashyrningsins til að binda tannin voru minnstir en indverska nashyrningsins mestir. Clauss o.fl. (2005) varpa þeirri hugmynd fram að ástæðan fyrir því að indverski nashyrningurinn getur bundið meira tannin en hinir geti legið í þróunarfræðilegri sögu hans. Talið er að forfeður nashyrninga hafi verið runnaætur og hann því ekki misst eiginleika sína til að binda tannin. Þeir benda einnig á að ástæða þess að

indverski nashyrningurinn geti bundið meira tannin en t.d. sá hvíti gæti einnig verið sú að það sé tanninríkara fæði í náttúrulegu umhverfi indverska nashyrningsins í dag. Það gæti verið sama upp á teningnum hjá hestunum, villtar asnategundir gætu bundið meira tannin en hinn almenni reiðhestur þar sem meira er af runnafóðri í náttúrulega umhverfi asnans heldur en í umhverfi reiðhestsins. Ekki er ólíklegt að svipað geti átt við um indverska nashyrninginn og hesta, ekki einungis vegna þess að þessar tegundir eru skyldar heldur líka vegna þess að báðar eiga þær sameiginlegan þróunarfræðilegan bakgrunn. Forfeður beggja tegunda voru runnaætur en báðar tegundirnar eru skilgreindar sem grasbítar í dag. Það virðist því sýna að þróunarfræðilegur bakgrunnur sé ekki síður mikilvægur heldur er beitarvistfræðileg hegðun dýranna í dag.

Í sömu rannsókn Clauss o.fl., (2005) var gerð tilraun á svörtum nashyrningum með því að auka ávallt tannin innihald í fóðri þeirra til að sjá hvort það hefði einhver áhrif. Tannin bindandi munnvatnspróteini hjá þeim jókst í samræmi við aukningu tanninsins í fæðunni. Ekki er þekkt hvaða tanninbindandi munnvatnsprótein nashyrningar hafa, hvort það sé PRP eða eitthvað annað.

Velta má fyrir sér hvað valdi ef í ljós kemur að hestar, þrátt fyrir að margir þeirra hafi stóran munnvatnskirtil, búa ekki yfir eiginleikanum til að binda tannin, hvort það sé vegna þess að þeir þurfa ekki lengur á eiginleikanum að halda eða hvort þeir velji fremur grös vegna þess að þeir misstu hæfileikann til að binda tannin. Gelada bavíanar sem finnast í Eþíópíu, hafa þróast þannig í gegnum tíðina að þeir velja sér sífellt sérhæfðari fæðu. Gelada bavíanarnir gátu bundið tannin áður en virðast hafa misst þann eiginleika. Óljóst er hvort að tapið á tanninbindandi munnvatnspróteinum hjá Gelada bavíönnum hafi rekið þá í þrengri fæðuvist eða hvort að það sé vegna þess að aukin sérhæfing hefur átt sér stað með tímanum og því hafi kirtlarnir minnkað (Mau, Sudekum, Johann, Sliwa & Kaiser, 2009). Þróunin gæti hafa verið svipuð hjá hestum. Þegar graslendið kom, þá getur verið að hestarnir hafi étið sitt lítið af hvoru, grasi og runnagróðri, svo smátt og smátt hafi kirtlarnir minnkað og orðið til þess að hækni hrossa til að binda tannin hafi minnkað og því fært sig alveg yfir í grasið. Annar möguleiki er að þeir hafi fært sig alveg yfir í grasið og þar af leiðandi hafi kirtlarnir og virkni þeirra minnkað. Þróunin getur farið í báðar áttir, hvort sem er að missa eiginleika, halda þeim eða að þeir styrkist. Það virðist þó hugsanlegt miðað við niðurstöðurnar úr minni rannsókn að hestar hafi haldið eiginleikanum til að binda tannin, að einhverju leiti.

Hestar eru með mun liprari varir en t.d. nautgripir og er líklegt að það séu leifar frá því þeir voru runnaætur, að geta nælt sér í eitt og eitt laufblað. Nautgripir komu seint fram á sjónarsviðið og voru strax í upphafi grasbítar. Nautgripir hafa lítt sveigjanlegar varir og því geta þeir ekki valið jafn mikið einstaka plöntu (Hofmann, 1989). Hvítu og indversku nashyrningarnir hafa ólíka munna, indverski nashyrningurinn, sem býr yfir meiri eiginleikum til að binda tannin, hefur mun sveigjanlegri munn en hvíti nashyrningurinn. Munnur hvíta nashyrningsins er mjög ósveigjanlegur og lifir hann mestmegnis á grasi allt árið um kring. Indverski nashyrningurinn, sem einnig lifir mestmegnis á grasi en reiðir sig á laufblöð yfir vetrartímamann, þarf því sveigjanlegri munn en hvíti nashyrningurinn. Tapírar sem eru aðrir náskyldir ættingjar hrossa hafa mjög sveigjanlega munnparta enda reiða þeir sig mikið á runnafæði (Macdonald, 2009). Hestar virðast vera þarna mitt á milli nashyrninga og tapíra, þeir hafa nokkuð sveigjanlega munnlimi, sem sést greinilega þegar þeir fíla grön. Þetta eru líklega leifar frá því að hestar voru runnaætur og geta þeir líklega enn nælt sér í eitt og eitt laufblað af trjám ef þeir þurfa. Hross eru mjög dugleg að éta laufblöð ef þeim er gefinn kostur á því (Steinunn Anna Halldórsdóttir & Anna Guðrún Þórhallsdóttir, 2004),

Ekki eru til tölur um lífþunga íslenskra hrossa og er mikil vöntun þar á. Í þessari rannsókn þurfti að notast við lífþunga erlendra hrossa, þar sem meðaltal fallþunga er 60,805% af lífþunganum (Martuzzi o.fl., 2001). Þar sem mjög lítill breytileiki var í hlutfalli fallþunga af lífþunga í gögnum Martuzzi – sem náðu yfir 242 mörg hross af 9 kynjum verður að teljast líklegt að hlutfall fallþunga af lífþunga sé svipað á Íslandi. Rétt er að benda á að 1-2% breytileiki í hlutfalli fallþunga/lífþunga hefur ekki mikil áhrif á hlutfallslega þyngd Parotid - kirtilsins. Hins vegar er einkennilegt að þessar tölur liggi ekki fyrir og mikilvægt að bæta þar úr.

## 5. Ályktanir

Þessi rannsókn sýndi fram á að ekki er hægt að flokka hesta til hinna eiginlegu grasbíta ef tekið er tillit til stærðar munnvatnskirtlanna. Mínar mælingar á Parotid kirtlum hrossa sýna fram á að kirtlar hrossa eru svipaðir að stærð og hjá beitardýrum sem éta blandaðan gróður (Hofmann, 2008) og það bendir til þess að þeir búi enn yfir eiginleikanum til að binda tannin. Þetta bendir til líkt og með nashyrningana sem Clauss o.fl (2005) rannsökuðu að þróunarfræðilegur bakgrunnur fæðuvals sé ekki síður mikilvægur en fæðuval dýranna í dag. Þetta er í fyrsta sinn sem það hefur verið sýnt fram á þetta hjá hrossum og er það virkilega áhugavert fyrir vikið bæði m.t.t. þróunarfræðilegs sjónarmiðs og beitavistfræðilegs.

Mjög áhugavert væri að halda áfram með þetta verkefni og vera þá með hrossahóp (ca. 40 hross) sem væru á misjafnlega tanninríku fæði og taka munnvatnsýni sem gætu sýnt hvort tanninbindandi munnvatnsprótein myndu aukast. Hentugast væri að vera með hross inn á húsi og ráða alfarið hvað þau éta þar sem erfitt er að stjórna því ef þau eru út í náttúrunni. Best væri að gera svipað og með nashyrningana (Clauss o.fl., 2005) að hafa hross inni og setja svo tanninsýru í fóðrið hjá öðrum hópnum en hafa venjulegt fóður hjá hinum. Áhugavert yrði að sjá hvort að munur yrði á kirtlavirkni og kirtlastærð. Einnig væri áhugavert að greina munnvatnið til að greina hvort það væri PRP eða önnur gerð af tanninbindandi munnvatnspróteinum. Einnig væri fróðlegt að fylgjast með fóðri hrossa sem fara í sláturhús til að vita nokkurnvegin hvað þau hafa verið að éta þegar kirtillinn er vigtaður. Ef það yrði gert væri gott að vigta hrossin fyrir slátrun til að átta sig á lífpunga íslenskra hrossa, en það virðist nokkuð nauðsynlegt afla sér upplýsinga um lífpunga íslenskra hrossa svo hægt sé að miða rannsóknir sem eru gerðar á íslenskum hrossum við það, svo að sem nákvæmastar niðurstöður fáiist.

Það eru virkilega margar spurningar sem vakna með þessari rannsókn og margir möguleikar til áframhaldandi rannsókna. Akurinn er óplægður í þessum efnunum og enn eru ekki miklar upplýsingar til um munnvatnsprótein dýra og hver viðbót er dýrmæt.



## 6. Heimildaskrá

- Anna Guðrún Þórhallsdóttir & Hrefna Sigurjónsdóttir (2005). Hestar og skyldar tegundir, uppruni, þróun og atferli. *Náttúrufræðingurinn*, 73, 105-116.
- Bryant, J.P & Kuropat, P. (1980). Selection of winter forage by subarctic browsing vertebrates. The role of plant chemistry. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 11, 261-185.
- Briske, D. D. (1991). Developmental Morphology and physiology of grasses. Í: R.K. Heitschmidt and J. W. Stuth (ritstj.), *Grazing management: an ecological perspective*. 4. kafli. Timber Press, Incorporated.
- Budiansky, S. (1998). *The nature of horses. Their evolution, intelligence and behavior*. Phoenix-Orion Books Ltd. London.
- Clauss, M., Gehrke, J., Hatt, J.-M., Dierenfeld, E.S., Flach, E.J., Hermes, R., Castell, J., Streich, W.J. & Fickel, J. (2005). Tannin-binding salivary proteins in three captive rhinoceros species. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 140, 67-72.
- Cunha, T.J. (1991). *Horses feeding and nutrition* (2.útg.). Acad. Press, Inc.
- Gurevitch, J., Scheiner, S.M. & Fox, G.A. (2006). *The ecology of plants*. Sunderland, Massachusetts, U.S.A: Sinauer Associates, Inc.
- Gwynne, M.D. & Bell, R.H.V. (1968). Selection of vegetation components by grazing ungulates in the Serengeti National Park. *Nature*, 220, 390-393.
- Hagerman, A.E. & Butler L.G. (1981). The specificity of proanthocyanidin-protein interactions. *J. Biol. Chem.*, 256, 4494-4497
- Hagerman, A.E. & Robbins, C.T. (1987). Implications of soluble tannin-protein complexes for tannin analysis and plant defense mechanism. *J. Chem. Ecol.*, 13, 1243-1259.
- Hagerman, A.E. & Robbins, C.T. (1993). Specificity of tannin-binding salivary proteins relative to diet selection by mammals. *Can. J. Zool.*, 71, 628-633
- Haslam, E. (1989). *Plant polyphenols - vegetable tannins revisited*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 1-20
- Hofmann, R.R. (1988). Anatomy of the gastro-intestinal tract. Í: D.C. Church (ritstj.). *The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition*. (Bls 14-44) New Jersey: Prentice Hall.
- Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78, 443-457.
- Hofmann, R.R., Streich, W.J., Fickle, J., Hummel, J. & Clauss, M. (2008). Convergent evolution in feeding types: salivary gland mass difference in wild ruminant species. *J. Morphol.*, 269, 240-257.

- Janis, C. (1976). The evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution*, 30, 757-774.
- Jiang, Z., Takatsuki, S., Wang, W., Li, J., Jin, K. & Gao, Z. (2003). Seasonal changes in parotid and rumen papillary development in Mongolian gazelle (*procapra gutturosa* Pallas). *Ecological Research*, 18, 65-72
- Kaminski, M. (1978). The biochemical evolution of the horse. *Comp. Biochem. Physiol*, 63B, 175-178.
- Kay, R.N.B. (1987). Weights of salivary glands in some ruminant animals. *J. Zool. (Lond)*, 211, 431-436.
- Macdonald, D.W. (1984). (1985). *The encyclopedia of mammals*. Oxford University Press. New York.
- MacFadden, B.J. (1986). Fossil horses from “Eohippus” (Hyracotherium) to Equus: scaling, Cope’s law, and the evolution of body size. *Paleobiology*, 12, 355-369.
- MacFadden, B. J. (1992). *Fossil horses. Systematics, Paleobiology, and evolution of the family Equidae*. Cambridge University Press. 369 bls.
- MacFadden, B.J. & Cerling, T.E. (1994). Fossil horses, carbon isotopes and global change. *TREE*, 9, 481-486.
- Mandel, I. D., Thompson, R. H. & Ellison, S. A. (1965). Studies on the mucoproteins of human parotid saliva. *Arch. Oral. Biol.*, 10, 499-507
- Martuzzi, F., Catalano, A.L. & Sussi, C. (2001). Characteristics of horse meat consumption and production in Italy. *Fac. Med. Vet.*, 1, 213-223.
- Mau, M., Sudekum, K.H., Johann, A., Sliwa, A. & Kaiser, T.M. (2009). Saliva of the gibbon *theropithecus gelada* lacks proline-rich proteins and tannin-binding capacity. *American journal of primatology*, 71, 663-669.
- McArthur, C., Sanson, G.D. & Beal, A.M. (1995). Salivary proline-rich proteins in mammals: roles in oral homeostasis and counteracting dietary tannin. *J. Chem. Ecol.*, 21, 663-691.
- Mehanso, H., Hagerman, A., Clements, S., Butler, L., Rogler, J. & Carlson, D.M. (1983). Modulation of proline-rich protein biosynthesis in rat parotid glands by sorghums with high tannin levels. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 80, 3948-3952
- Mehanso, H., Ann, D.K., Butler, L.G., Rogler, J. & Carlson, D.M. (1987). Induction of proline-rich proteins in hamster salivary glands by isoproterenol treatment and an unusual growth inhibition by tannins. *J. Biol. Chem.*, 262, 12344-12350.
- Mehanso, H., Butler, L. G. & Carlson, D. M. (1987). Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: Interactions, Induction, and defense Mechanisms. *Ann. Rev. Nutr.*, 7, 423-440.

- Owen-Smith, N. (1997). Distinctive features of the nutritional ecology of browsers versus grazing Ruminants. *Proceedings*, 2, 176-191.
- Palo, R.T. (1984). Distribution of birch (*Betula spp.*), willow (*Salix spp.*) and poplar (*Populus spp.*) Secondary metabolites and their potential role as chemical defense against herbivores. *J. Chem. Ecol.*, 10, 499-519.
- Pough, F.H., Janis, C.M. & Heiser, J.B. (2005). *Vertebrate life*. 7. Útg. Pearson Printice Hall. New Jersey.
- Provenza, F.D. & Malechek J.C. (1984). Diet selection by domestic goats in relation to the blackbrush twig chemistry. *J Appl Ecol.*, 21, 831-841
- Radinsky L. (1984). Ontogeny and phylogeny in horse skull evolution. *Evolution, International journal of organic evolution*, 38, 1-15.
- Robbins, C.T., Mole, S., Hagerman, A.E. & Hanley, T.A. (1987). Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion? *Ecology*, 68, 1606-1615.
- Robbins, T.C., Spalinger, D.E. & van Hoven, W. (1995). Adaption of ruminants to browse and grass diets: are anatomical-based browser-grazer interpretations valid? *Oecologia*, 103, 208-213.
- Shimada, T. (2006). Salivary proteins as a defense against dietary tannins. *J. Chem. Ecol.*, 32, 1149-1163.
- Short R. V. 1975. The evolution of the horse. *J. Reprod. Fert., Suppl.*, 23, 1-6.
- Steinunn Anna Halldórsdóttir & Anna Guðrún Þórhallsdóttir (2004). Hrossabeit í skógræktargirðingu. *Fræðaging landbúnaðarins*, 2004. 367-370.
- Swain, T. (1977). Secondary compounds as protective agents. *Am. Rev. Plant physiol*, 28, 479-501
- Swain, T. (1979). Tannins and lignins, p. 657-682, Í: G.A. Rosenthal and D.H. Janzen (ritstj.). *Herbivores: Their interaction with plant metabolites*. Academic Press, New York.
- Vilà, C., Leonard, J.A., Götherström, A., Marklund, S., Sandberg, K., Lidén, K., Wayne, R.K. & Ellegren, H. (2001). Widespread origins of domestic horse lineages. *Science*, 291, 474-477.
- Zucker, W.V. (1983). Tannins: does structure determine function? An ecological perspective. *Am.Nat.*, 121, 335-365.