



Kandidaatintutkielma

EGUS ja hevosen ruuansulatuskanavan bakteerikanta

Annastiina Rytönen

Oulun yliopisto  
Biokemian ja molekyyli lääketieteen tiedekunta  
2017

# Sisällysluettelo

Sisällys

Käytetyt lyhenteet

## I KIRJALLISUUSTUTKIELMA

1. Johdanto	4
2. Hevosen ruuansulatuskanava	5
2.1. Suu ja mahalaukku	5
2.2. Ohut- ja paksusuoli	6
3. Equine Gastric Ulcer Syndrome, EGUS	7
4. Mahan bakteerikanta terveellä hevosella	9
4.1. <i>Firmicutes</i> -pääjakson bakteerit	11
4.2. <i>Bacteroidetes</i> -pääjakson bakteerit	12
4.3. <i>Proeobacteria</i> -pääjakson bakteerit	12
5. Mahan bakteerikanta sairaalla hevosella	13
5.1. <i>Escherichian</i> kaltaiset bakteerit	14
5.2. <i>Enterococcus</i> -lajit	14
5.3. <i>Helicobacter</i> -lajit	15
6. Hevosen ruokavalion vaikutus	15
6.1. Tärkkelys	17
6.2. Fruktaanit	19
7. Hoito	20
8. Kirjallisuusviitteet	22

## II liite: TIEDETTÄ POPULARISOIVA ESITYS

Otsikko: Hevosen ruuansulatuskanavan bakteereista kannattaa pitää huoli: terve bakteerikanta voi ehkäistä myös mahahaavaa

Toteutus: Lehtiartikkeli

## Käytetyt lyhenteet

BW	Body weight, ruumiinpaino
EGGD	Equine glandular gastric disease, mahalaukun alaosan haavaumasairaus
EGUS	Equine gastric ulcer syndrome, hevosen vatsahaavaoireyhtymä
ESGD	Equine squamous gastric disease, mahalaukun yläosan haavaumasairaus
GIT	Gastrointestinal track, ruuansulatuskanava
OTU	Operational taxonomic unit, operatiivinen taksonominen yksikkö. Tapa luokitella läheistä sukua olevia mikro-organismeja taksonomisiin ryhmiin.
VFA	Volatile fatty acid, lyhytketjuinen rasvahappo

## 1. Johdanto

Hevosen ruuansulatuskanava on hyvin uniikki. Hevosen maha on pieni verrattuna muihin saman kokoisiin nisäkkäisiin ja vapaasti laiduntava hevonen käyttääkin lähes puolet vuorokaudestaan syömiseen. Hevosen ruuansulatuskanava on kehittynyt hyödyntämään kuitupitoisen ja matalaenergisien ruuan ravintoaineet, joten paljon fermentoituvia hiilihydraatteja sisältävä ruokavalio voi muuttaa mahan olosuhteita ja bakteerikantaa joskus niinkin rajusti, että eläin sairastuu. (Perkins *et al.* 2012)

Mahahaavat ovat hevosten yleisimpiä sairauksia ja niistä kärsii lähteestä riippuen 53-93 % täysikasvuisista kesyhevosista (Begg & O'Sullivan 2003, Perkins *et al.* 2012). Mahahaavaan liittyy usein ähkyjä, painon laskua ja suorituskyvyn heikkenemistä, mutta monet kilpahevokset sairastavat sitä täysin oireettomana (Perkins *et al.* 2012). Suurin osa aikuisten hevosten mahahaavoista esiintyy mahan limakalvon pintakerroksessa ruokatorvessa, mahalaukussa, mahanportissa tai pohjukaissuolessa (Dong *et al.* 2016, Perkins *et al.* 2012).

Mahan happopitoisuuden nousu ja hapolta suojaavan limakalvon heikkeneminen edistävät usein mahahaavan syntyä. Mahan happopitoisuutta ja siten pH:ta voivat nostaa esimerkiksi kasvanut suolahapon erityys sekä VFA:t, joita syntyy käymisreaktioissa bakteerien hajottaessa väkirehua. (Perkins *et al.* 2012)

Kasvinsyöjillä ruuansulatuskanavan mutualistinen mikrobikanta osallistuu suurelta osin ravintoaineiden muuttamiseen käytettävään muotoon, jolloin kannalla on myös suuri merkitys eläimen terveyden, kasvun ja selviytymisen kannalta. Tyypillisesti kasvinsyöjän ruuansulatuskanavan mikrobikanta koostuu bakteereista, arkeista, alkueläimistä ja fungeista (St-Pierre *et al.* 2012). Suurinta osaa hevosen mahasta hallitsevat vain tiettyihin lajeihin kuuluvat bakteerit. 92,7 % mahan bakteerikannasta koostuu *Firmicutes*-, *Proteobacteria*-, *Bacteroidetes*- ja *Actinobacteria*-pääjaksoista (Dong *et al.* 2016). Terveen hevosen mahan limakalvojen mikrobiomista tiedetään hyvin vähän, eikä mikrobiomin vaikutusta mahan sairauksiin ole kattavasti tutkittu.

*Helicobacter*-lajit ovat riskitekijöitä esimerkiksi ihmisen mahahaavan synnyssä (Shio-tani & Graham 2002). Hevosen mahasta tätä bakteeria ei kuitenkaan monissa tutkimuksissa ole löydetty lainkaan tai löydökset eivät ole korreloineet mahahaavan esiintymisen kanssa (Bezdekova & Futas 2009, Dong *et al.* 2016, Husted *et al.* 2010). Muilla mikrobeilla voi sen sijaan olla vaikutusta mahahaavan syntyyn, sillä Randwickin Equine Centerissä vuonna 2003 tehdyssä tutkimuksessa havaittiin mahalaukun limakalvon haavaumien olevan usein vakavampia kuin mahanportin (Begg & O'Sullivan 2003). Tämä on mielenkiintoinen havainto, sillä monet tekijät suojaavat mahalaukun limakalvoa hapolta, ja viittaa siis muiden tekijöiden, esimerkiksi joidenkin mahalaukun bakteerien olevan riskitekijöitä mahahaavan synnyssä.

## 2. Hevosen ruuansulatuskanava

Hevonen on aroeläin ja sen luonnollinen ruokavalio koostuu lähinnä vähäenergisistä ja kuitupitoisista kasveista, kuten ruohosta. Hevonen ei ole märehittäjä ja sillä on yksiosainen maha, toisin kuin monilla samankokoisilla nisäkkäillä. Hevosen mahalaukku on pieni, vain noin 8-15 litraa. Muilla saman kokoisilla nisäkkäillä, esimerkiksi naudalla tilavuus voi olla 10 kertaa suurempi. (Autio 2015)

### 2.1. Suu ja mahalaukku

Ruuansulatus alkaa suussa, jossa ravinto hienonneitaan hampailla partikkeleiksi ja ravintomassa sekoittuu sylkeen, jota hevonen erittää noin 10-12 litraa vuorokaudessa. Hevosen sylki ei sisällä ruuansulatusentsyymejä, mutta syljen sisältämä bikarbonaatti neutraloi rehumassan ja suojaa mahalaukkuun happamoitumiselta. Sylkeä erittyy sitä enemmän, mitä suurempi karkean rehun, esimerkiksi heinän osuus ruuasta on, jolloin myös mahalaukkuun suojaavaa bikarbonaattia kulkeutuu ruuan mukana mahalaukkuun enemmän. (Autio 2015)

Mahalaukkuun rehumassa kulkeutuu 1-1,5 metrin mittaista ruokatorvea pitkin. Ruokatorven limakalvolla oma bakteerikanta, jota kulkeutuu myös mahaan (Autio 2015). Suurimmaksi osaksi ruokatorven mikrobit ovat fakultatiivisia anaerobisia, eli happea ja nitraattia hyödyntäviä lajeja, kuten streptokokkeja, sekä *Prevotella*-, *Fusobacterium*- ja *Actinobacillus equuli*-lajeja. Enterobakteereista ruokatorven limakalvolta on löydetty *Escherichia coli* ja *Pantoea*-lajeja, kuitenkin pienemmissä määrin kuin streptokokkeja (Mayer *et al.* 2010). Mahan ja ruokatorven välissä on vahva sulkijalihas, joka estää kaasun ja ravinnon takaisinpääsyn ruokatorveen, eikä hevonen näin ollen pysty röyhtäilemään tai oksentamaan (Autio 2015).

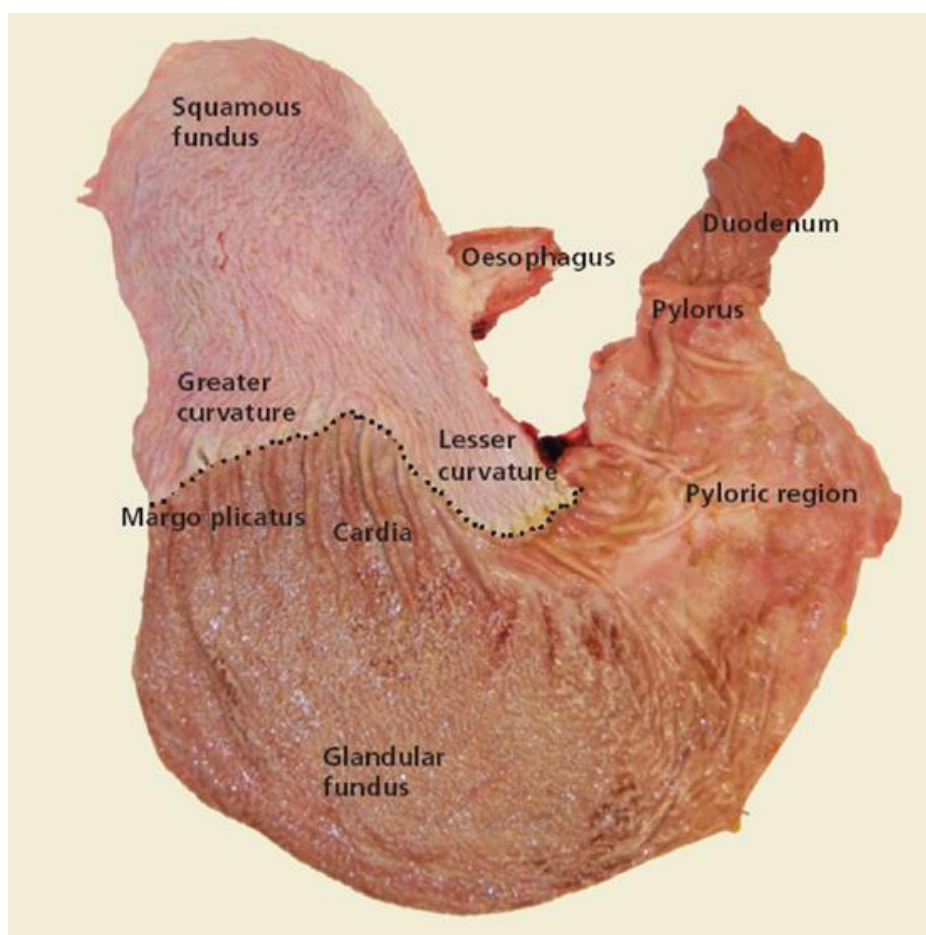
Hevosen mahalaukku on sopeutunut jatkuvaan syömiseen ja on siksi pieni ja suhteellisen joustamaton. Rehumassa viipyy mahalaukussa noin 3 tuntia, mutta tyhjeneminen hidastuu ruokailun loputtua, jolloin mahalaukku on harvoin kokonaan tyhjä. Vesi sen sijaa siirtyy ohutsuoleen suhteellisen nopeasti. (Autio 2015)

Mahalaukun yläosa on sileää limakalvoa, jolla bakteeritoiminta hajottaa rehun sisältämiä sokereita, esimerkiksi tärkkelystä ja tuottaa laktaattia. Ohut limakalvo kestää happea huonosti ja siksi mahalaukun yläosa on erityisen altis haavaumille (Autio 2015). Yläosan ohuen limakalvon ja alaosan erittävän osan erottaa *margo plicatus*, poimuttunut limakalvoraja (Merritt 2003).

Mahalaukun alaosa, rauhasmaha on paksun limakalvon peittämä ja erittää jatkuvasti hapanta mahanestettä (Autio 2015). Rauhasmaha koostuu kolmesta osasta: Mahansuusta, joka on ohut kaistale *marco plicatuksen* alla; mahanpohjasta, jossa on suolahappoa, sekä pepsiiniä ja lipaasia tuottavia soluja ja enterokromaffiinin kaltaisia soluja, jotka tuottavat histamiinia vastena gastriini-

signaaliin; sekä mahaportista, jonka G-solut tuottavat gastriinia. Gastriinin tuottoa vähentävää somatostatiinia tuottavia D-soluja on sekä mahanpohjassa että mahaportissa (Merritt 2003). Mahalaukun ja osat on esitetty kuvassa 1.

Hevosen mahalaukku ei ole bakteereille tai muillekaan mikro-organismeille helppo ympäristö. Koska luonnossa hevonen kuluttaa suurimman osan vuorokaudesta syömiseen, se myös tuottaa mahahappoa jatkuvasti. Mahalaukun pH on ympäri vuorokauden noin 1-3, jolloin vain hyvin sopeutuneet kannat selviävät ja lajien diversiteetti on rajallinen. Ekosysteemissä elää lähinnä anaerobisia bakteereja, kuten *Lactobacilli*- ja *Streptococcus*-kantoja, jotka tuottavat laktaattia hiilihydraattien fermentaatioreaktioissa. Mahassa elää todennäköisesti myös jonkin verran hiilihydraatteja lyhytketjuisiksi rasvahapoiksi fermentoivia bakteereita, vaikka ne ovatkin herkempiä alhaiselle pH:lle. (Husted *et al.* 2010, Merritt 2003)



**Kuva 1.** Hevosen mahalaukku. Ruokatorvi liittyy mahalaukkuun pienemmän kaarteen (lesser curvature) puolella. Mahalaukun yläosan sileän limakalvon (squamous) ja alaosan paksun limakalvon (glandular) erottaa *margo plicatus*. Mahaportti (pylorus) avautuu pohjukaissuoleen (duodenum). (Kuva lähteestä Sykes *et al.* 2015, teksti lähteestä Autio 2015 ja Merritt 2003)

## 2.2. Ohut- ja paksusuoli

Mahalaukusta rehumassa siirtyy ohutsuoleen, jossa massan sulaminen jatkuu haiman entsyymien ja sappinesteen vaikutuksesta. Jatkuvaan syömiseen sopeutuneilla hevosilla sekä haiman entsyymien, että maksan sappinesteen tuotanto on jatkuvaa. Ohutsuolessa pilkkoutuvat hiilihydraatit, rasvat ja suuri osa proteiineista. (Autio 2015)

Haimanesteen entsyymeillä on todennäköisesti tärkeä merkitys ruokamassan valmistelussa mikrobiologiseen hajotukseen paksu- ja umpisuoleessa. Esimerkiksi bikarbonaattipitoisuus nousee ohutsuolen loppupäätä kohden (Merritt 2003). Tärkkelystä pilkkovaa  $\alpha$ -amylaasia sen sijaan on hevosen ohutsuolessa melko vähän, eikä tärkkelyksen määrä ruokintakerralla ei saisi ylittää 100 g/100 elopainokilogrammaa, jotta ohutsuolessa pilkkoutumaton tärkkelys ei kulkeutuisi paksusuoleen (Autio 2015). Ohutsuolessa mikrobikasvusto keskittyy lähinnä limakalvojen pinnoille suolen sisällön ollessa lähinnä nestemäistä (Ericsson *et al.* 2016).

Paksusuoleessa tapahtuu suurin osa nesteen sisäänotosta, jolloin sen sisältö on jo paljon ohutsuolen sisältöä kiinteämpää. Suolen sisällössä on myös paljon enemmän mikrobeja (Ericsson *et al.* 2016). Paksu- ja umpisuolen fermentoivat bakteerit ja alkueläimet hajottavat selluloosan, hemiselluloosan sekä ohutsuolessa pilkkoutumatta jääneen tärkkelyksen ja proteiinit. Kuidut hajotetaan lyhytketjuisiksi rasvahapoiksi, VFA:ksi, kuten asetaatiksi, butyraatiksi ja propionaatiksi, joilla suurimmaksi osaksi karkearehulla ruokittu hevonen voi tyydyttää 75 % päivittäisestä energiantarpeestaan. Optimaalinen mikrobi- ja entsyymitoiminta ja imeytyminen suolessa varmistetaan monin tavoin, esimerkiksi lisäämällä jo aiemmin mainitun puskurin, bikarbonaatin pitoisuutta ja näin pitämällä pH:n noin 6,5:ssä, sekä pitämällä suolapitoisuus tasaisena ja suoli hapettomana (Autio 2015, Merritt 2003). Tärkkelyksestä suolistomikrobit muodostavat maitohappoa, joka laskee suolen pH:ta. Happamuuden lisääntyminen voi johtaa bakteerikannan muutoksiin, sekä erilaisiin ruuansulatuselimistön häiriöihin, kuten ähkyyn ja kaviokuumeeseen (Autio 2015).

## 3. Equine gastric ulcer syndrome (EGUS)

Termiä equine gastric ulcer syndrome (EGUS) käytetään kuvaamaan hevosen mahan, yleensä ruokatorven, mahalaukun ja pohjukaissuolen eroosiota ja haavautumista aiheuttavaa sairautta yleisesti. Termeillä equine squamous gastric disease (ESGD) ja equine glandular gastric disease (EGGD) voidaan kuvata tarkemmin haavaumien sijaintia. ESGD kuvaa mahalaukun yläosan sileän limakalvon eroosiota ja haavaumia, kun taas EGGD:ssä eroosiota tapahtuu mahalaukun alaosan paksulla, mahanestettä erittävällä limakalvolla. (Sykes *et al.* 2015)

ESGD jaetaan kahteen luokkaan sairauden ensisijaisuuden perusteella: Ensisijaisessa ESGD:ssä hevosen ruuansulatuskanava on muutoin normaali. Toissijaisen ESGD johtuu muista ruu-

ansulatuskanavan fysiologisista häiriöistä, kuten mahaportin ahtaumasta. EGGD luokitellaan joko sijainnin (mahansuu, mahanpohjan, mahanportin soppa tai mahanportti) tai kuvailun perusteella, jolloin tarkastellaan haavaumien levinneisyyttä (pesäkkeinen – monipesäkkeinen - hajanainen), vakavuutta (lievä – kohtalainen – vakava) tai ulkonäön (litteä ja verta vuotava – litteä, märkivä ja fibriiniä sisältävä – kohonnut ja verta vuotava – kohonnut, märkivä ja fibriiniä sisältävä – painunut ± verihyytymä – painunut, märkivä ja fibriiniä sisältävä). (Sykes *et al.* 2015)

EGUS:n, samoin kuin ESGD:n ja EGGD:n yleisyys riippuu rodusta, eläimen käyttötarkoituksesta ja harjoittelun intensiteetistä. ESGD:n esiintyvyys on suurinta täysiverisillä, joista siitä kärsii 37 % harjoittamattomista ja 80-100 % kilpailuja varten harjoitetuista hevosista. Amerikanravureilla esiintyvyys on yleisesti 44 %, ja nousee harjoittelun lisääntyessä 87 %:iin. Lännenratsuilla esiintyvyys on 17-58 % ja matkaratsuilla 48 %, nousten kisakaudella 66-93 %:iin. Harvoin kilpailuilla harrastehevosilla esiintyvyys on 11 % luokkaa. EGGD:n esiintyvyys on vähemmän tunnettu, mutta esiintyvyys ilmeisesti nousee rasituksen lisääntyessä samoin kuin ESGD:n, ollen kilpahevosilla noin 64 % ja harrastehevosilla 54 %. Joitain yhteyksiä haavaumien esiintymisen tai vakavuuden ja sukupuolen sekä iän välillä on myös joissain tutkimuksissa havaittu, mutta niiden ei ole todettu olevan yleispäteviä. (Sykes *et al.* 2015)

Karkean rehun määrän rajoittamisen tai väärän laatuksen rehun, kuten oljen, harvojen ruokintakertojen sekä rehun suuren tärkkelys- tai viljapitoisuuden on huomattu nostavan hevosen riskiä sairastua ESGD:hen. Samoin juomisen rajoittamisen on huomattu nostavan riskiä. (Sykes *et al.* 2015)

Vaikka EGUS voi olla täysin oireeton, suurin osa hevosista oireilee jollain tavalla. Oireiden vakavuus voi korreloida haavaumien ilmenemisen, vakavuuden ja sijainnin kanssa. Oireita voivat olla esimerkiksi ruokahaluttomuus, yleiskunnon lasku, karvapeitteen huono kunto, suorituskyvyn lasku ja käytöksen muuttuminen. EGUS voi olla myös suoraan yhteydessä muihin sairauksiin, kuten krooniseen ripuliin ja ähkyihin. ESGD voi esimerkiksi oireilla samalla tavalla kuin ähky, esimerkiksi aterianjälkeisinä vatsakipuina, tai altistaa ähkyille muuttamalla suoliston liikkeitä. Sen sijaan mekanismeja ripulin ja vatsalaukun haavaumien yhteydelle ei tiedetä, mutta molemmat voivat esiintyä muiden sairauksien oireina. (Sykes *et al.* 2015)

Mahahaavan, lähinnä ESGD:n syntyä edistävät monet mahan limakalvon hapolle altistavat tekijät. Limakalvon solut altistuvat suolahapon ja VFA:n aiheuttamille vaurioille pH:sta, ajasta ja hapon määrästä riippuen. Suolahappo vahingoittaa ulointa solukerrosta ja imeytyy lopulta limakalvon epidermiksen sisempiin soluihin, *stratum spinosumiin*, aiheuttaen haavauman. Suolahapon kanssa syöpymistä aiheuttavat myös sokereiden fermentaatioreaktioissa syntyneet VFA:t, maitohappo ja sappihapot. Kovassa harjoittelussa olevilla tai kilpailevilla hevosilla mahahaavariskiä lisää



käyntiä nopeammissa askellajeissa kohoava vatsaontelon paine. Paine työntää mahalaukun happopitoista sisältöä ylöspäin, mikä lisää haavaumien levinneisyyttä, vakavuusastetta ja määrää. Esimerkiksi korkean tason matkaratsuilla ESGD:n vakavuus on suoraan verrannollinen ratsastettuihin matkoihin. (Sykes *et al.* 2015)

EGGD:n syntyyn sen sijaan uskotaan tarvittavan jokin limakalvon luontaisen suojausmekanismin rikkova tekijä. Rauhasmahan limakalvo on paksua ja sillä on suojanaan alhaiselta pH:lta suojaava kerros. Ihmisellä tämän kerroksen rikkoutumisen voivat aiheuttaa esimerkiksi *Helicobacter pylori* tai steroideihin kuulumattomat tulehduskipulääkkeet (NSAID, non-steroidal anti-inflammatory drugs), mutta hevosella mekanismeja ei tunneta. (Sykes *et al.* 2015)

Mahalaukun bakteerikannan vaikutus EGUS:n syntyyn on epäselvä. Sekä omat mutualistiset bakteerit, että patogeenit näyttäisivät edistävän ESGD:n syntyä mutualististen bakteerien tuottaessa VFA:ita ja maitohappoa suolahapon vaikutusta tehostamaan. Bakteerikannan vaikutuksesta EGGD:n syntyyn sen sijaan ollaan hyvin erimielisiä, sillä *Helicobacter*-lajien kaltaisia organismeja on joissain tutkimuksissa hevosilta löydetty, toisissa taas ei. (Sykes *et al.* 2015)

#### **4. Mahan bakteerikanta terveellä hevosella**

Hevosen ruuansulatuskanava jakautuu mikrobikannan perusteella selvästi kahteen osaan: Mahalaukun, tyhjäsuoelen ja sykkyräsuolen muodostamaan alkupäähän, jossa kannan vaihtelu on voimakasta niin yksilöiden välillä kuin kanavan osissakin, sekä paksu- ja umpisuolen muodostamaan loppupäähän, jossa kanta on melko stabiili yksilöstä ja suolen osasta riippumatta. (Ericsson *et al.* 2016)

Hevosen ruuansulatuskanavan alkupään, mahalaukun, tyhjäsuoelen ja sykkyräsuolen, mikrobikannan on huomattu tutkimuksissa muuntelevan paljon yksilöiden välillä. (Ericsson *et al.* 2016) Kuten jo aiemmin mainittu, näissä ruuansulatuskanavan osissa rehumassan hajottaminen tapahtuu pääosin happojen ja entsyymien avulla, joskin fermentaatioreaktioita tapahtuu jo jonkin verran mahalaukun yläosassa. Ruuansulatuskanavan alkupää on myös helpommin ulkoisten tekijöiden vaikutuksen alaisena, esimerkiksi ympäristössä esiintyvää *α-Proteobacteria*:a on löydetty myös hevosen mahalaukusta ja ohutsuoesta. (Ericsson *et al.* 2016)

Paksusuoleessa tapahtuu selluloosan pilkkominen VFA:ksi ja siten myös suurin osa energiantuotannosta, ja terveen paksusuolen mikrobikannan onkin huomattu olevan melko yhdenmukainen yksilöiden välillä. (Ericsson *et al.* 2016)

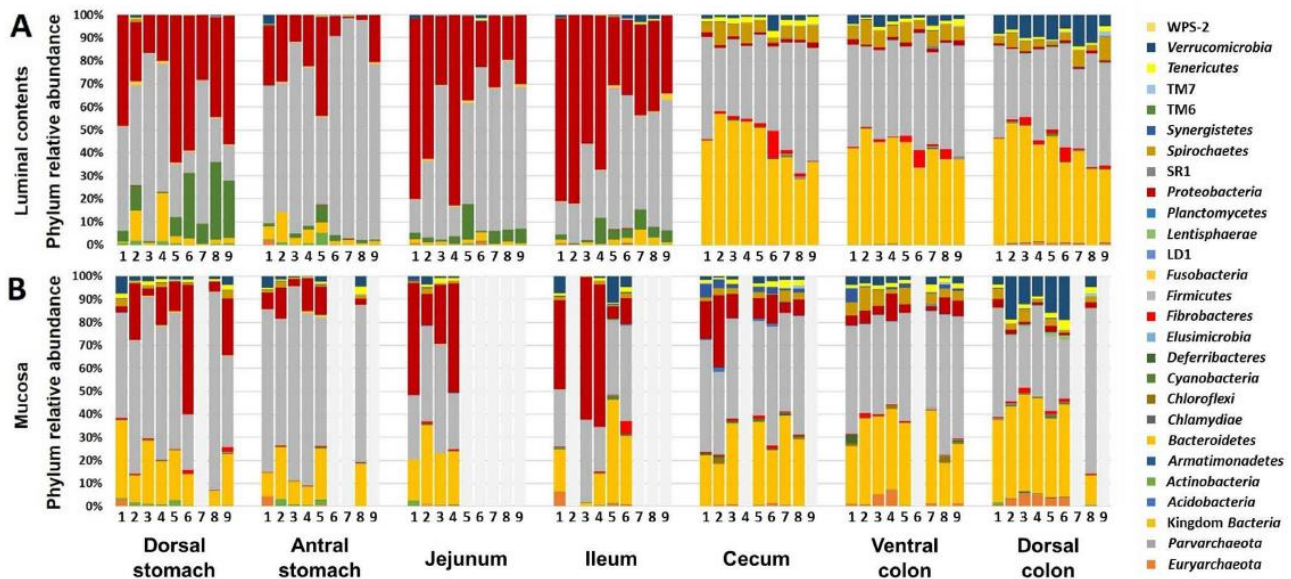
Ruuansulatuskanavan osien sisällön ja limakalvon pinnoilla esiintyvien mikrobien vaikutus isäntäeliöön on usein erilainen. Limakalvojen pinnoilla kasvava mikrobisto vaikuttaa isäntäeliöön suoraan, esimerkiksi limakalvon imukudoksen M-solujen välittämän transsytoosin kautta. Suolen sisällön mikrobit taas voivat esimerkiksi tuottaa VFA:ita ja sekundäärisiä sappihappoja ja vaikuttaa

siten olematta suorassa kontaktissa isäntäeliön epiteeliin. On siis tärkeää erottaa limakalvolla ja suolen sisällössä kasvavat mikrobikannat, sillä suolessa limakalvon mikrobeja suurempi merkitys voi ollakin suolen sisällön mikrobien aineenvaihduntatuotteilla. Tällöin voidaan myös todeta, etteivät ulostenäytteet ole välttämättä paras tapa kerätä informaatiota ruuansulatuskanavan mikrobiomista. (Ericsson *et al.* 2016)

Mahalaukun dorsaaliselältä, eli selänpuoleiselta limakalvolta löydetyn mikrobiston rikkaus vastaa paksusuolesta löydettyjen pääjaksojen määrää. Mahalaukusta lajimäärä laskee tasaisesti seuraavissa ruuansulatuskanavan osissa, kunnes nousee taas paksusuoleen tultaessa. Ruuansulatuskanavan alkupään sisällöstä on löydetty 27 pääjakson mikrobeja, joista suurinta osaa edustavat *Proteobacteria*- ja *Firmicutes*-jaksot ja hieman pienemmässä määrin *Cyanobacteria*- ja *Bacteroidetes*-jaksot. Paksusuolen alkuun tultaessa dominoiviksi jaksoiksi nousevat *Firmicutes* ja *Bacteroidetes*. Paksusuolen keskivaiheilta ja umpisuolesta on löydettävissä myös merkittävässä määrin *Verrucomicrobia*-, *Tenericutes*-, *Spirochaetes*- ja *Fibrobacteres*-pääjaksojen bakteereja. Limakalvolla esiintyvien mikrobien kannan muuttuminen ruuansulatuskanavan alkupäästä loppupäähän on huomattavasti vähäisempää ja *Cyanobacteria*-jaksoa lukuun ottamatta kaikki edellä mainittuja jaksoja löytyy myös jokaisesta ruuansulatuskanavan osasta. (Ericsson *et al.* 2016) Terveen hevosen ruuansulatuskanavan bakteerikanta pääjaksoittain on esitetty kuvassa 2.

Taksonitasolla ruuansulatuskanavan alkupään sisällössä ja limakalvolla elää hyvin samantapainen kanta, johon kuuluu *Lactobacillus*-, *Streptococcus*-, *Actinobacillus*- ja *Sarcina*-lajeja, sekä luokittelemattomia *Enterobacteriaceae*-heimon ja *Streptophyta*-lahkon lajeja. Lajien esiintyvyys vaihtelee yksilöiden ja kanavan osien välillä huomattavasti. (Ericsson *et al.* 2016)

Paksu- ja umpisuolen kanta on yksilöiden välillä paljon stabiilimpi niin suolen sisällön kuin limakalvonkin osalta, eikä mikään lajeista ole määrällisesti kovin dominoiva. Kanta eroaa jyrkästi ruuansulatuskanavan alkupäästä, ja siihen kuuluu luokittelemattomia *Bacteroidales*- ja *Clostridiales*-lahkojen; *Lachnospiraceae*-, *Ruminococcae*-, RF16- ja RFP12-heimojen ja CF231-suvun lajeja, sekä lajeja *Prevotella* ja *Treponema*. Myös paksu- ja umpisuolen taksonitason kanta on hyvin samanlainen suolen sisällössä ja limakalvolla, lukuun ottamatta *Desulfofibrio*-lajia, jota esiintyy suurimmassa määrin umpisuolen limakalvolla, sekä luokittelemattomia *Chlostridiales*-lahkon lajeja ja *Treponema*-lajia, joiden määrä puolestaan on umpisuolen limakalvolla pienempi. (Ericsson *et al.* 2016) Terveen hevosen ruuansulatuskanavan alkupään bakteerikanta lajeittain on esitetty kuvassa 3.



**Kuva 2:** Terveen hevosen mahan mikrobikanta pääjakoittain kussakin ruansulatuskanavan osassa. Kuvassa A ruansulatuskanavan sisällön mikrobikannan suhteelliset esiintyvyydet prosentteina pääjakoittain. Kuvassa B ruansulatuskanavan limakalvon mikrobikannan suhteelliset esiintyvyydet prosentteina pääjakoittain. (Kuva ja teksti: Ericsson *et al.* 2016)

Ruokinnalla voi olla suuri vaikutus mahan bakteerikantaan terveelläkin hevosella. Ruotsin maatalousyliopiston tutkimuksessa pelkkää ravinnerikasta heinää syöville hevosilla ruansulatuselimistön häiriöihin liitettyjen bakteerien määrä ulostenäytteissä oli huomattavasti alhaisempi kuin niillä hevosilla, jotka söivät lisäksi kauraa, soijaa ja vehnäleseitä, siis runsaasti tärkkelystä sisältävää väkirehua. *Streptococcus bovis*- ja *S. equinus*-maitohappobakteereja esiintyi huomattavasti vähemmän pelkkää heinää syöville hevosilla, eikä tämän ryhmän ulostenäytteistä löytynyt lainkaan *Lactobacillus ruminista*. Todennäköisesti ainakin osittain tästä johtuen pelkällä heinällä ruokittujen hevosten ulostenäytteiden pH oli hieman korkeampi, kuin väkirehulla ruokituilla. (Willing *et al.* 2009)

#### 4.1. *Firmicutes*-pääjakson bakteerit

Suurin osa ruansulatuskanavan *Firmicutes*-suvun bakteereista on grampositiivisia, itiöitä muodostavia rodeja ja ne jaotellaan anaerobiseen *Clostridia*- ja obligatiivisiin tai fakultatiivisiin aneroobeihin kuuluvaan *Bacilli*-sukuun. Esimerkiksi *Sarcina*-lajit kuuluvat *Clostridia*-sukuun. *Bacilli*-sukuun kuuluvat *Streptococcus*- ja *Lactobacillus*-lajit. (Sharmin *et al.* 2013)

Hevosen mahan *Firmicutes*-jakson bakteereista suurin osa on *Streptococcus*-, *Lactobacillus*- ja *Sarcina*-sukujen lajeja. *Streptococcus*-sukua esiintyy muita enemmän mahalaukun ruuhasosassa ja suurta osaa mahalaukun ja pohjukaissuolen limakalvosta hallitsevatkin *Bacillit* (Costa *et al.* 2015, Perkins *et al.* 2012). Guelphin yliopiston tutkimuksen mukaan *Firmicutes*-jaksosta yleisimpiä lajeja ovat *Lysinibacillus*, *Carnobakterium* ja *Bacillus* (Costa *et al.* 2012). Pohjukaissuolessa kanta koostuu lähinnä *Streptococcus*- ja *Lactobacillus*-lajeista johtuen todennäköisesti ympäristön spesifisistä digestioentsyymeistä ja mahalaukkuun nähden nousevasta pH:sta (Costa *et al.* 2015).

*Firmicutes*-jakson bakteerien tehtävä hevosen ruuansulatuskanavassa on toimia hiilihydraattien hajotuksessa käymisteitse. Mahalaukussa tässä tehtävässä toimivat lähinnä *Streptococcus*- ja *Lactobacillus*-lajit, jotka tuottavat mahan hapettomissa oloissa maitohappoa suoraan pyruvaatista. Energiantuotantoon nämä bakteerit käyttävät lähinnä tärkkelystä hajottamalla sen glukoosiksi, maltoosiksi tai muiksi tuotteiksi amylaasien avulla. (Prescott *et al.* 1996 s.175-178)

*Clostridia*-suvun bakteerit tuottavat sellulaasia, joka hydrolysoi selluloosaa sellobioosiksi ja glukoosiksi (Prescott *et al.* 1996 s.175-178). *Clostridia*-bakteerien määrän on huomattu korreloivan ähkyn esiintyvyyden kanssa niin, että terveillä hevosilla näiden bakteerien määrä on ulostenäytteissä, eli todennäköisesti paksusuolella suurempi kuin sairailta (Costa *et al.* 2012).

#### **4.2. *Bacteroidetes*-pääjakson bakteerit**

*Bacteroidetes*-pääjakson bakteerit ovat obligatiivisesti anaerobisia sauvoja, jotka eivät muodosta itiöitä ja voivat lajista riippuen olla aktiivisesti liikkuvia. Pääjakson lajit ovat kemoheterotrofeja ja muodostavat orgaanisia happoja käymisreaktioiden lopputuotteina. Lajeja elää useiden nisäkäslajien ruuansulatuskanavassa ja myös märehitijöiden pötsissä. (Prescott *et al.* 1996 s.429)

Kuvan 2 mukaan hevosen ruuansulatuskanavassa *Bacteroidetes*-lajeja esiintyy lähinnä paksusuolen sisällössä, mutta myös mahalaukun ja koko suoliston limakalvolla. Esiintyviä lajeja ovat esimerkiksi *Porphyromonas* ja *Prevotella*. (Dong *et al.* 2016)

*Firmicutes*-lajien tapaan myös nämä bakteerit hajottavat hiilihydraatteja, mutta *Bacteroidetes*-lajit tuottavat hiilihydraatteja muokkaavia entsyymejä laajemmin, ja pystyvätkin hajottamaan myös selluloosaa ja hemiselluloosaa glykosidaasien avulla (Thomas *et al.* 2011). Lopputuotteena syntyy paksusuolella talteen otettavia VFA:ita, kuten asetaattia, propionaattia ja butyraattia (Segal *et al.* 2017).

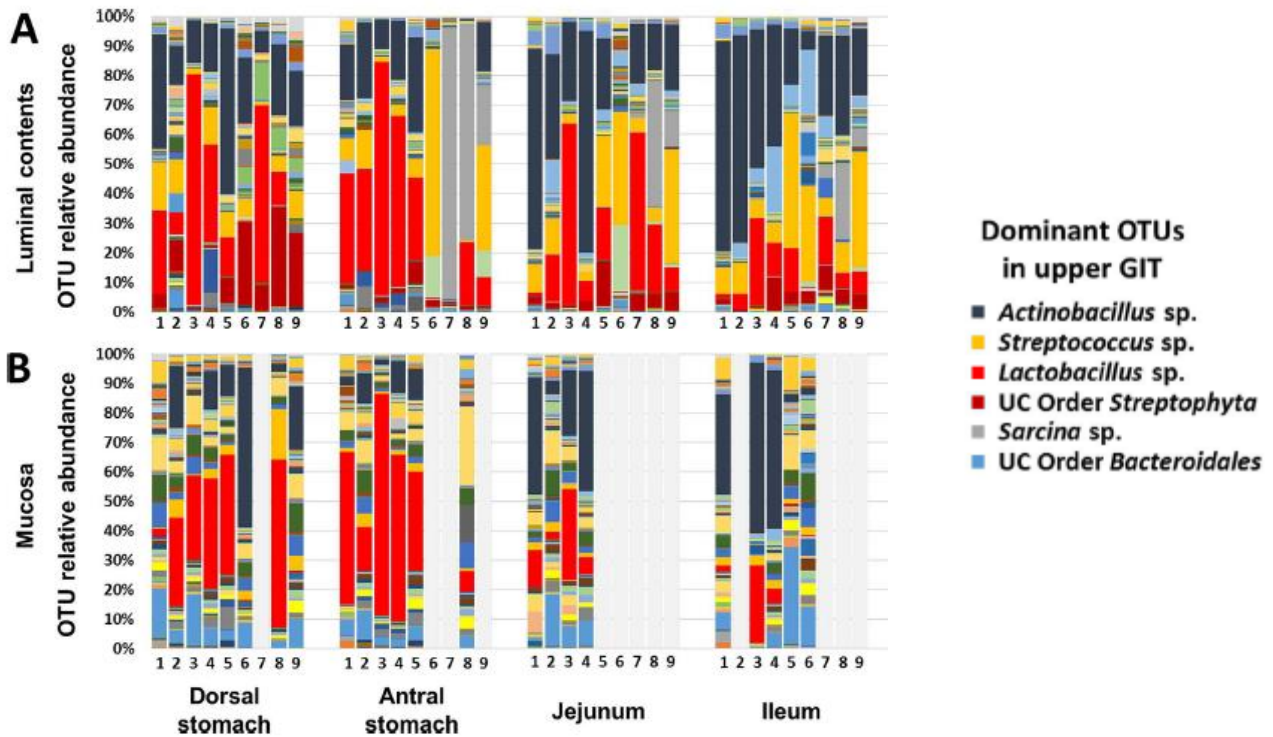
### 4.3. *Proteobacteria*-pääjakson bakteerit

*Proteobacteria*-pääjakson edustajat ovat laaja jakso erilaisia gramnegatiivisia sauvoja ja kokkeja (Madigan *et al.* 2003 s. 29-30), jotka pystyvät hyödyntämään eri energianlähteitä hyvin joustavasti. Hevosen suoliston oloissa nämä bakteerit hyödyntävät käymisreaktioita energiantuotannossa ja ovat siis anaerobisia kemo-organoheterotrofeja (Prescott *et al.* 1996 s.456-457).

*Proteobacteria*-lajien esiintyvyys on kuvan 2 mukaan suurinta hevosen ruuansulatuskanavan alkupään sisällössä ja häviää lähes täysin paksusuoleen tultaessa. *Actinobacillus*- ja *Enterobacter*-lajeja esiintyy mahalaukussa ja ohutsuolessa ja lisäksi umpisuolen limakalvolla esiintyy *Desulfovibrio*-lajeja (Dong *et al.* 2016, Ericsson *et al.* 2016).

Ruuansulatuskanavan hapettomissa oloissa *Proteobacteria*-lajit, kuten *Actinobacillus* ja *Enterobacter* tuottavat tarvitsemansa energian fermentoimalla glukoosia. Fermentaatiotuotteina syntyy orgaanisia happoja, kuten laktaattia, sukkiinaattia ja asetaattia (Madigan *et al.* 2003 s. 376). Umpisuoleessa *Desulfovibrio* käyttää sulfaatteja tai muita riken hapettuneita muotoja elektroninsiirtoketjussa tuottaen emäksisiä vetysulfideja (Prescott *et al.* 1996 s. 431).

Vaikka *Actinobacillus* esiintyy hevosen ruuansulatuksessa mutualistisena bakteerina, *A. equulin* tiedetään aiheuttavan varsoilla sepsistä, sekä ”sleepy foal disease” -nimistä tautia, johon voi liittyä esimerkiksi ripulia, aivokalvontulehdusta, keuhkotulehdusta ja munuaistulehdusta. Aikuisilla hevosilla se voi aiheuttaa sydämen sisäkalvon tulehdusta, aivokalvontulehdusta ja kohtutulehdusta, sekä luomisen. (Ashhurst-Smith *et al.* 1998)



**Kuva 3.** Terveen hevosen mahan mikrobikanta lajeittain ruuansulatuskanavan alkupään eri osissa. Kuvassa A ruuansulatuskanavan sisällön mikrobikannan suhteelliset esiintyvyydet prosentteina lajeittain. Kuvassa B ruuansulatuskanavan limakalvon mikrobikannan suhteelliset esiintyvyydet prosentteina lajeittain. (Muokattu kuva ja teksti lähteestä: Ericsson *et al.* 2016)

## 5. Mahan bakterikanta sairaalla hevosella

Kööpenhaminan yliopiston tutkimuksessa terveiltä ja haavaiselta limakalvolta visualisoidut bakteerit olivat keskimäärin samaa neljää morfologista tyyppiä: lyhyitä kokkimaisia sauvoja, yksittäisiä ja pitkäketjuisia sauvoja sekä suuria kokkimaisia bakteereja pareiksi jakautuneina. Eroja terveen ja haavaisen limakalvon bakterikannoissa kuitenkin löytyi terveen kannan koostuessa lähinnä *Lactobacillus salivarius* JMC 1231 (AB370881)- ja *Sarcina ventriculi* DSM 316 (X76650)-lajeista. (Husted *et al.* 2010)

Haavaumista löydettiin näiden lisäksi toista *L. salivarius*-kantaa, *L. salivarius* JMC 1231 (AF182725). Eräältä tutkituista hevosista löydettiin limakalvon haavaumien lisäksi mahatulehdus. Kokkien (*Enterococcus*) ja lyhyiden sauvojen (*Escherichian* kaltaiset, kuten *E. fergusonii*) huomattiin kolonisoituvan tulehtuneelle limakalvolle ja mahan limakalvon kuoppiin. Erityisesti lyhyet sauvat näyttivät hakeutuvan vahingoittuneisiin kohtiin ja niitä löydettiin myös epiteelisolujen ja neutrofiilisten granulosityttien sisältä. Kokit kolonisoituivat ensisijaisesti epiteelikudoksen pinnalle. Bak-

teerien huomattiin kolonisoituvan vain haavaisille alueille, eikä vastaavanlaista käytöstä havaittu terveellä limakalvolla (Husted *et al.* 2010). Myös Soulin kansallisen yliopiston tutkimuksessa streptokokkien huomattiin kolonisoituvan mahan limakalvon haavaumien läheisyyteen (Dong *et al.* 2016).

Joitain normaaliflooraan kuulumattomia lajeja, esimerkiksi *Helicobacter*-lajeja on havaittu monessa tutkimuksessa ja niiden on epäilty edistävän mahahaavan syntyä hevosella limakalvon suojausta heikentävän tulehduksen seurauksena (Bezdekova & Futas 2009, Sykes *et al.* 2015). Esimerkiksi Soulin kansallisen yliopiston tutkimuksessa *Helicobacter*-lajeja havaittiin vain sairailta hevosilla, mutta niiden vaikutusta mahahaavan syntyyn on syytä epäillä hyvin pienen populaatiokoon vuoksi (Dong *et al.* 2016). Toisissa tutkimuksissa *Helicobacter*-lajeja ei taas ole löydetty lainkaan sairailta eikä terveiltäkään hevosilta (Husted *et al.* 2016, Perkins *et al.* 2012).

Lopulta minkä tahansa bakteerilajin kohtalainen tai suuri esiintyvyys hevosen mahalaukun rauhasosassa on merkki häiriöstä ympäristön ollessa suurimmalle osalle lajeista todella haastava (Husted *et al.* 2016). Suoraa yhteyttä minkään tietyn bakteerilajin ja mahahaavojen esiintymisen välillä ei ole pystytty osoittamaan (Dong *et al.* 2016, Husted *et al.* 2016).

### **5.1. *Escherichian* kaltaiset bakteerit**

*Enterobacteriaceae*-perheeseen kuuluvat *Escherichian* kaltaiset bakteerit ovat fakultatiivisesti anaerobisia gramnegatiivisia sauvoja. Energiaa ne tuottavat sakkariidien fermentaatioreaktioissa tuottaen laktaattia, asetaattia, sukkiniaattia, formiaattia ja etanolia (Prescott *et al.* 1996 s. 425-426). Happamalla metaboliatuotteilla voi osaltaan olla vaikutusta ruuansulatuskanavan happopitoisuuden nousuun.

*Escherichia fergusonii* on havaittu aiheuttavan infektioita monilla lajeilla ja esimerkiksi hevosella sen aiheuttama mahatulehdus voi olla jopa tappava. Infektion mekanismi tunnetaan kuitenkin huonosti ja saadut tutkimustulokset ovat ristiriitaisia (Gaastra *et al.* 2014, Weiss *et al.* 2011). Hustedin *et al.* (2016) tutkimuksessa *E. fergusonii* havaittiin kolonisoituvan mahalaukun limakalvon haavaumiin ja jopa pintakudoksen sisään. Ei kuitenkaan tiedetä, oliko kyseessä primäärinen vai sekundaarinen infektio.

### **5.2. *Enterococcus*-lajit**

Grampositiivisiin kokkeihin kuuluvat *Enterococcus*-lajit ovat fakultatiivisesti anaerobisia tai mikroaerofiilisiä bakteereja. Ne tuottavat energiansa kemoheterotrofien tapaan fermentoimalla sakkariideja laktaatiksi. Monia lajeja esiintyy monien nisäkkäiden ruuansulatuskanavan normaalifloorassa opportunistisina patogeeneinä. (Prescott *et al.* 1996 s. 443-445)

Hustedin *et al.* (2016) tutkimuksessa havaittiin *Enterococcien* kolonisoituvan mahalaukun haavaisen limakalvon pinnalle. Kyse on mahdollisesti ollut sekundaarisesta infektiosta, sillä *Enterococcien* on havaittu aiheuttavan infektion tehokkaammin yhdessä jonkin toisen lajin, esimerkiksi *E. colin* kanssa (Fry *et al.* 1985).

### 5.3. *Helicobacter*-lajit

*Helicobacter*-lajit ovat gramnegatiivisia, helikaalisia, käyriä tai suorina bakteereja, joilla on useita tupellisia flagelloja. Ne ovat mikroaerofiilisiä ja löydettävissä useilla lajeilla mahan limakalvolta. *Helicobacter* käyttää energianlähteenään usein aminohappoja tuottaen ureaa ja samalla mahahapolta suojaavaa ammoniakkia, jolloin sen havaitseminen on mahdollista ureaasitestin avulla. (Prescott *et al.* 1996 s. 418-420 ja 758-759)

Toisin kuin ihmisellä (Shiotani & Graham 2002) *Helicobacter*-lajeilla tuskin on tekemistä hevosen mahahaavan synnyssä. Vaikka hevosen mahasta kyseisiä bakteereja, kuten *H. equorum*-lajeja, onkin löydetty, löydökset ovat verrattain harvinaisia taudin yleisyyteen nähden. *Helicobacter*-lajien patogeenisuutta ei voida silti täysin poissulkea (Bezdekova & Futas 2009, Dong *et al.* 2016, Perkins *et al.* 2012).

Mikäli *Helicobacter*-lajit pystyisivät infektion avulla altistamaan hevosen mahahaavoille, mekanismi olisi todennäköisesti sama kuin ihmisellä, eli mahalaukun limakalvon suojauksen heikentyminen tulehduksen vuoksi (Bezdekova & Futas 2009, Sykes *et al.* 2015). Ihmisellä *H. pylori* kolonisoituu limaa tuottavien solujen läheisyyteen mahalaukun limakalvon alle ja sitoutuu Lewisin antigeeneihin sekä mahan epiteelisolujen glykoproteiineihin, kuten monosakkaridisialihappoihin aiheuttaen mahatulehduksen (Prescott *et al.* 1996 s. 758-759).

## 6. Hevosen ruokavalion vaikutus

Verrattuna muihin samankokoisiin nisäkkäisiin, hevosen maha on hyvin pieni. Tästä johtuen se käyttää luonnossa 10-12 tuntia vuorokaudesta syömiseen ja 16-18 tuntia ruuan etsimiseen (Al Jassim & Andrews 2009). Ruokinnalla ja ympäristöllä on suuri vaikutus varsinkin ruuansulatuskanavan alkupään, mahalaukun, sykkyräsuolen ja tyhjäsuolessa, mikrobikantaan (Ericsson *et al.* 2016).

Hevosen ravinnonsaanti luonnossa koostuu lähinnä kasvin soluseinän polysakkarideista, kuten selluloosasta, hemiselluloosasta ja pektiinistä. Ruoansulatus alkaa mahassa hydrolyysi-reaktiolla hapon vaikutuksesta ja jatkuu ohutsuolessa entsyymien vaikutuksesta. Tämän jälkeen sulatus jatkuu laajoilla käymisreaktioilla paksu- ja umpisuolessa. Käymisreaktioista vastaavat glukoosidaaseja, kuten sellulaasia tuottavat bakteerit, kuten *Bacteroidetes*- ja *Firmicutes*-lajit. Pitkien raken-



teellisten polysakkaridien hajotuksesta syntyy VFA:ita, jotka käytetään energiantuotantoon. Lyhyemmät varastopolysakkaridit, kuten tärkkelys hajotetaan amylaasin avulla glukoosiksi ja lopulta maitohapoksi. (Al Jassim & Andrews 2009, Ericsson *et al.* 2016, Prescott *et al.* 1996 s.175-178)

*Firmicutes*-pääjakson suurta määrää selittää hevosen fysiologia ja luonnollinen ruoka. Luonnossa hevosen ruokavalio koostuu pääasiassa heinästä, joka sisältää paljon liukenematonta kuitua. Ravintoaineet otetaan talteen käymisreaktioissa umpisuolella ja paksusuolen keskiosassa (Costa *et al.* 2012). Köyhällä ravinnolla elävillä villihevosilla mahalaukun bakteerikannan on huomattu koostuvan *Firmicutes*-pääjakson bakteereista, kuten *Lactobacillus*-, *Streptococcus*- ja *Veillonella*-kannoista 98,1 prosenttisesti ja loppujen olevan *Proteobacteria*-jaksosta. Mutualististen bakteerilajien on myös todettu olevan samoja villoilla ja kesyillä hevosilla (St-Pierre *et al.* 2013).

Laiduntavien hevosten mahan bakteerikannan diversiteetin on myös huomattu olevan suurempi, kuin tallissa asuvilla hevosilla. Laiduntavien hevosten mahasta löytyy suurimmaksi osaksi *Actinobacillus*-, *Moraxella*-, *Prevotella*- ja *Porphyromonas*-bakteereja, sekä pienemmässä määrin *Gemella*- ja *Veillonella*-lajeja. Tallissa asuvien ja heinällä ruokittujen hevosten mahoista löytyy lähinnä *Lactobacillus*-, *Streptococcus*- ja *Sarcina*-lajeja. (Perkins *et al.* 2012)

Vapaasti laiduntavilla hevosilla hiilihydraattien hajotukseen käymisreaktioilla osallistuvat paksu- ja umpisuolen mikrobien tuottamat entsyymit. Tuotteena syntyy lyhytketjuisia rasvahappoja (VFA), jotka imeytyvät ja käytetään energiantuotantoon välittömästi. Luonnonoloissa hevosen energiantarpeesta 70-80 % tyydyttyä näillä rasvahapoilla ja paksusuoli pysyy puskuroituna, mikä mahdollistaa laajan bakteerikannan syntymisen, eikä vapaasti laiduntavilla hevosilla esiinny juuri koskaan vatsahaavoja. (Al Jassim & Andrews 2009)

Väkirehuannosten määrällä päivässä, juodulla veden määrällä ja kuivikkeella voi olla suurempi vaikutus mahan bakteerikantaan kuin yksilöllisillä tekijöillä, kuten iällä, sukupuolella, mahahaavojen esiintyvyydellä tai antibioottilääkityksellä. Suurin vaikutus oli veden ja väkirehuannosten määrällä. Tutkimuksessa hevoset oli jaettu ryhmiin ruokintakertojen, tarjotun veden määrän ja kuivikkeen perusteella. *Firmicutes*-bakteerien, kuten *Lactobacillus*- ja *Streptococcus*-maitohappobakteerien esiintyvyys oli suurinta niillä hevosilla, jotka saivat vain kaksi väkirehuannosta päivässä. Vähiten fermentoivia ja maitohappoa tuottavia bakteereja löytyi neljä kertaa päivässä ruokituilta hevosilta. Ei ole täysin selvää, kuinka juodun veden määrä ja kuivikkeen tyyppi vaikuttivat bakteerikantaan. Todennäköisesti hevoset syövät kuiviketta joko tahallaan tai vahingossa, jolloin kuivikkeessa olevat bakteerit pääsevät vaikuttamaan mahan kantaan. (Dong *et al.* 2016)

Kuten aiemmin jo todettiin, terveen hevosen mahan mikrobikanta koostuu lähinnä *Proteobacteria*-, *Bacteroidetes*- ja *Firmicutes*-lajeista. Tämä pitää paikkansa laiduntavilla hevosilla, kun taas tallissa asuvilla ja heinällä ruokituilla hevosilla *Firmicutes*-lajien osuus voi nousta jopa yli 80 prosenttiin (Perkins *et al.* 2012). Laiduntaminen on siis perustavanlaatuinen osa hevosen hyvinvointia

*Firmicutes*-lajien ollessa erityisesti mahalaukussa lähinnä maitohapon tuottajia ja siten mahan happopitoisuutta nostava ryhmä (Perkins *et al.* 2012, Prescott *et al.* 1996 s.175-178).

Tärkkelyspitoinen ruoka, jolla monia kilpahevosiä ruokitaan, häiritsee ruuansulatuskanavan ja erityisesti paksusuolen bakteerikannan kasvua ja erilaistumista. Sama vaikutus voi olla myös oligosakkaridi-, eli fruktaanipitoisella laidunruoholla. Maitohappoa tuottavat bakteerit myös aloittavat tärkkelyksen hajotuksen jo mahalaukussa. Tällä saattaa olla vaikutusta mahalaukun happopitoisuuden nousuun erityisesti ohuen limakalvon peittämässä mahalaukun yläosassa. (Al Jassim & Andrews 2009)

### 6.1. Tärkkelys

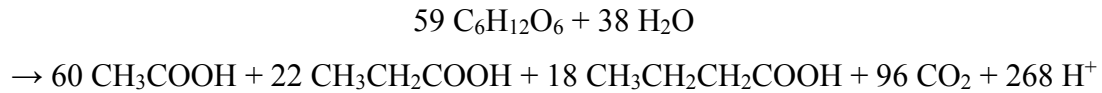
Väkirehut sisältävät usein paljon varastohiilihydraatteja, esimerkiksi tärkkelystä. Tärkkelystä ei juurikaan pystytä hajottamaan ohutsuolessa, joten se joutuu suurimmaksi osaksi paksusuolen mikrobien fermentoitavaksi. VFA:n ja laktaatin pitoisuudet nousevat näiden reaktioiden myötä, jolloin myös suolen pH laskee. Hapan ympäristö suosii maitohappoa tuottavia bakteereja, mikä lisää hapon tuottoa ja pH:n laskua entisestään. Samalla selluloosaa hajottavat bakteerit alkavat hävitä. (Al Jassim & Andrews 2009)

Mahalaukun yläosan ohuella limakalvolla elää hyvin happoa kestävä laktaattia tuottava bakteerikanta, joka tuottaa energiaa fermentoimalla tärkkelystä laktaattiksi. Fermentaatioreaktioihin osallistuvat lähinnä *Streptococcus* ja *Lactobacillus* -lajit (Prescott *et al.* 1996 s.175-178). Laktaattia tuotetaan rehun tärkkelyksestä ja hapon tuotto laskee pH:ta myös mahalaukun yläosassa. Ohut limakalvo vaurioituu helposti pH:n laskiessa ja mahahaavoja esiintyy yleisesti erityisesti tässä mahalaukun osassa (Al Jassim & Andrews 2009).

Bakteerit aloittavat tärkkelyksen fermentaation hajottamalla sen glukoosimolekyyleiksi amylaasin avulla. Glykolyysissä glukoosimolekyyleistä tuotetaan pyruvaattia, joka muutetaan anaerobisessa maitohappokäymisessä laktaattidehydrogenaasin avulla laktaatiksi (Prescott *et al.* 1996 s.445). Fermentaatioreaktio on esitetty kuvassa 4.

*Firmicutes*- ja *Bacteroidetes*-pääjaksojen bakteerit toimivat hevosen ruuansulatuksessa hajottaen pitkäketjuisia polysakkarideja, kuten selluloosaa VFA:iksi (Prescott *et al.* 1996 s.175-178, Segal *et al.* 2017, Thomas *et al.* 2011). Näillä bakteereilla on tärkeä tehtävä hevosen energiansaannin kannalta, mutta VFA:t voivat myös laskea mahalaukun pH:ta ja altistaa mahalaukun yläosan herkkää limakalvoa hapolle (Perkins *et al.* 2012, Tamzali *et al.* 2011).

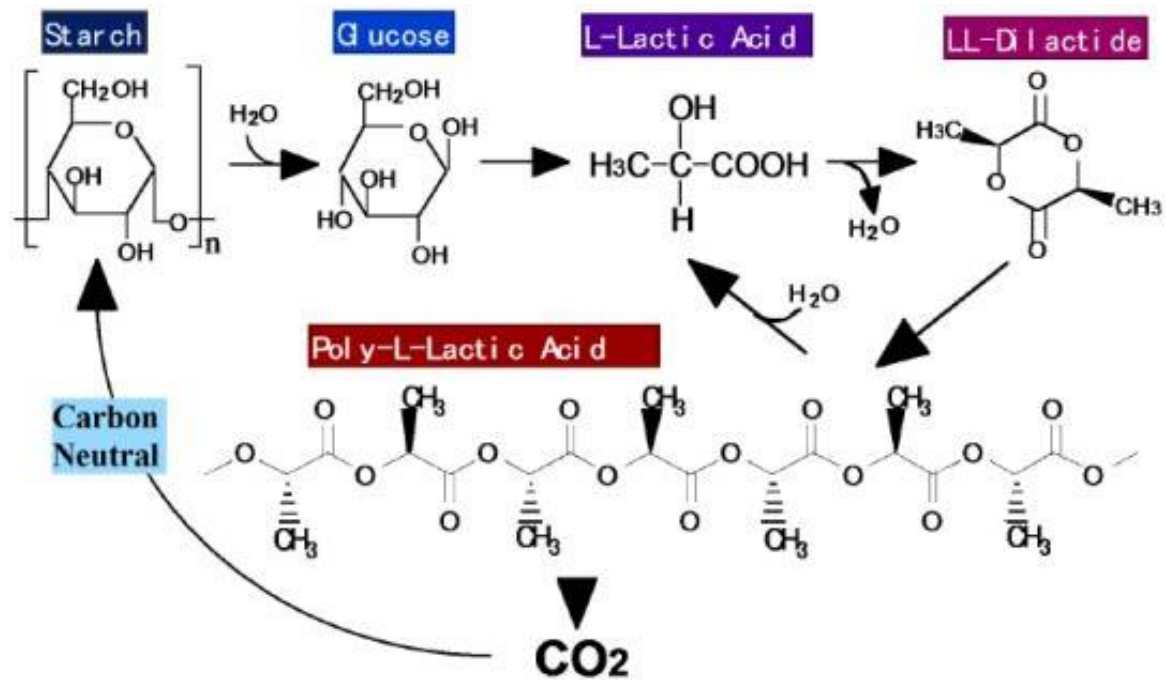
VFA:ita syntyy polysakkaridien hydrolyysireaktioissa, jotka tapahtuvat bakteerien tuottamien hydrolaasien vaikutuksesta yleisesti ottaen seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



Reaktiossa syntyy siis orgaanisia happoja, kuten etikkahappoa, propionihappoa ja butaanihappoa. (Topping & Clifton 2001)

De Fombellen *et al.* (2003) tutkimuksessa hevoset jaettiin kahteen ruokintaryhmään, joista toisen ryhmän rehu oli karkeaa ja kuitupitoista, kun taas toisen koostui lähinnä tärkkelyspitoisista väkirehuista. Jälkimmäisen ryhmän saama tärkkelysmäärä ylitti vuorokausisuositusten rajat olleen 286 g/100 kg BW. Tärkkelyspitoista rehua saaneiden hevosten mahalaukussa ja ruuansulatuskanavan alkupäässä oli selvästi enemmän tärkkelystä käyttäviä bakteereja ja samoin suurempi laktaatti- ja VFA-konsentraatio. Karkeaa rehua saaneiden hevosten mahalaukun pH oli kuitenkin korkeampi, johtuen mahdollisesti pienemmistä rehumääristä ja siten pienemmästä syljenerityksestä tai kuitupitoisen ruuan nopeammasta poistumisesta mahalaukusta.

Toulousen kansallisen eläinlääketieteellisen koulun tutkimuksessa huomattiin laiduntavien kilpahevosten mahahaavariskin olevan tallissa asuvia suurempi. Tämä todennäköisesti johtui laidunruohon korkean hiilihydraattipitoisuuden lisäksi väkirehuruokinnasta. Suuri määrä polysakkarideja fermentoitiin jo mahalaukussa VFA:iksi, mikä sai aikaan mahalaukun happopitoisuuden nousun. On myös mahdollista, että tämän kaltainen ruokinta vähensi hevosten karkean rehun syöntiä ja siten puskuroivan syljen eritystä. (Tamzali *et al.* 2011)



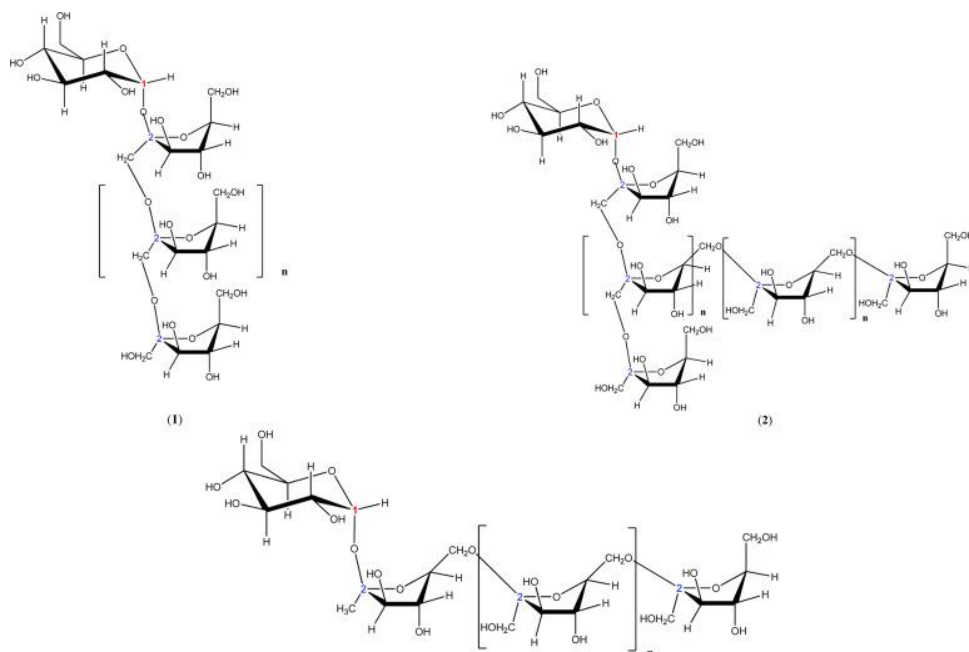
**Kuva 4.** Tärkkelyksen fermentaatio maitohapoksi. Glykolyysissä glukoosimolekyyleistä tuotetaan pyruvaattia, joka muutetaan anaerobisessa maitohappokäymisessä laktaattidehydrogenaasin avulla laktaatiksi. (Kuva lähteestä Sakai *et al.* 2012. Teksti lähteestä Prescott *et al.* 1996 s.445)

## 6.2. Fruktaanit

Laidunruoho voi sisältää korkeita pitoisuuksia terminaalisen glukoosin sisältäviä fruktoosipolymeerejä, fruktaaneja, joita pilkkovaa entsyymiä ei hevosen ruuansulatuskanavasta löydy. Fruktaanit siis kulkevat ohutsuolen läpi ja fermentoituvat paksusuolella mikrobien vaikutuksesta, mikä voi suurissa määrin nostaa paksusuolen happopitoisuutta ja johtaa samanlaisiin aineenvaihduntahäiriöihin kuin liiallinen tärkkelyspitoinen väkirehu. (Al Jassim & Andrews 2009, Hall & Weimer 2015)

Fruktaanien hajotukseen osallistuvat sakkarylyttiset bakteerit, kuten hevosenkin elimistössä elävä *Streptococcus bovis* (Hall & Weimer 2015, Willing *et al.* 2009). *S. bovis* on yhdistetty esimerkiksi suolen happamoitumiseen ja laiduntamisen aiheuttamaan kaviokuumeeseen. Mahahaavojen ilmenemiseen fruktaaneilla tuskin on suoraa yhteyttä näiden bakteerien eläessä lähinnä paksusuolella (Harlow *et al.* 2014).

Laidunruoho sisältää yleensä kolmen tyyppisiä fruktaaneja: inuliinia, joka on lineaarinen polysakkaridi, jossa fruktoosimolekyylit liittyvät toisiinsa  $\beta(2 \rightarrow 1)$ -glykosidididoksin; levaania, myös lineaarista polysakkaridia, jossa fruktoosimolekyylit liittyvät toisiinsa  $\beta(2 \rightarrow 6)$ -sidoksella; sekä graminania, joka on haaroittunut polysakkaridi, jossa fruktoosimolekyylit liittyvät toisiinsa sekä  $\beta(2 \rightarrow 1)$ -, että  $\beta(2 \rightarrow 6)$ -sidoksilla (Al Jassim & Andrews 2009). Näiden yleisimpien fruktaanien rakenteet on esitetty kuvassa 5.



**Kuva 5.** Fruktanien rakenne. Kuvassa (1) inuliini, kuvassa (2) levaani ja kuvassa (3) graminaani. Fruktaaneja voi esiintyä laidunruohossa ja niiden liiallisen saannin vaikutukset voivat samat, kuin liiallisella tärkkelyksen saannilla. (Kuva lähteestä Caleffi *et al.* 2015. Teksti lähteestä Al Jassim & Andrews 2009)

## 7. Hoito

Kuten aiemmin mainittu, harjoituskaudella jopa 80-100 % täysiverisistä kilpahevosista kärsii vatsalaukun yläosan ja ruokatorven haavaumista ja hapettumisesta. Tähän vaikuttavat vatsaontelon painetta nostava intensiivinen harjoittelu, suuri tärkkelyspitoisen rehun määrä ja sen seurauksena mahalaukun pH:n lasku. Suurin osa hevosista oireilee jollain tavalla ja esimerkiksi suorituskyvyn lasku tai stereotypinen käytös voivat olla EGUS:n oireita. Ne myös vaikuttavat merkittävästi eläimen suoriutumiseen harjoituksissa ja kilpailutilanteissa. (Sykes *et al.* 2015)

Mahalaukun yläosan happamoitumisen esimerkiksi fermentoivien bakteerien toiminnan ja intensiivisen harjoittelun seurauksena syntyvä ESGD voi oireilla esimerkiksi vatsakipuina ja johtaa ähkyihin, jotka voivat olla vakavimmillaan tappavia ja aina hyvin kivuliaita (Sykes *et al.* 2015). Tästä päästään siihen, onko kivuliaan tai jatkuvasti sairastumisuhan alla elävän eläimen harjoittaminen ja kilpailuttaminen eettisesti oikein tai millään tavalla kannattavaa.

Tähän mennessä EGUS:iin ei ole saatu tehokasta ja yleispätevää hoitoa, mikä johtuu mahdollisesti monista oireyhtymään vaikuttavista tekijöistä. Lääkehoidoksi käytetään usein protonipumppuinhibiittoria omeprazolia, joka heikentää irreversiibelisti suolahappoa tuottavaa  $H^+$ ,  $K^+$  ATPaasia, sekä  $H_2$  -reseptorin antagonisteja, jotka kompetitiivisesti inhiboivat parietaalisolujen  $H_2$  -

reseptoreja vähentäen siten suolahapon tuottoa. Haavaumien paranemiseen tarvittavaa aikaa ei ole kuitenkaan dokumentoitu, eikä omeprazolin vaikutusaikaa tiedetä varmasti. (Sykes *et al.* 2015)

Erityisesti EGGS:n lääkehoidosta ollaan epävarmoja, sillä bakteereilla on todennäköisesti jonkinlainen rooli mahalaukun rauhasosan haavautumisessa ja antimikrobisia lääkkeitä käytetäänkin ilmeisesti jonkin verran taudin hoidossa. Koska EGGS aiheutuu suurella todennäköisyydellä limakalvon suojauksen heikentymisestä, mahansuojälääkityksen on todettu olevan siihen melko tehokas apu noin 67,5 % toipumisasteella. Sukralfaatti on näistä parhaiten tutkittu ja sen teho perustuu todennäköisesti liman ja prostaglandiini E:n tuotannon lisääntymiseen sekä verenkierron tehostumiseen limakalvon alueella. (Sykes *et al.* 2015)

Erityisesti ESGD:tä voidaan ehkäistä ruokavalion avulla. Ideaalitulanteena pidetään jatkuvaa laiduntamista tai mikäli se ei ole mahdollista, vähintään 1,5 kg hyvänlaatuista korsirehua / 100 kg BW 4-6 kertaa päivässä (Sykes *et al.* 2015). Tosin laiduntamisesta, kuten aiemmin mainittu, on olemassa myös ristiriitaisia tutkimustuloksia erityisesti suurella väkirehumäärällä ruokittujen kilpahevosten osalta (Tamzali *et al.* 2011). Väkirehujen, kuten kauran määrä kannattaa pitää niin alhaisena kuin mahdollista sakkariidien fermentoituessa helposti orgaanisiksi hapoiksi jo mahalaukussa (Sykes *et al.* 2015). EGGD:n ehkäisyssä voivat auttaa kasviöljyt, jotka lisäävät prostaglandiinin tuottoa ja nostavat mahalaukun pH:ta vähentämällä suolahapon tuottoa (Cargile *et al.* 2004).

Mikrobien vaikutusta EGUS:n syntyyn käsittelevän tutkimuksen taso on vaihdellut suuresti. Esimerkiksi voidaan todeta, etteivät ulostenäytteet ole paras mahdollinen tapa tutkia ruuansulatuskanavan mikrobiomia lajien kirjon vaihdellessa niin kanavan osien kuin rehumassan ja limakalvonkin välillä. Lisäksi monissa tutkimuksissa muuttujia, kuten hevosen ikä, sukupuoli, ravinto, kivi- ja juodun veden määrä, on paljon ja otannat melko pieniä (Dong *et al.* 2016, Costa *et al.* 2015, Ericson *et al.* 2016). Ihmisenkin ruuansulatuskanavan mikrobisto on alkanut kiehtoa tutkijoita vasta hiljattain, joten todennäköisesti tulevaisuudessa eläinlääketieteelliseen tutkimukseen on tarjolla toimivampia ja tehokkaampia menetelmiä. Hevostalous on kuitenkin suuri tuottaja ja työllistäjä, ja terve eläin tuottavampi ja kaikin puolin parempi työ- ja kisakumppani.

## 8. Kirjallisuusviitteet

- Al Jassim RA & Andrews FM (2009) The bacterial community of the horse gastrointestinal tract and its relation to fermentative acidosis, laminitis, colic, and stomach ulcers. *Vet Clin North Am Equine Pract* 25(2): 199-215.
- Ashhurst-Smith C, Norton R, Thoreau W & Peel MM (1998) *Actinobacillus equuli* septicemia: An unusual zoonotic infection. *J Clin Microbiol* 36(9): 2789-2790.
- Autio Elena (2015) Hevosen ruuansulatuselimistön rakenne ja toiminta. Suomen Hevostietokeskus ry, Hevosten terveydeksi -hanke (Hevosten ruokintakoulu, osa I).
- Begg LM & O'Sullivan CB (2003) The prevalence and distribution of gastric ulceration in 345 racehorses. *Austr Vet J* 81(4): 199-201.
- Bezdekova B & Futas J (2009) *Helicobacter* species and gastric ulceration in horses: A clinical study. *Vet Med* 54(12): 583-588.
- Caleffi ER, Krausová G, Hyršlová I, Paredes LLR, dos Santos MM, Sasaki GL, Gonçalves RAC & de Oliveira AJB (2015) Isolation and prebiotic activity of inulin-type fructan extracted from *Pfaffia glomerata* (Spreng) Pedersen roots. *Int J Biol Macromol* 80: 392-399.
- Cargile JL, Burrow JA, Kim I, Cohen ND & Merritt AM (2004) Effect of dietary corn oil supplementation on equine gastric fluid acid, sodium, and prostaglandin E2 content before and during pentagastrin infusion. *J Vet Intern Med* 18(4): 545-549.
- Costa MC, Arroyo LG, Allen-Vercoe E, Stämpfli HR, Kim PT, Sturgeon A & Weese JS (2012) Comparison of the fecal microbiota of healthy horses and horses with colitis by high throughput sequencing of the V3-V5 region of the 16s rRNA gene. *PLoS ONE* 7(7).
- Costa MC, Silva G, Ramos RV, Staempfli HR, Arroyo LG, Kim P & Weese JS (2015) Characterization and comparison of the bacterial microbiota in different gastrointestinal tract compartments in horses. *Vet J* 205(1): 74-80.
- De Fombelle A, Varloud M, Goachet A-, Jacotot E, Philippeau C, Drogoul C & Julliand V (2003) Characterization of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses given two distinct diets. *Anim Sci* 77(2): 293-304.
- Dong H-, Ho H, Hwang H, Kim Y, Han J, Lee I & Cho S (2016) Diversity of the gastric microbiota in thoroughbred racehorses having gastric ulcer. *J Microbiol Biotechnol* 26(4): 763-774.
- Ericsson AC, Johnson PJ, Lopes MA, Perry SC & Lanter HR (2016) A microbiological map of the healthy equine gastrointestinal tract. *PLoS ONE* 11(11): e0166523
- Fry DE, Berberich S & Garrison RN (1985) Bacterial synergism between the enterococcus and *Escherichia coli*. *J Surg Res* 38(5): 475-478.
- Gaastra W, Kusters JG, van Duijkeren E & Lipman LJA (2014) *Escherichia fergusonii*. *Vet Microbiol* 172(1-2): 7-12.

- Hall MB & Weimer PJ (2016) Divergent utilization patterns of grass fructan, inulin, and other non-fiber carbohydrates by ruminal microbes. *J Dairy Sci* 99(1): 245-257.
- Harlow BE, Lawrence LM, Kagan IA & Flythe MD (2014) Inhibition of fructan-fermenting equine faecal bacteria and *Streptococcus bovis* by hops (*Humulus lupulus* L.)  $\beta$ -acid. *J Appl Microbiol* 117(2): 329-339.
- Husted L, Jensen TK, Olsen SN & Mølbak L (2010) Examination of equine glandular stomach lesions for bacteria, including *Helicobacter* spp by fluorescence in situ hybridisation. *BMC Microbiol* 19;10:84. doi: 10.1186/1471-2180-10-84.
- Madigan M, Parker (2003) *Brock Biology of Microorganisms*, Tenth edition. Pearson Education, Inc. (2003) United States of America, Upper Saddle River, NJ 07458
- Merritt AM (2003) *Applied Equine Gastrointestinal Physiology*. College of Veterinary Medicine, University of Florida, USA .
- Meyer W, Kacza J, Schnapper A, Verspohl J, Hornickel I & Seeger J (2010) A first report on the microbial colonisation of the equine oesophagus. *Ann Anat* 192(1): 42-51.
- Perkins GA, den Bakker HC, Burton AJ, Erb HN, McDonough SP, McDonough PL, Parker J, Rosenthal RL, Wiedmann M, Dowd SE & Simpson KW (2012) Equine stomachs harbor an abundant and diverse mucosal microbiota. *Appl Environ Microbiol* 78(8): 2522-2532.
- Prescott H, Klein (1996) *Microbiology*, Third edition. Times Mirror Higher Education Group, Inc. (1996) United States of America, 2460 Kerper Boulevard, Dubuque, IA 52001
- Sakai P, Shira (2012) Total Recycle System of Food Waste for Poly-L-Lactic Acid Output. URI: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-applied-biotechnology/total-recycle-system-of-food-waste-for-poly-l-lactic-acid-output>. Cited 29.4.2017.
- Segal LN, Clemente JC, Li Y, Ruan C, Cao J, Danckers M, Morris A, Tapyrik S, Wu BG, Diaz P, Calligaro G, Dawson R, van Zyl-Smit RN, Dheda K, Rom WN & Weiden MD (2017) Anaerobic Bacterial Fermentation Products Increase Tuberculosis Risk in Antiretroviral-Drug-Treated HIV Patients. *Cell Host and Microbe* 21(4): 530-537.e4.
- Sharmin F, Wakelin S, Huygens F & Hargreaves M (2013) Firmicutes dominate the bacterial taxa within sugar-cane processing plants. *Sci Rep* 3.
- Shiotani A & Graham DY (2002) Pathogenesis and therapy of gastric and duodenal ulcer disease. *Med Clin North Am* 86(6): 1447-1466.
- St-Pierre B, De La Fuente G, O'Neill S, Wright A-G & Al Jassim R (2013) Analysis of stomach bacterial communities in Australian feral horses. *Mol Biol Rep* 40(1): 369-376.
- Sykes BW, Hewetson M, Hepburn RJ, Luthersson N & Tamzali Y (2015) European College of Equine Internal Medicine Consensus Statement-Equine Gastric Ulcer Syndrome in Adult Horses. *J Vet Intern Med* 29(5): 1288-1299.
- Tamzali Y, Marguet C, Priymenko N & Lyazrhi F (2011) Prevalence of gastric ulcer syndrome in high-level endurance horses. *Equine Vet J* 43(2): 141-144.



- Thomas F, Hehemann J-, Rebuffet E, Czjzek M & Michel G (2011) Environmental and gut Bacteroidetes: The food connection. *Front Microbiol* 2(MAY).
- Topping DL & Clifton PM (2001) Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiol Rev* 81(3): 1031-1064.
- Weiss ATA, Lübke-Becker A, Krenz M & van der Grinten E (2011) Enteritis and Septicemia in a Horse Associated With Infection by *Escherichia fergusonii*. *J Equine Vet Sci* 31(7): 361-364.
- Willing B, Vörös A, Roos S, Jones C, Jansson A & Lindberg JE (2009) Changes in faecal bacteria associated with concentrate and forage-only diets fed to horses in training. *Equine Vet J* 41(9): 908-914.

# Hevosen ruuansulatuskanavan bakteereista kannattaa pitää huoli: terve bakteerikanta voi ehkäistä myös mahahaavaa

Annastiina Rytönen

Kandidaatintutkielman tiedettä popularisoiva esitys

Biokemian ja molekyyli lääketieteen tiedekunta, Oulun yliopisto

Mahahaavat ovat hevosten yleisimpiä sairauksia ja niistä kärsii noin 11 % harrastehevosista ja jopa yli 90 % kilpahevosista. Mahahaava syntyy, kun mahanesteen hapot pääsevät vahingoittamaan mahalaukun limakalvon pintaa syövyttäen myös mahalaukun seinämän syvempiä kerroksia. Mahalaukussa elävät bakteerit voivat edistää taudin syntyä tuottamalla limakalvoa vahingoittavia happoja tai heikentämällä limakalvon suojausta hapanta ympäristöä vastaan.

## Hevosen mahahaava eli EGUS

Termi equine gastric ulcer syndrome (EGUS) kuvaa ruokatorven, mahalaukun ja pohjukais-suolen syöpymistä ja haavautumista aiheuttavaa sairautta yleisesti.

Haavaumia esiintyy yleisimmin ruokatorvessa ja mahalaukun yläosan ohuella limakalvolla, joita lima ei suojaa hapolta yhtä hyvin. Myös mahalaukun alaosan paksu ja hyvin happoa kestävä limakalvo voi syöpyä. Tällöin syöpyminen voi johtua limakalvon suojauksen heikkenemisestä esimerkiksi tulehduksen seurauksena.

Hevonen on aroeläin ja luonnossa sen ruokavalio koostuu lähinnä kuitupitoisesta ja matalaenergisestä heinästä ja ruhosta. Hevonen voi käyttää puolet vuorokaudesta syömiseen ja sen mahalaukku erittääkin jatkuvasti hapanta mahanestettä. Mikäli ruokintakertojen välit venyvät liian pitkiksi, ehtii mahalaukku tyhjentyä. Tällöin rehumassa ei ole suojaamassa limakalvoa hapolta ja se voi vahingoittua helpommin.

Kilpahevosia ruokitaan korkeaenergisellä väkirehulla, joka sisältää usein paljon hiilihydraatteja ja viljaa. Mahalaukun bakteerit muuttavat rehun sisältämiä hiilihydraatteja, kuten tärkkelystä esimerkiksi maitohapoksi, jolloin

## Hevosen mahahaava eli EGUS

- Lyhenne sanoista equine gastric ulcer syndrome, eli hevosen mahahaavaoireyhtymä.
- Johtuu mahalaukun limakalvon syöpymisestä mahahappojen vaikutuksesta.
- Yleinen erityisesti laukka- ja ravihevosilla sekä matkaratsuilla.
- Oireita esimerkiksi vatsakivut, huono karva, suorituskyvyn lasku tai käytöksen muuttuminen, mutta voi esiintyä myös täysin oireettomana.
- Hoitona hapon eritystä estävät lääkkeet kuten protonipumpun estäjät ja H<sub>2</sub>-salpaajat sekä limakalvon suojaaineet.
- Ennaltaehkäisy on mahdollista korsi-rehupitoisella ruokavaliolla. Korsi-rehu lisää mahalaukku suojaavan syljen eritystä, eikä sisällä juurikaan mahalaukun happamuutta lisääviä hiilihydraatteja. Happamoitumista estävä vaikutus voi olla myös kasviöljyillä.

happamuus lisääntyy. Nämä bakteerit viihtyvät erityisesti mahalaukun vähemmän happamassa yläosassa, jolloin sen ohut limakalvo on suuremmassa vaarassa altistua hapolle.

Kilpahevosten vatsahaavat johtuvat usein tärkkelyspitoisen rehun lisäksi rasituksesta. Kun hevosta harjoitetaan käyntiä nopeammissa askellajeissa tai jopa reippaassa käynnissä, vatsaontelon paine nousee. Tämä paine nostaa mahalaukun hapanta sisältöä ylöspäin, kohti ruokatorvea. Ruokatorvi ja mahalaukun yläosan limakalvo kestävät huonosti mahanesteen happamuutta ja voivat syöpyä sen vaikutuksesta.

Mahalaukun alaosan paksu happoa tuottava limakalvo syöpyy yläosaa harvemmin. Paksu limakalvo on hyvin suojattu hapolta ja yleisesti uskotaan, että mahahaavan syntymiseen tälle alueelle tarvitaan jokin tämä suojauksen rikkova tekijä. Ihmisellä suojauksen voi rikkoa esimerkiksi *Helicobacter pylorin* aiheuttama tulehdus, mutta hevoselta yhteyttä bakteerin esiintymisen ja mahahaavan syntymisen välillä ei ole löydetty.

### **Hevosen mahalaukussa elävät bakteerit**

Hevosen mahalaukussa elävät bakteerit ovat sopeutuneet hyvin happamiin olosuhteisiin. Suurin osa niistä käyttää ravintonaan erilaisia hiilihydraatteja, joista ne valmistavat orgaanisia happoja, kuten maitohappoa. Näiden bakteerien tuottamat hapot voivat altistaa erityisesti mahalaukun yläosan ohuempaa limakalvoa hapettumiselle ja haavautumiselle.

Hevosen mahalaukku tuottaa jatkuvasti hapanta mahanestettä, joten harva bakteerilaji sopeutuu siellä elämiseen. Kuitenkin mahalaukun yläosassa elää lähes yhtä paljon bakteerilajeja, kuin paksusuolen lähes neutraalissa ympäristössä. Alaosassa minkä tahansa bakteerin runsas esiintyvyys sen sijaan voi olla merkki häiriöstä.

Erytisesti vapaasti laiduntavilla hevosilla mahalaukussa elää runsaasti eri lajeja. Sen sijaan tallissa asuvilla ja väkirehulla ruokituilla hevosilla suuri osa mahalaukun bakteereista on maitohappoa tuottavia, esimerkiksi *Lactobacillus*-lajeja. Ne käyttävät hiilihydraatteja energiantuotantoon ja ovat sopeutuneet hyvin happamaan ympäristöön.

Mikäli hevosen ruokavalio sisältää paljon hiilihydraatteja, näiden bakteerien määrä mahalaukussa voi nousta normaalia suuremmaksi. Mitä enemmän bakteereja on, sitä enemmän ne tuottavat maitohappoa. Maitohappo lisää mahalaukun yläosan happamuutta ja voi vahingoittaa mahalaukun limakalvoa aiheuttaen mahahaavan.

### **Ruokinnan vaikutus**

Hevonen on luonnostaan sopeutunut vähäenergiseen ruokaan, kuten suurimmaksi osaksi kuituja sisältävään heinään ja ruuhon. Suurimman osan tarvitsemastaan energiasta hevonen saa, kun sen paksusuolella elävät bakteerit hajottavat näitä kuituja, kuten selluloosaa rasvahapoiksi. Rasvahapot otetaan talteen ja käytetään energiantuotannossa.

Rehun suuri hiilihydraattipitoisuus ja liian pieni karkean rehun määrä voivat häiritä hevoselle elintärkeiden paksusuolen bakteerien toimintaa. Hevosen ruuansulatuskanava ei ole juurikaan sopeutunut tärkkelystä hajottamiseen. Osa tärkkelystä hajotetaan mahalaukussa elävien bakteerien toimesta maitohapoksi ja muiksi hapoiksi. Kuten jo aiemmin mainittiin, tämä voi nostaa mahalaukun happamuutta ja altistaa mahahaavoille.

Mikäli tärkkelystä on rehussa paljon, eikä kaikkea saada hajotettua mahalaukussa ja ohutsuolessa, kulkeutuu se lopulta paksusuolen bakteerien hajotettavaksi. Paksusuolen bakteerit käsittelevät tärkkelystä pitkälti samoin kuin mahalaukun bakteerit tuottaen siitä esimerkiksi maitohappoa.

Maitohappo lisää muutoin neutraalin suolen happamuutta. Paksusuolen bakteerikanta on huomattavasti sopeutunut happamaan ympäristöön, jolloin paremmin happoa kestävä laji voi viedä tilaa tärkeämmiltä kuituja rasvahapoiksi hajottavilta bakteereilta. Tämä voi viimekädessä johtaa ähkyihin ja kaviokuumeeseen.

Korsirehua tarvitaan myös syljen erityksen aloittamiseen. Kun hevonen joutuu puuskelemaan ruokaansa, sylkeä erittyy paljon. Sylki sisältää bikarbonaattia, joka ehkäisee mahalaukun happamoitumista. Väkirehut tarvitsevat usein korsirehua vähemmän puuskelua, jolloin sylkeä erittyy vähemmän, eikä bikarbonaattia ole tarpeeksi happamoitumisen ehkäisyyn.

Aina vapaa laidunnuskaan ei ole hevosen ruuansulatuselimistölle hyväksi. Laidunruoho sisältää joskus paljon hiilihydraatteja, jotka

joutuvat mahalaukun bakteerien hajotettaviksi. Tällöin laidunnus voi lisätä mahahaavariikkoa erityisesti, jos hevosta ruokitaan lisäksi väkirehulla. Hiilihydraattipitoinen ruoho voi myös lisätä kaviokuumeen riskiä.

Hevosen ruuansulatuskanavan bakteereista ja muista mikrobeista, sekä niiden vaikutuksesta eläimen hyvinvointiin tiedetään vielä kovin vähän. Bakteereilla on todennäköisesti mahahaavan synnyssä jonkinlainen rooli joko happamuuden lisääjinä tai mahalaukun suojausrikkojina. Varmaa tietoa siitä, kuinka ja mitkä bakteerit näihin osallistuvat, ei ole vielä olemassa.

Ihmisenkin ruuansulatuskanavan mikrobisto on alkanut kiehtoa tutkijoita vasta hiljattain, joten todennäköisesti tulevaisuudessa eläinlääketieteelliseen tutkimukseen on tarjolla toimivampia ja tehokkaampia menetelmiä. Hevostalous on kuitenkin suuri tuottaja ja työllistäjä, ja terve eläin tuottavampi ja kaikin puolin parempi työ- ja kisakumppani.

#### Lähteet:

Autio Elena (2015) Hevosen ruuansulatuselimistön rakenne ja toiminta. Suomen Hevostietokeskus ry, Hevosten terveydeksi -hanke (Hevosten ruokintakoulu, osa I).

Cargile JL, Brrow JA, Kim I, Cohen ND & Merritt AM (2004) Effect of dietary cornoil supplementation on equine gastric fluid acid, sodium, and prostaglandin E2 content before and during pentagastrin infusion. J Vet Intern Med 18(4): 545-549.

Ericsson AC, Johnson PJ, Lopes MA, Perry SC & Lanter HR (2016) A microbiological map of the healthy equine gastrointestinal tract. PLoS ONE 11(11).

Merritt AM (2003) Applied Equine Gastrointestinal Physiology. College of Veterinary Medicine, University of Florida, USA

Sykes BW, Hewetson M, Hepburn RJ, Luthersson N & Tamzali Y (2015) European College of Equine Internal Medicine Consensus Statement- Equine Gastric Ulcer Syndrome in Adult Horses. J Vet Intern Med 29(5): 1288-1299.

#### Lisää aiheesta:

**Suomen hevostietokeskus ry: Hevosen ruokinta koulu, osa I. Ruuansulatuselimistön rakenne ja toiminta.**

[http://www.hevostietokeskus.fi/uploads/files/Suomen\\_Hevostietokeskus\\_Hevosten\\_ruokintakoulu\\_osa-1\\_A4\\_15\\_02\\_09\\_net\\_SUOJATTU.pdf](http://www.hevostietokeskus.fi/uploads/files/Suomen_Hevostietokeskus_Hevosten_ruokintakoulu_osa-1_A4_15_02_09_net_SUOJATTU.pdf)

**Floridan yliopisto, eläinlääketieteen college: Applied Equine Gastrointestinal Physiology (englanniksi)**

<http://www.as.nchu.edu.tw/lab/211/class/regulatory%20peptides/equine%20GI%20physiology.pdf>