

HELSINGIN YLIOPISTO  
Eläinlääketieteellinen tiedekunta  
Kliinisen tuotantoeläinlääketieteen osasto  
Tuotantoeläinten terveyden- ja sairaanhoito

Pötsin toimintaa tasapainottavat vapaankaupan valmisteet; sisällön ja tehokkuuden arviointia  
pötsihäiriöiden hoidossa ja ennaltaehkäisyssä.

Anu Back  
Syventävät opinnot  
Maaliskuu 2010

Tiedekunta - Fakultet – Faculty Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Kliinisen tuotantoeläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare – Author Anu Back			
Työn nimi - Arbetets titel – Title Pötsin toimintaa tasapainottavat vapaankaupan valmisteet; sisällön ja tehokkuuden arviointia pötsihäiriöiden hoidossa ja ennaltaehkäisyssä.			
Oppiaine - Läroämne – Subject Tuotantoeläinten terveyden- ja sairaanhoito			
Työn laji - Arbetets art – Level Kirjallisuuskatsaus	Aika - Datum – Month and year 25.3.2010	Sivumäärä - Sidoantal – Number of pages 48	
Tiivistelmä - Referat – Abstract <p>Selvitin työssäni yhdeksän vapaankaupan pötsilääkkeen sisällön koostumusta ja vaikutusta pötsissä. Vertasin valmisteiden ohjeannosten mukaisia määriä ainesosakohtaisesti niiden tarpeellisuuteen, kirjallisuudessa suositeltuihin hoitoannoksiin ja lehmän päivittäiseen saantiin rehuista. Ruokintatasoksi valittiin yksinkertaisuuden vuoksi 20 kg KA/pv, joista 12 kg KA tulee säilörehusta, 8 kg KA ohrasta ja 2 kg KA rypsirouheesta.</p> <p>Voimakas väkirehuruokinta tai väkirehun osuuden liian nopea lisääminen ruokinnassa altistavat pötsin happamoitumiselle. Luonnollisen puskuroinnin ollessa riittämätöntä, pötsin happamuutta voidaan alentaa puskuroivilla tai alkaloivilla aineilla. Yhdeksästä valmisteesta viisi sisältää happamuutta alentavia aineita. Näistä viidestä valmisteesta kahdessa (ReCovin pötsin pH pasta, Correct pH Kombi) aineiden määrä on riittävä. Natriumbikarbonaatti (ruokasooda) on puskuri ja magnesiumoksidi on alkaloiva aine, molemmat ovat tehokkaita happamuuden alentajia. Myös hiivat alentavat pötsinesteen happamuutta. Ne vähentävät maitohapon kertymistä ja lisäävät kuitua sulattavien bakteerien määrää pötsissä. Kolmessa valmisteesta yhdeksästä on riittävästi hiivaa (Super Vetrumin -jauhe, Rumelan, Correct Pötsi-Potku). Propyleeniglykoli on tehokkaana märehittäjän verensokeria kohottavana aineena tarpeellinen herumiskaudella olevan syömättömän lehmän tukihoidossa. Propyleeniglykolia on kahdessa valmisteesta (Rumex pH-pasta, Correct Pötsi-Potku). Hivenaineista seleeni on todettu lisäävän alkueläinten määrää pötsissä, ja mikrobit käyttävät sitä proteiinisynteesissään. Kobolttia tarvitaan B<sub>12</sub>-vitamiinin synteesiin. B<sub>12</sub>-vitamiinia tarvitaan märehittäjän energia-aineenvaihdunnalle välttämättömässä glukoneogeneesissä. Kobolttia on riittävästi viidessä valmisteesta (ReCovin Pötsin pH-pasta, Super Vetrumin -jauhe, Rumelan, Rumex, Rumevit), seleeniä vain yhdessä (ReCovin Pötsin pH-pasta). Mikrobitoiminnan häiriössä B-vitamiinien synteesi pötsissä saattaa vähentyä. Varsinkin B<sub>1</sub>-vitamiinin eli tiamiinin puute tiaminaasin tuotannon takia happamassa pötsissä ja sen yhteys kerebrokortikaali nekroosiin on hyvin tunnettu. B<sub>3</sub>-vitamiinin eli niasiinin on todettu tehostavan pötsimikrobien proteiinisynteesiä. B-vitamiineja on lisätty riittävästi neljään valmisteeseen (Biorumin, Super Vetrumin -jauhe, Rumex, Rumevit).</p> <p>Tutkielmassani pohdin myös millainen olisi hyvä pötsilääke. Pötsilääkkeisiin valitsin 8 edellä mainittua hyödyllistä ainetta. Hapannan pötsin hoitoon suosittelen natriumbikarbonaattia ja/tai magnesiumoksidia ja hiivaa, niiden happamuutta alentavan vaikutuksen takia. Tiamiinia (B<sub>1</sub>-vitamiini), koska siitä on happamassa pötsissä todennäköisesti puutetta, ja propyleeniglykolia tukihoidoksi energiavajeeseen. Yksinkertaisen pötsihäiriön hoitoon suosittelen hiivaa, kobolttia, seleenimetioniinia (orgaaninen seleeni) ja niasiinia (B<sub>3</sub>-vitamiini) niiden pötsimikrobistoa elvyttävän vaikutuksen takia, ja propyleeniglykolia energiavajeeseen.</p> <p>Yhtä tärkeänä, kuin pötsihäiriöiden lääkitsemistä, pidän niiden ennaltaehkäisyä, jossa tärkeimpiä asioita ovat nopeiden ruokinnanmuutosten välttäminen ja rehujen hyvä laatu. Lisäksi on hyvä muistaa kuivan heinän edulliset vaikutukset märehittämistä, syljen erittymistä ja pötsin liikkeitä ylläpitävänä rehuna. Riittävä syljen erittyminen on tärkeä pötsinesteen happamuutta alentava tekijä.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords ruminant, rumen, rumen metabolism, asidosis, yeast, yea-sacc, buffering, propyleneglycol, Gentian Root, betaine, zink, copper, selenium, manganese, cobalt, B-vitamins, methionine, β-carotene			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Viikin kampuskirjasto			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) – Instruktor och ledare – Director and Supervisor(s) Timo Soveri, Helena Rautala			

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TERVE PÖTSI JA SEN OLOSUHTEET.....	1

3. PÖTSI-VERKKOMAHA .....	2
3.1 Makroanatomiaa .....	2
3.2 Pötsin kerrokset .....	2
3.3 Liikkeet .....	3
3.4 Mikroanatomia .....	4
3.5 Märehtiminen .....	4
3.6 Kaasujen poistuminen.....	5
4. REHUN SULAMINEN .....	5
4.1 Hiilihydraattien hajotus.....	5
4.2 Proteiinien hajotus .....	6
4.3 Lipidien hajotus .....	7
5.1 Alkueläimet .....	8
5.2 Bakteerit .....	9
5.3.1 Hiilihydraatteja hajottavat sellulolyyttiset ja amylolyyttiset bakteerit .....	9
5.3.2 Proteolyttiset bakteerit.....	10
5.3.3 Sekundääriset bakteerit .....	10
6. HAPPAMUUDEN SÄÄTELY .....	10
6.1 Rehun koostumuksen vaikutus .....	11
6.2 Sylki puskurina .....	11
6.3 Happojen imeytymisestä.....	11
7. PÖTSIHÄIRIÖT.....	12
7.1 Yksinkertainen pötsihäiriö (simple indigestion) .....	12
7.2 Hapan pötsi.....	13
7.2.1 Akuutti pötsiasidoosi.....	13
7.2.1.1 Etiologia ja muutokset mikrobistossa .....	13
7.2.2 Subakuutti ja krooninen pötsiasidoosi .....	14
7.3 Emäksinen pötsi.....	15
8. VALMISTEET.....	15
8.1 ReCovin pötsin pH pasta.....	15
8.2 Biorumin .....	16
8.3 Super Vetrumin -jauhe .....	16
8.4 Rumelan .....	16
8.5 Rumex .....	17
8.6 Rumex pH-pasta .....	17
8.7 Correct pH Kombi .....	17
8.8 Correct Pötsi-Potku.....	17
8.9 Rumevit .....	18
9. VAIKUTTAVIEN AINEIDEN TEHON ARVIOINTIA .....	18
9.1 Puskurit .....	18
9.1.1 Fosfaatit.....	19
9.1.2 Karbonaatit .....	20
9.1.3 Magnesiumoksidi.....	21
9.1.4 Puskuroivat aineet valmisteissa .....	21
9.1.4.1 ReCovin pötsin pH pasta .....	21
9.1.4.2 Rumevit .....	22
9.1.4.3 Super Vetrumin -jauhe .....	22
9.1.4.4 Correct pH Combi.....	22
9.1.4.5 Rumelan.....	22
9.2. Mineraalit, hivenaineet ja vitamiinit.....	23
9.2.1 Natrium, kalsium, fosfori, magnesium.....	24
9.2.2 Sinkki .....	25
9.2.3 Kupari.....	26

9.2.4	Seleen	26
9.2.5	Mangaani	27
9.2.6	Rauta	27
9.2.7	Koboltti ja B <sub>12</sub> -vitamiini (kobalamiini)	28
9.2.8	B <sub>1</sub> - ja B <sub>3</sub> -vitamiinit (tiamiini ja niasiini)	29
9.3.	Aminohapot ja niiden aineenvaihduntaan liittyvät yhdisteet (betaiini ja metioniini)	31
9.3.1	Betaiini	31
9.3.2	Metioniini	32
9.4	Hiivat	33
9.5	β-karoteeni	35
9.6	Propyleeniglykoli ja kalsiumpropionaatti	36
9.7	Yrtit	38
9.7.1	Gentiana-jauhe	38
9.8	Muut	38
9.8.1	Maitojauhe, kaseiini ja raakaproteiini	38
9.8.2	Glukoosi	39
9.8.3	Maissitärkkelys	39
10	<b>HYVÄ PÖTSILÄÄKE</b>	40
10.1	Hapan pötsi	40
10.1.1	Happamuuden alentaminen puskurilla tai alkaloivalla aineella	40
10.1.2	Happamuuden alentaminen hiivalla	41
10.1.3	Propyleeniglykolia energialähteeksi	41
10.3.5	Kuiva heinä	42
10.2	Simple indigestio	42
10.2.1	Hiiva	42
10.2.3	Koboltti	43
10.2.4	Kuiva heinä	43
10.2.5	Seleen	43
10.2.6	Niasiini	43
10.3	Emäksinen pötsi	44
11	<b>KIRJALLISUUSLUETTELO</b>	44

## 1. JOHDANTO

Märehtijät sulattavat kuitupitoisia rehuja etumahoissaan tehokkaammin kuin muut kasvissyöjät. Rehu sulaa pötsissä mikrobikäymisen avulla ja käymisreaktion tuotteina syntyy aineita, joista märehtijä saa suurimman osan tarvitsemastaan energiasta. Lisäksi märehtijä saa tyydytettyä suuren osan valkuaisen tarpeestaan pötsissä muodostuvasta mikrobimassasta sen hajotessa ohutsuolessa.

Pötsissä elää kymmenien eri bakteerilajien lisäksi alkueläimiä ja sieniä. Näiden mikroorganismien yhteistoiminta vaatii tietynlaiset olosuhteet, jotka märehtijä pötsissään niille tarjoaa. Pötsin mikrobiologinen ekosysteemi häiriintyy, jos olosuhteet muuttuvat liian nopeasti. Pötsihäiriöt ovat yleisiä esimerkiksi herumiskaudella, kun väkirehuannoksia lisätään liian nopeasti.

Pötsihäiriöiden itsehoito on yleistä, ja valmisteita on olemassa runsaasti. Tämän työn tarkoituksena on selvittää yleisimpien, pötsihäiriöiden hoitoon tarkoitettujen, vapaankaupan valmisteiden sisällön laatua, määrää ja tehokkuutta, ja pohtia mitä hyvältä pötsilääkkeeltä edellytetään.

Työssä selvitettiin kirjallisuuden perusteella valmisteiden sisältämien aineiden tarpeellisuutta ja niiden vaikutusta pötsissä. Valmisteissa olevien vaikuttavien aineiden määriä verrattiin päivittäin rehussa saatuihin määriin tai yleisesti käytettyihin hoitoannoksiin.

## 2. TERVE PÖTSI JA SEN OLOSUHTEET

Märehtijä on erikoistunut sulattamaan etumahoissaan monimutkaisia kasvikuituja, muun muassa selluloosaa (Church 1988). Kuidun sulattaminen on aikaa vievää, ja se tapahtuu pötsissä elävien mikro-organismien avulla (Sjaastad ym. 2003). Hiilihydraattien hajottaminen pötsissä tuottaa märehtijälle energiaa haihtuvien rasvahappojen muodossa, pötsissä hajoavasta proteiinista taas syntetisoidaan mikrobivalkuaista, jonka hajotessa ohutsuolessa märehtijä saa käyttöönsä aminohappoja (Naylor & Ralston 1991).

Rehun sulaminen pötsissä tapahtuu bakteerien, alkueläinten ja sienten, ja niiden erittämien entsyymien vaikutuksesta (Sjaastad ym. 2003). Dehorityn (2003) mukaan märehtijän ja mikrobien välillä vallitsee symbioosi, jossa märehtijä tarjoaa mikrobeille suotuisat olosuhteet ja mikrobit hajottavat sellaisia kasvikuituja, joita märehtijä ei muuten pystyisi käyttämään hyväkseen. Hapettomissa olosuhteissa tapahtuvan mikrobihajotuksen eli käymisreaktioiden lopputuotteina syntyy aineita, jotka imeytyvät pötsin seinämän läpi verenkiertoon (Sjaastad ym. 2003).

Churchin (1988) mukaan pötsin olosuhteet ovat pääasiassa hapettomat, lämpötila on 38 – 42 °C ja pH 6 – 7. Pötsin tilavuus naudalla on 35 – 100 litraa (Dehority 2003). Suuri tilavuus mahdollistaa hitaasti hajoavan rehumassan viipymisen pötsissä riittävän kauan eli hajotuksen vaatiman ajan (Church 1988). Kasvien rakenteelliset hiilihydraatit, kuten selluloosa ovat hitaasti hajoavia (Brand 2001). Hitaasti kasvavat mikrobit pystyvät selviytymään pötsissä, koska pystyvät kiinnittymään näihin korsiin ja välttyvät huuhtoutumasta pötsistä (Church 1988).

### 3. PÖTSI-VERKKOMAHA

#### 3.1 Makroanatomiaa

Sjaastadin ym. (2003) mukaan verkkomaha sijaitsee pötsin etuosassa, aivan pallean takana. Yksinkertaisesti jaoteltuna pötsissä on kolme eri osastoa. Vaakatasossa olevat pitkittäiset pötsipilarit jakavat pötsin ventraaliseen ja dorsaaliseen säkkiin (Church 1988). Dorsaalisen säkin etu-alaosaan, verkkomahan ja ventraalisen säkin väliin muodostuu kraniodorsaalinen umpipussi, jonka kraniaalinen pötsipilari erottaa ventraalisäkistä (Sjaastad ym. 2003). Tyhjenemisaukko pötsistä satakertaan sijaitsee pötsin etualaosassa (Sjaastad ym. 2003).

#### 3.2 Pötsin kerrokset

Sjaastad ym. (2003) kuvailevat pötsin kerroksia seuraavasti. Pötsin sisältö jakautuu neljään kerrokseen, joista ylin on käymisreaktiossa muodostunutta kaasua. Tästä kaasusta suurin osa on hiilidioksidia ja metaania, ja se kertyy pötsin yläosaan pötsin supisten sekoittaessa ja irrottaessa sitä alempana olevan korsimaisen kerroksen sisällöstä. Seuraava kerros sisältää kortista rehua ja siinä fermentaatio on aktiivista. Korsien pinnalla muodostuu käymisen vaikutuksesta kaasukuplia, jotka estävät korsia vajoamasta pötsin pohjaan. Tähän kerrokseen sekoittuu myös pötsiin tuleva uusi, kertaalleen pureskeltu rehu. Korsien koko ja muoto vaikuttavat niiden sijoittumiseen pötsin kerroksissa. Kun korsissa oleva hajotettava orgaaninen materiaali ja sen mukana kaasun muodostuminen vähenee, partikkelit uppoavat pötsissä syvemmälle. Korsikerroksen alla on välimuotoinen kerros, jossa fermentaatio on vieläkin aktiivista, mutta rehumateriaali on jo hajonnut hienoksi. Alimmassa kerroksessa on nestemäistä rehusulaa, joka pötsisupistusten vaikutuksesta sekoittuu tasaisin väliajoin välimuotoisen kerroksen rehusulan kanssa ja siirtyy satakertaan.

### 3.3 Liikkeet

Pötsissä tavataan järjestäytyneitä liikesarjoja, jotka mahdollistavat pötsin sisällön sekoittumisen, märehtimisen ja kaasujen poistumisen (Church 1988). Sisältöä sekoittavia liikkeitä kutsutaan primaarisiksi supistuksiksi.

Primaariset supistukset alkavat verkkomahan kaksiosaisella supistuksella ja Sjaastad ym. (2003) kuvailevat niitä seuraavasti. Supistuksen ensimmäisessä vaiheessa verkkomahan pinnalla olevaa karkeaa ja kuituista rehumassaa siirtyy pötsin puolelle. Supistuksen toisessa vaiheessa verkkomaha tyhjenee kokonaan, jolloin hyvin sulanut rehu sen pohjalta siirtyy kraniodorsaaliseen umpipussiin, ja satakertaan menevän aukon läheisyyteen. Verkkomahan supistumisen jälkeen primaarinen supistus jatkuu kraniodorsaalisen umpipussin, dorsaalisäkin ja ventraalisäkin supistuksilla. Kun kraniodorsaalinen umpipussi supistuu, sen sisältöä siirtyy takaisin juuri tyhjentyneeseen verkkomahaan. Näin rehusula siirtyilee edestakaisin verkkomahan ja kraniodorsaalisen umpipussin välillä, kunnes siirtyy pieninä erinä pötsistä satakertaan. Kraniodorsaalisen umpipussin supistumisen jälkeen supistusaalto etenee taaksepäin dorsaalisäkissä. Kun dorsaalisäkki on supistunut, ventraalisäkki supistuu samankaltaisesti. Ventraalisäkin supistuminen alkaa sen etuosasta edeten taaksepäin. Etuosan supistuessa rehusulaa työntyy pötsin pohjalta kraniodorsaaliseen umpipussiin.

Pötsisupistukset ovat voimakkaimpia ruokinnan ja sitä seuraavien 2 – 3 tunnin aikana (Sjaastad ym. 2003). Tällöin pötsi supistelee 50 – 70 sekunnin välein (Church 1988). Supistukset heikentävät ja harventuvat hiljalleen mitä enemmän ruokinnasta kuluu aikaa. Jos lehmä on ollut syö-

mättä 48 tunnin ajan, pötsi saattaa supistua viiden minuutin aikana vain yhden kerran (Sjaastad ym. 2003).

Vuorokauden aikana noin 100 – 200 litraa pötsin sisältöä siirtyy eteenpäin aikuisen märehittäjän ruuansulatuskanavassa (Sjaastad ym. 2003).

Pötsin supistuminen on mahdollista lähes kaikkialla seinämässä olevan sileän lihaskudoksen avulla, joka pystyy supistumaan myös venyneenä (Sjaastad ym. 2003). Pötsin seinämä pystyy supistumaan voimakkaasti, vaikka pötsissä on runsaasti sisältöä.

### 3.4 Mikroanatomia

Etumahojen epiteeli on voimakkaasti keratinisoitunutta kerrostunutta levyepiteeliä, eikä se eritä ruuansulatus entsyymeitä (Church 1988). Epiteeli muodostuu lukuisista poimuista, lehtimäisistä ulokkeista ja papilloista, jotka lisäävät imeytymispinta-alaa (Sjaastad ym. 2003)

### 3.5 Märehtiminen

Märehtimisen aikana pötsistä nousee takaisin suuhun jo hieman sulanutta rehumassaa, jonka karkeaa osaa pureskellaan uudestaan (Church 1988). Märepalan mukana tullut neste ja pienet rehuartikkelit nielaistaan heti takaisin, mutta karkeampaa rehua pureskellaan noin 40 sekunnin ajan (Sjaastad ym. 2003).

Märehtiminen tapahtuu usean refleksin seurauksena, ja se saa alkunsa kun kortinen rehu stimuloi ruokatorven aukon hermopäätteitä (Sjaastad ym. 2003). Refleksiä stimuloivat tehokkaimmin yli 10 millimetrin mittaiset korret (Church 1988). Aluksi verkkomaha supistuu ja työntää rehumassaa lähelle ruokatorven aukkoa (Sjaastad ym. 2003). Rintaonteloon muodostuu negatiivinen paine hengityslihasten supistumisen ja kurkunpään sulkeutumisen seurauksena (Church 1988). Negatiivisen paineen vaikutuksesta ruokatorvi laajenee, alempi sulkija avautuu ja vatsalihasten supistuessa rehumassaa työntyy ruokatorveen (Sjaastad ym. 2003). Rehumassa pääsee ruokatorvea pitkin ylös vastaperistaltiikan vaikutuksesta (Church 1988).

Märehtiminen lisää rehun sulamista, sillä partikkeleiden koko pienenee pureskelemisen myötä ja mikrobeille paljastuu uutta pintaa hajotettavaksi (Sjaastad ym. 2003). Koon pieneminen ja partikkeleissa muodostuneiden kaasukuplien irtoaminen lisäävät rehuartikkelien tiheyttä, jolloin



ne painuvat pötsissä alaspäin (Sjaastad ym. 2003). Rehupartikkelin paino vaikuttaa siihen kuinka useasti se tulee pureskelluksi. Painavat partikkelit eivät pysy ruokatorven aukon lähellä vaan painuvat pötsin pohjaan, eivätkä nouse märepalan mukana takaisin suuhun (Church 1988). Märehtimisen seurauksena syljen erittyminen ja sen myötä pötsinesteen puskurointi lisääntyvät (Dehority 2003). Märehtimisellä ja runsaalla syljen erittymisellä on täten tärkeä merkitys pötsin happamuuden säätelyssä.

Märehtiminen toistuu 35 – 80 minuutin jaksoissa 6 – 10 kertaa vuorokaudessa (Sjaastad ym. 2003). Churchin (1988) mukaan märehtimisen määrä riippuu rehun koostumuksesta. Mitä karkeampaa rehu on, sitä useampaan kertaan sitä pureskellaan. Pötsin happamoituminen vähentää märehtimistä, ja se loppuu kokonaan, jos pötsin pH laskee alle 5,6 - 5,4 (Church 1988).

### 3.6 Kaasujen poistuminen

Korkeatuottoisen lehmän pötsissä muodostuu vuorokauden aikana 2000 – 4000 litraa kaasua (Sjaastad ym. 2003). Kaasuista 65 % on hiilidioksidia ja 27 % metaania, muita pötsissä muodostuvia kaasuja ovat typpi, happi, vety ja rikkivety (Church 1988).

Röyhtäilyyn liittyviä pötsin supistuksia kutsutaan sekundaarisiksi supistuksiksi, ja ne vuorottelevat primäärien supistusten kanssa. Sekundaarinen supistus alkaa, päinvastoin kuin primaarinen, pötsin takaosasta ja etenee etuosaa kohti työntäen kaasua edellään ruokatorven aukkoa kohti (Sjaastad ym. 2003). Ruokatorven aukon avautuessa kaasu siirtyy ruokatorveen ja kulkeutuu ylös antiperistalttisten aaltojen vaikutuksesta (Sjaastad 2003). Ensin kaasu siirtyy sisäänhengityksen mukana keuhkoihin (Church 1988), ja poistuu lopullisesti seuraavan uloshengityksen mukana (Sjaastad 2003).

## 4. REHUN SULAMINEN

### 4.1 Hiilihydraattien hajotus

Hiilihydraatit ovat Brandin (2001) mukaan pötsimikrobien pääasiällisin energian lähde. Niistä muodostuu mikrobikäymisen lopputuotteena haihtuvia rasvahappoja, pääasiassa asetaattia, propionaattia ja butyraattia (Naylor & Ralston 1991). Haihtuvat rasvahapot ovat märehtijän pääasiällinen energianlähde ja kattavat märehtijän energiantarpeesta 60 - 80 % (Brand 2001).

Rehun sisältämät hiilihydraatit ovat sokeria ja tärkkelystä, selluloosaa, hemiselluloosaa ja pektiiniä (Brand 2001). Sokeri ja tärkkelys ovat ei-rakenteellisia hiilihydraatteja, sokereita on muun muassa nuorten kasvien soluissa ja melassissa, ja tärkkelystä on viljojen jyvässä (Brand 2001). Selluloosa, hemiselluloosa ja pektiini ovat rakenteellisia hiilihydraatteja, joista kasvien soluseinät muodostuvat (Brand 2001).

Brandin (2001) mukaan ei-rakenteelliset hiilihydraatit hajoavat nopeasti: sokeri erittäin nopeasti ja lähes täydellisesti propionaatiksi, tärkkelys hieman hitaammin ja epätäydellisemmin, mutta sekin propionaatiksi. Rakenteelliset hiilihydraatit hajoavat hitaasti, pääasiassa asetaatiksi ja butyraatiksi (Brand 2001). Sjaastadin ym. (2003) mukaan haihtuvien rasvahappojen muodostuminen riippuu muun muassa kuidun ja tärkkelyksen suhteesta. Asetaattia muodostuu paljon, kun ruokinnassa käytetään runsaasti karkearehua, runsas väkirehu taas tuottaa propionihappoa (Naylor & Ralston 1991). Runsaalla väkirehuruokinnalla myös haihtuvien rasvahappojen kokonaismäärä lisääntyy (Sjaastad ym. 2003).

Sjaastadin ym. (2003) mukaan haihtuvat rasvahapot imeytyvät etumahojen seinämän läpi verenkiertoon ja tulevat näin eläimen käyttöön. Kun happamuus pötsissä lisääntyy, haihtuvien rasvahappojen imeytyminen nopeutuu (Church 1988).

Propionihaposta muodostuu maksassa glukoosia, asetaatista ja butyraatista syntetisoidaan muiden rasvojen ohella maidon rasvaa (Naylor & Ralston 1991).

#### 4.2 Proteiinien hajotus

Brandin (2001) mukaan mikrobit hajottavat osan rehun mukana tulevasta proteiinista peptideiksi, aminohapoiksi tai ammoniakiksi. Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan noin 60 % rehun mukana tulevasta proteiinista hajoaa pötsissä. Loppuosa eli noin 40 % on ohitusvalkuaista, joka nimensä mukaan ohittaa pötsin muuttumattomana. Pötsissä hajoavan valkuaisen määrä vaihtelee eri rehuilla ja se riippuu ennen kaikkea rehun liukoisuudesta pötsinesteeseen (Naylor & Ralston 1991). Mikrobit käyttävät osan ammoniakista omana typenlähteenään, alkueläimet taas syövät rehuosapartikkeleita ja bakteereja muokaten niiden sisältämiä proteiineja tällä tavoin (Brand 2001). Osa ammoniakista imeytyy pötsin seinämän läpi verenkiertoon (Brand 2001). Rehun sisältämää valkuaisesta 60 – 70 % muuttuu mikrobeihin sitoutuneeksi valkuaiseksi (Brand 2001). Syntetisoidun mikrobivalkuaisen määrä riippuu mikrobien käytössä olevasta energiasta eli fermentoituvien hiilihydraattien määrästä (Naylor & Ralston 1991). Mikrobivalkuainen ja ohitusvalkuainen

hajotetaan ohutsuolessa aminohapoiksi, josta ne imeytyvät märehitjän käyttöön (Brand 2001). Märehittäjä on riippumaton välttämättömien aminohappojen saannista, koska pötsimikrobit kykenevät valmistamaan niitä (Naylor & Ralston 1991).

Brandin (2001) mukaan verenkiertoon imeytyneestä ammoniakista muodostuu maksassa ureaa. Osa ureasta kierrätetään syljen kautta takaisin pötsiin käytettäväksi uudelleen mikrobivalkuaisen tuotantoon, ja osa eritetään virtsaan ja maitoon (Brand 2001). Urean kierrätys on yksi märehittäjien ruuansulatuksen erityspiirre, joka vähentää proteiinien tarvetta ja turvaa proteiinin saantia, jos siitä on puutetta (Naylor & Ralston 1991). Toinen erityinen, proteiinien laadullista tarvetta vähentävä piirre on pötsimikrobien kyky syntetisoida korkealaatuisia proteiinejaan yksinkertaisista typpiyhdisteistä (non protein nitrogen, NPN-yhdisteet), kuten ureasta ja nitraattista (Naylor & Ralston 1991).

#### 4.3 Lipidien hajotus

Märehittäjien rehuannokset sisältävät yleensä vain vähän rasvaa. Kasveissa oleva rasva on niiden siemenissä ja lehdistä, esimerkiksi karotenoideina (Church 1988). Pötsimikrobit metaboloivat jonkin verran rasvoja ja syntetisoivat niistä omia rasva-aineitaan, jolloin syntyy myös välttämättömiä rasvahappoja (Naylor & Ralston 1991). Lipidien synteesi pötsissä on tehokkaampaa silloin kun rehu sisältää vähän rasvoja, ja se tehostuu myös runsaalla väkirehuruokinnalla (Church 1988).

Churchin (1988) mukaan mikrobit tuottavat lipaasientsyymejä, joiden avulla triglyseridit hajoavat eli hydrolysoituvat vapaiksi rasvahapoiksi (FFA) ja glyseroliksi. Glyseroli fermentoidaan haihtuviksi rasvahapoiksi (VFA) ja vapaat rasvahapot (FFA) muokataan pötsissä tyydyttymättömästä muodosta tyydyttyneeksi, mekanismilla jota kutsutaan biohydrogenaatioksi (Church 1988). Biohydrogenaation takia ravintoon lisätyt tyydyttymättömät rasvat häiritsevät pötsifermentaatiota enemmän kuin valmiiksi tyydyttyneet rasvat. Lisäksi rasvat hidastavat kuidun sulamista peittämällä niiden osia ja estäen bakteerien kiinnittymistä (Brand 2001). Vapaat rasvahapot kulkeutuvat ohutsuolessa, josta ne imeytyvät (Church 1988).

## 5. MIKROBIT

Bakteerit, sienet ja alkueläimet ovat pötsissä esiintyvien mikro-organismien pääryhmät (Church 1988). Mikrobieien kokonaismassasta bakteereita on 50 - 90 %, alkueläimiä 10 - 50 % ja sieniä 5 - 10 % (Sjaastad ym. 2003). Mikro-organismit sijaitsevat nestefaasissa, ja kiinnittyneinä rehupartikkeleihin ja pötsi-verkkomahan epiteeliin (Sjaastad ym. 2003).

Hapettomien olosuhteiden vuoksi pääosa pötsin mikro-organismeista on ehdottomia anaerobeja, mutta pötsissä esiintyy myös fakultatiivisesti anaerobisia bakteereja (Church 1988). Fakultatiivit saavat happea käyttöönsä lehmän niellessä sitä rehun ja märepalojen mukana, ja jonkin verran happea diffundoituu pötsin seinämän läpi verenkierrosta, mutta epiteeliin kiinnittyneet mikrobit käyttävät sen nopeasti (Sjaastad ym. 2003).

### 5.1 Alkueläimet

Suurin osa pötsissä elävistä yksisoluisista alkueläimistä on värekarvallisia (Church 1988). Värekarvojen avulla alkueläimet pystyvät liikkumaan aktiivisesti pötsin sisällössä ja tarrautumaan kiinni rehupartikkeleihin (Sjaastad ym. 2003). Alkueläinten elinkaari kestää 6 - 36 tuntia eli rehupartikkeleihin tarrautuminen on niiden selviytymiskeino, jonka avulla ne pysyvät pötsissä riittävän kauan lisääntyäkseen (Sjaastad ym. 2003).

Alkueläimet eivät nykytietämyksen mukaan ole välttämättömiä märehittäjän rehun sulatukselle, mutta rehun sulamisen on todettu olevan tehokkaampaa niiden läsnä ollessa, koska tällöin pötsissä havaitaan enemmän haihtuvia rasvahappoja ja ammoniakkia (Church 1988). Alkueläimet ovat ehdottomia anaerobeja, ja ne pystyvät käyttämään ravintonaan kaikkia kasvimateriaalin sisältämiä aineita kuten selluloosaa, hemiselluloosaa, pektiiniä, tärkkelystä, liukoisia sokereita ja lipidejä (Church 1988). Ne nielevät kasvimateriaalin ja tärkkelysjyvästen lisäksi sisäänsä bakteereita hajottaen niitä, ja käyttäen mikrobiproteiinia omien proteiiniensa synteesiin (Church 1988). Hobsonin & Stewardsin (1997) mukaan alkueläinten merkitys on suurempi edellä mainitussa mikrobivalkuaisen metaboloinnissa, kuin rehuvalkuaisen hajottamisessa. Vaikka alkueläimet käyttävät ravinnokseen monipuolisesti erilaisia kasvimateriaaleja, niiden määrä pötsissä lisääntyy, jos ruokinnassa käytetään paljon tärkkelystä (Sjaastad ym. 2003).

Alkueläimet muodostavat aineenvaihduntatuotteina haihtuvia rasvahappoja, maitohappoa, hiilidioksidia ja vetyä (Sjaastad ym. 2003).

Churchin (1988) mukaan alkueläimet ovat herkempiä pH:n vaihtelulle kuin bakteerit, ja pötsinesteen pH:n laskiessa alle 5,5 niiden määrä vähenee jyrkästi. Alkueläimet häviävät pötsistä kokonaan, jos pH pötsissä laskee alle 5,0 tai nousee yli 7,8 (Dehority 2003).

Alkueläimet kerryttävät sisäänsä glukoosia glykogeeninä, vähentäen happojen muodostumista ja pH:n alenemista pötsissä (Sjaastad ym. 2003). Churchin (1988) mukaan alkueläimillä saattaa olla merkitystä fermentaation tasoittajina ruokintakertojen välillä, kun ne varastoivat sisäänsä rehu-partikkeleja ja polysakkarideja. Lisäksi Church (1988) arvioi, että ne saattavat toimia proteiinin lähteenä matalalla proteiiniiruokinnalla, kun ne kuollessaan liukenevat pötsinesteeseen.

## 5.2 Bakteerit

Bakteerit hajottavat rehua erittämiensä entsyymien avulla (Church 1988). Sjaastad ym. (2003) jakavat pötsissä elävät bakteerit primaarisiin ja sekundaarisiin. Primaarisia bakteereita ovat amylolyyttiset, sellulolyttiset ja proteolyttiset bakteerit, jotka käyttävät hajottamansa rehun sisältämiä ravintoaineita omaan aineenvaihduntaansa. Sekundääriset bakteerit ovat bakteereita, jotka käyttävät hyödykseen primaaristen bakteerien muodostamia aineenvaihduntatuotteita. Sekundäärisiä bakteereita ovat metaania tuottavat ja laktaattia käyttävät bakteerit.

### 5.3.1 Hiilihydraatteja hajottavat sellulolyttiset ja amylolyttiset bakteerit

Sellulolyttiset bakteerit hajottavat kasvisolujen seinämähiilihydraatteja kiinnittymällä näihin kasvipartikkeleihin ja hajotuksen tuloksena vapautuu yksinkertaisia sokereita, jotka liukenevat pötsinesteeseen ja niistä muodostetaan edelleen haihtuvia rasvahappoja (Sjaastad ym. 2003). Sellulolyttiset bakteerit eivät kestä alhaista happamuutta vaan niiden toiminta hidastuu, jos pH laskee matalammaksi kuin 6 (Sjaastad ym. 2003). Sellulolyttisille bakteereille pH optimi on 6,0 - 6,8 (Brand 2001).

Amylolyttiset bakteerit hajottavat tärkkelystä ja sokereita (Sjaastad ym. 2003). Tärkkelys on kasvien varastoimaa vararavintoa ja sitä saadaan viljojen jyvistä, kun taas sokereita on nuorten kasvien soluissa ja esimerkiksi melassissa (Brand 2001). Näiden hiilihydraattien hajoamistuotteina muodostuu lyhytketjuisia haihtuvia rasvahappoja, pääasiassa propionihappoa (Brand 2001). Amylolyttiset bakteerit lisääntyvät nopeasti tärkkelyspitoisen rehuannoksen syömisen jälkeen, mutta niiden elinkaari kestää vain 20 - 30 minuuttia (Sjaastad ym. 2003). Niiden optimi pH on 5,5 - 6,0 (Brand 2001). Amylolyttiset bakteerit kestävät alhaista pH:ta (Sjaastad ym. 2003).

### 5.3.2 Proteolyttiset bakteerit

Proteolyttiset bakteerit hajottavat rehun proteiineja peptideiksi ja aminohapoiksi, ja osa näistä hajoamistuotteista käytetään mikrobien omaan proteiinisynteesiin, osa taas deaminoidaan ammoniakiksi ja orgaanisiksi hapoiksi (Sjaastad ym. 2003). Ammoniakki on mikrobien pääasiallinen typen lähde (Church 1988), mutta osa mikrobeista tarvitsee myös aminohappoja (Sjaastad ym. 2003).

### 5.3.3 Sekundääriset bakteerit

Sekundäärisiä bakteereita ovat metaania tuottavat ja laktaattia käyttävät bakteerit, ja ne hyödyntävät aineenvaihdunnassaan primaaristen bakteerien muodostamia aineenvaihduntatuotteita (Sjaastad ym. 2003).

Metanogeeniset bakteerit tuottavat metaania pelkistämällä hiilidioksidia (Church 1988). Ne ovat tärkeitä fermentaation tehokkuuden kannalta, koska ne pienentävät vetyionikonsentraatiota ja näin ehkäisevät pötsinesteen pH:n laskua (Sjaastad ym. 2003). Metanogeeniset bakteerit ovat herkkiä alhaiselle pH:lle ja niiden toiminta heikkenee, jos pötsin pH laskee alle 6 (Church 1988).

Happoja käyttävät bakteerit fermentoivat maitohappoa asetaatiksi, propionaatiksi tai pitempiketjuisiksi rasvahapoiksi, ja niiden määrä pötsissä lisääntyy voimakkaalla väkirehuruokinnalla (Church 1988).

## 6. HAPPAMUUDEN SÄÄTELY

Pötsin normaali pH vaihtelee välillä 5,5 - 6,8 optimaalisen tason ollessa 6,0 - 6,3 (Brand 2001). Staasjadin ym. (2003) mukaan pötsin happamuus vaihtelee ruokinnan vaikutuksesta niin, että pH laskee noin 2 - 3 tunnin ajan syömisestä jälkeen pötsissä muodostuvien happamien aineenvaihduntatuotteiden takia. Mikrobifermentaation nopean lisääntymisen myötä haihtuvien rasvahappojen tuotanto ylittää imeytymiskapasiteetin ja pH laskee sitä alemmas, mitä enemmän rehu sisältää nopeasti hajoavia hiilihydraatteja ja mitä enemmän se tuottaa propionaattia (Staaasjad ym. 2003). Tärkeimmät tekijät liian happamuuden poistamiseksi pötsistä ovat puskuroivan syljen muodos-

tuminen ja happamien aineenvaihduntatuotteiden imeytyminen, myös rehun koostumus vaikuttaa pötsin happamuuteen (Brand 2001).

### 6.1 Rehun koostumuksen vaikutus

Sjaastadin ym. (2003) mukaan kuidun ja väkirehun suhteellinen osuus rehussa vaikuttaa pötsissä muodostuvien haihtuvien rasvahappojen kokonaismäärään ja suhteellisiin osuuksiin. Kuitu hajoaa hitaammin kuin tärkkelys rajoittaen fermentaation nopeutta, ja estäen käymistuotteiden kertymistä (Church 1988). Runsaan väkirehuannoksen sisältämä tärkkelys taas hajoaa nopeasti ja tuottaa runsaasti propionaattia (Sjaastad ym. 2003). Kuitupitoinen rehu lisää märehtimistä ja siten syljen eritystä, mikä lisää puskuroivan bikarbonaatin tuloa pötsiin (Church 1988). Lisäksi riittävän pitkät kuitupartikkelit edistävät fermentaatiota ylläpitävän korsimaisen kerroksen muodostumista (Brand 2001). Myös rehun fysikaaliset ominaisuudet vaikuttavat: esimerkiksi pieni partikkelikoko vähentää syömiseen ja märehtimiseen käytettyä aikaa ja siten lisää pötsi happamuutta (Church 1988).

### 6.2 Sylki puskurina

Sjaastadin ym. (2003) mukaan aikuinen märehtijä tuottaa sylkeä 100 - 200 litraa vuorokaudessa, märehtijän sylki on emäksistä ja sen keskimääräinen pH on noin 8,2. Pääasiallinen pötsinestettä neutraloiva komponentti syljessä on bikarbonaatti, mutta myös syljen sisältämä fosfaatti osallistuu puskurointiin (Sjaastad ym. 2003). Sylki puskuroi tehokkaammin happoja kuin emäksiä, ja se on tehokkaimmillaan pH alueella 7,5 - 5,5, kun taas vahvoja happoja, kuten maitohappoa, sylki puskuroi heikosti (Church 1988).

### 6.3 Happojen imeytymisestä

Happojen jatkuva imeytyminen on välttämätöntä pötsin fysiologisen pH:n säilyttämiseksi (Church 1988). Valtaosa haihtuvista rasvahapoista imeytyy etumahojen seinämän läpi verenkiertoon ilman aktiivista kuljetusmekanismia (Sjaastad ym. 2003). Imeytyminen nopeutuu happamuuden laskiessa pötsissä ruokinnan jälkeen (Church 1988). Happamuuden lisäksi imeytymiseen vaikuttaa haihtuvien rasvahappojen hiiliketjun pituus: pitkäketjuiset imeytyvät nopeammin kuin lyhyketjuiset eli voihappo ja propionihappo imeytyvät etikkahappoa nopeammin (Church 1988). Etikkahappo eli asetaatti imeytyy sellaisenaan, osa propionaatista metaboloituu laktaatiksi pötsin seinämässä imeytymisen aikana ja lähes kaikki butyraatti muutetaan  $\beta$ -hydroksibutyraatiksi (Sjaastad ym. 2003).

Staasjadin ym. (2003) mukaan maitohappo on kymmenen kertaa vahvempi happo kuin haihtuvat rasvahapot, ja pötsiin kertyessään se laskee pH:ta voimakkaasti. Jos pötsin pH pääsee laskemaan alle 5,5, maitohapon muodostuminen lisääntyy, koska näin voimakas happamuus edistää happoa tuottavien mikrobien lisääntymistä, mutta maitohappoa hyväkseen käyttävät mikrobit ehdi adaptoitua lisääntyvään happamuuteen (Smith 2002). Maitohappo imeytyy hitaasti ja myös sen takia sitä kertyy helposti pötsiin (Staasjad ym. 2003).

## 7. PÖTSIHÄIRIÖT

### 7.1 Yksinkertainen pötsihäiriö (simple indigestion)

Pötsi ja sen sisältämä mikrobisto muodostavat dynaamisen ekosysteemin, jonka toimintaan vaikuttavat monet asiat, esimerkiksi seuraavat rehujen ominaisuudet: rehun sisältämien ravintoainesten laatu (substraattina käymisreaktiolle), rehun sisältämät mikrobistoa inhiboivat aineet, rehun liukoisuus pötsinesteeseen ja rehupartikkelien koko (Smith 1996). Mikrobisto muokkautuu jatkuvasti sen mukaan miten kukin laji sopeutuu vallitseviin olosuhteisiin, sopeutumattomuus johtaa häiriöihin ekosysteemin toiminnassa.

Smithin (2002) mukaan yksinkertaisessa pötsihäiriössä on kysymys pötsimikrobiston epätasapainosta, jolloin häiriön yhteydessä havaitaan usein mikrobiston inaktiivisuutta, ja tilanteen lauetessa nähdään ripulointia. Häiriön seurauksena pötsin toiminta heikkenee lievästi, mutta tilanne paranee yleensä itsestään 12 - 24 tunnissa (Smith 2002). Taudin oireisiin kuuluvat tuotoksen lasku, märehtimisen loppuminen, syömättömyys ja hidastunut pötsin toiminta (Radostits ym. 2000).

Jokin äkillinen muutos ruokinnassa, esimerkiksi väkirehumäärän liian nopea lisääminen tai rehun laadun huononeminen esimerkiksi lämpenemisen, jäätyksen, homehtumisen, käymisen tai pilaantumisen seurauksena, saavat aikaan oireet aiheuttavan epätasapainon mikrobistossa ja sen käymistuotteissa (Smith 2002). Lisäksi huonolaatuinen rehu saattaa sisältää mikrobitoimintaa inhiboivia aineita tai niitä voi syntyä fermentaatiossa (Smith 2002). Esimerkiksi happamissa olosuhteissa fermentaatiotuotteena saattaa syntyä tiaminaasia (Smith 1996), ja proteiinien hajotessa säilörehun käymisreaktion aikana muodostuu kasvialkaloideja ja bioaktiivisia amiineja, kuten histamiinia (Sjaastad ym. 2003). Pötsimikrobit pystyvät tosin hajottamaan joitain orgaanisia tok-



siineja, kuten edellä mainittuja kasvialkaloideja ja bioaktiivisia amiineja (Sjaastad ym. 2003). Yksinkertainen pötsihäiriö voi olla seurausta rehun vaihtumisesta eri rehuun tai liiallisesta hitaasti sulavan ja huonolaatuisen karkearehun syönnistä, jolloin sulamatonta rehua pakkautuu pötsiin heikentäen sen liikkeitä fysikaalisesti (Radostits ym. 2000).

Yksinkertaisessa pötsihäiriössä pötsin pH saattaa muuttua lievästi happamaan tai emäksiseen suuntaan sen mukaan, mikä häiriön on aiheuttanut ja mitä metaboliatuotteita muodostuu (Smith 2002). Esimerkiksi lämpenemään päässyt vilja aiheuttaa happamoitumista ja proteiinien liika saanti ja urean ylimäärä pötsissä nostavat pH:ta emäksisemmäksi (Radostits ym. 2000). Lievät pH:n muutokset vähentävät pötsin motiliteettia, samoin kuin pilaantuneet proteiinit ja histamiini (Radostits ym. 2000).

Happamuuden muutokset vaikuttavat eri mikrobeihin eri tavalla. Pötsin pH:n tulisi olla noin 6, jotta pötsissä säilyisi riittävä ja tasapainoinen populaatio kuitua ja tärkkelystä sulattavia bakteereita (Brand 2001). Kuidun sulaminen heikkenee sellulolyyttisten bakteerien toiminnan hidastumisen myötä, jos pH laskee matalammaksi kuin 6 (Sjaastad ym. 2003). Hiilihydraatteja hajottavat amylolyyttiset bakteerit ovat kestäviä alhaisessakin pH:ssa (Sjaastad ym. 2003). Brandin (2001) mukaan niiden optimi pH on 5,5 - 6. Alkueläimet ovat herkimpää pH:n vaihtelulle ja niiden määrä vähenee ensimmäisenä, jos pH pötsissä muuttuu (Church 1988). Alkueläimet eivät tosin ole välttämättömiä fermentaation kannalta, mutta tehostavat sitä (Church 1988). Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan alkueläinten läsnäolo on merkki terveestä pötsimikrobistosta.

## 7.2 Hapan pötsi

### 7.2.1 Akuutti pötsiasidoosi

#### 7.2.1.1 Etiologia ja muutokset mikrobistossa

Akuutti pötsiasidoosi on seurausta nopeasti fermentoituvia hiilihydraatteja eli tärkkelystä ja sokereita sisältävien rehujen ylensyönnistä (Church 1988). Viljan hienoksi jauhaminen lisää tärkkelyksen sulavuutta (Radostits ym. 2000). Ylensyönnin seurauksena amylolyyttisille bakteereille tarjoutuu runsaasti substraattia ja ne tuottavat lyhyessä ajassa suuria määriä haihtuvia rasvahappoja ja maitohappoa, jotka alentavat pötsin pH:ta (Church 1988).

Happamuuden laskiessa pH arvoon 5 - 5,5 pötsiin valikoituvat tietyt mikrobit, kuten maitohappoa tuottavat, happamuutta sietävät laktobasillit, ja pH laskee edelleen (Smith 2002). Laktobasillit ovat sokereita fermentoivia mikrobeja ja niitä esiintyy pötsissä myös normaalitilanteessa, mutta pienempiä määriä (Church 1988). Maitohapon kertymistä pötsiin lisäävät sitä hyväksi käyttävien bakteerien häviäminen pH:n laskiessa alle 5, ja maitohapon hidaskertyminen (Sjaastad ym. 2003).

Happamuuden laskiessa alkueläimet kuolevat ensimmäisinä (Church 1988). Alkueläinten häviäminen edistää omalta osaltaan happamuuden lisääntymistä, koska normaalioloissa ne rajoittavat ruokinnan jälkeistä pH:n laskua nielemällä kasvimateriaalia ja tärkkelystä happoa tuottavien bakteerien ulottuvilta (Smith 2002).

Sellulolyyttisten bakteerien toiminta hidastuu, kun pH laskee alle 6 (Sjaastad ym. 2003). Ne myös kasvavat hitaammin, joten sokeria ja tärkkelystä käyttävät bakteerit valtaavat niiden elintilaa nopeasti (Smith 2002).

Happamuuden lisääntyessä pötsin motiliteetti heikkenee, ja pH:n laskiessa alle 5:een supistukset häviävät kokonaan (Radostits ym. 2000). Smithin (2002) mukaan happamassa ympäristössä haihtuvat rasvahapot ovat dissosioitumattomassa muodossa, jollaisina ne inhiboivat pötsin motiliteettia. Supistusten heikentyminen toimii suojauskeinona systeemistä asidoosia vastaan, koska se vähentää happojen siirtymistä imeytymispinnoille (Smith 2002).

### 7.2.2 Subakuutti ja krooninen pötsiasidoosi

Subakuutista pötsiasidoosista puhutaan, kun pötsin pH on normaalia matalampi päivittäin usean tunnin ajan, runsaan haihtuvien rasvahappojen kertymisen ja riittämättömän puskuroinnin takia (Plaizier ym. 2008). Subakuutti pötsiasidoosi on seurausta voimakkaasta väkirehuruokinnasta ja vähäisestä kuidun määrästä ruokinnassa (Plaizier ym. 2008).

Radostitsin ym. (2000) mukaan riski sairastua subakuuttiin pötsiasidoosiin on korkea poikimisen läheisyydessä, koska mikrobit eivät ehdi adaptoitua liian nopeaan ruokinnan muutokseen. Adaptoituminen kestää noin 3 - 5 viikkoa, joten muutos runsaalle väkirehulle olisi tehtävä tämän ajan kuluessa.

Smith (2002) kuvailee kroonista pötsiasidoosia seuraavasti. Krooninen pötsiasidoosi on seurausta pitkään jatkuneesta korkeasta väkirehuruokinnasta suhteessa vähäiseen karkearehun määrään. Mikrobipopulaatio on tottunut tehokkaaseen fermentaatioon, ja haihtuvia rasvahappoja muodostuu jatkuvasti runsaasti. PH on jatkuvasti matala, noin 5 - 5,5. Mikrobistossa on runsaasti laktaattia tuottavia ja sitä käyttäviä mikrobeja. Myös sokereita ja tärkkelystä käyttäviä bakteereita on runsaasti. Sellulolyyttisiä bakteereita ja alkueläimiä on vähän. Syljen puskurointikapasiteetti ei riitä, koska rehu on hienoa ja sylkeä erittyy vähän vähäisen pureskelun ja märehittämisen vuoksi. Koska mikrobilajeja on vähän, populaatio on herkkä nopeille ruokinnan muutoksille.

Kroonisen pötsiasidoosin vaikutukset ovat piileviä. Hapan ympäristö stimuloi pötsipapillojen epiteelin proliferaatiota, mikä saattaa johtaa parakeratoosiin, jolloin imeytyminen vähenee ja trauma- ja tulehdusalttius ja sen myötä maksapaiseiden esiintyminen lisääntyvät, kun bakteereja pääsee pötsin seinämän läpi (Smith 2002).

### 7.3 Emäksinen pötsi

Smith (2002) kuvaa emäksistä pötsiä seuraavasti. Emäksistä pötsiä tavataan tilanteissa, joissa fermentaatio ja sen myötä haihtuvien rasvahappojen tuotanto on vähentynyt, mutta syljen erittyminen on normaalia. Muodostuvien haihtuvien rasvahappojen määrä on niin vähäinen, etteivät ne pysty neutraloimaan syljen emäksisyyttä. Pötsinesteen pH on tällöin 7,0 - 7,5. Lievässä pH:n muutoksessa yleisimmät oireet ovat syömättömyys, pötsin motiliteetin heikkeneminen, ripuli, lihasheikkous ja inkoordinaatio. Eläin saattaa myös puhaltua toistuvasti.

Smithin (2002) mukaan emäksinen pötsi voi olla seurausta pitkäaikaisesta syömättömyysjaksosta, runsaan huonosti hajoavan karkearehun syömisestä tai yksinkertaisesta pötsihäiriöstä. Emäksinen pötsi voi olla seurausta myös ammoniakkin liikatuotannosta runsaan proteiinimäärän hajoatessa pötsissä (Church 1988). Se voi aiheutua NPN-yhdisteistä, kuten nitraatin tai urean liikaannasta (Church 1988), tai jos eläin on vahingossa päässyt syömään nitraatteja tai ureaa sisältäviä lannoitteita (Smith 2002).

## 8. VALMISTEET

### 8.1 ReCovin pötsin pH pasta

Happaman pötsin hoitoon 2 x 280 g/pv 2 - 4 päivän ajan (560 g/pv).

<b>Ainesosat paino %</b>	<b>Saanti ReCovinista/pv</b>
Magnesiumoksidi 25,1 %	141 g
Trimetyylylglysiini 2,0 %	11,2 g
Kobolttisulfaatti 0,1 %	0,56 g
Vitamiini B <sub>12</sub> 0,001 %	5,6 mg
Seleen (natriumseleniitti) 0,0025 %	14 mg
Vesi 56,8 %	318 g
Lisäaineet 15,95 %	89 g

## 8.2 Biorumin

Pötsin mikrobitoiminnan edistämiseen ja ruokintaperäisen happamuuden tasapainottamiseen, 2 x 100 g/pv 3 - 7 päivän ajan (200 g/pv).

<b>Ainesosat/kg</b>	<b>Saanti Bioruminista/pv</b>
Niasiini 60 000 mg	12 g
Tiamiini 600 mg	0,12 g
Koboltti 20 mg	4 mg
Natrium 18,1 %	36,2 g
Magnesium 5,6 %	11,2 g
Kalsium 3,0 %	6 g
Fosfori 7,1 %	14,2 g
Saccharomyces cerevisiae 5x10 <sup>10</sup> pmy/kfe/kg	1x10 <sup>10</sup> pmy/kfe

## 8.3 Super Vetrumin -jauhe

Pötsin toiminnan tehostamiseen, 2 x 100 g/pv viikon ajan (200 g/pv).

<b>Ainesosat/100 g</b>	<b>Saanti Super Vetruminista/pv</b>
Metioniini 2,0 g	4,0 g
Beetakaroteeni 20 mg	40 mg
B <sub>1</sub> -vitamiini (tiamiini) 100 mg	200 mg
Kobolttikloridi 5 mg	10 mg
Sinkkisulfaatti 5 mg	10 mg
Kuparisulfaatti 50 mg	100 mg
Rautasulfaatti 100 mg	200 mg
Dinatriumfosfaatti 7,0 g	14,0 g
Rehuhiiwa 10 g	20 g
Yea-sacc. 5,0 g	10,0 g
Kaseiini 20 g	40 g
Glukoosi 15 g	30 g
Maissitärkkelys ad. 100 g (40,72 g)	81,44 g

## 8.4 Rumelan

Ensimmäisenä päivänä 2 x 200 g (400 g/pv). Seuraavana kolmena päivänä 1 x 200 g (200 g/pv).

<b>Ainesosat/100 g</b>	<b>Saanti Rumelanista/1.pv</b>
Kobolttisulfaatti 24 mg	96 mg

Dinatriumfosfaatti 15,4 g	61,6 g
Mononatriumfosfaatti 2,57 g	10,3 g
Natriumkarbonaatti 21,4 g	85,6 g
Magnesiumoksidi 10,7 g	42,8 g
Kalsiumkarbonaatti 5,36 g	21,44 g
Trikalsiumfosfaattia 2,9 g.	11,6 g
Metioniini 536 mg	2,1 g
Kuivahiiva 16,07 g	64,3 g
Glukoosi 8,1 g	32,4 g
Maitojauhe 13,4 g	53,6 g

### 8.5 Rumex

Syömättömyyteen ja pötsihäiriöihin, 200 - 300 g/pv 4 - 6 pv:n ajan (300 g/pv).

Ainesosat	Saanti Rumexista
Raakavalkuaista 6,5 %	19,5 g
Sokeria (glukoosi) 8,0 %	24 g
Natriumia 12,8 %	38,4 g
Kalsiumia 3,8 %	11,4 g
Fosforia 4,5 %	13,5 g
Magnesium 5,4 %	16,2 g
Kobolttia 50 mg/kg	15 mg
Niasiinia 20 000 mg/kg	6 g
Betaiinia 18 000 mg/kg	5,4 g
B <sub>1</sub> -vitamiinia (tiamiini) 2000 mg/kg	0,6 g
Progut <sup>TM</sup>	

### 8.6 Rumex pH-pasta

Happamaan pötsiin ja pötsin vajaatoimintaan 2 x 280 g/pv 2 - 4 päivän ajan (560 g/pv).

Ainesosat	Saanti Rumex pH pastasta/pv
Magnesium 15,2 %	85,1 g
Koboltti 1,47 mg/kg	0,82 mg
Seeleni 0,5 mg/kg	0,28 mg
Trimetyyliglysiini 20 mg/kg	11,2 mg
Propyleeniglykoli 14,6 %	81,8 g

### 8.7 Correct pH Kombi

Pötsin neutraloitiin 2 x 440 g 2 - 4 päivän ajan (880 g/pv).

Ainesosat	Saanti Correct pH Kombista/pv
Natriumbikarbonaatti 45,0 %	396 g
Magnesiumtrisilikaatti 12,9 %	114 g
Kantoaineet 42,1 %	370 g

### 8.8 Correct Pötsi-Potku

Pötsin mikroflooran elvyttämiseen, 2 x 165 g/pv 2 - 4 päivän ajan (330 g/pv).

Ainesosat	Saanti Correct Pötsi-Potkusta/pv
Kalsiumpropionaatti 32,4 %	107 g

Hiiivauute 10,0 %	33 g
Gentiana-jauhe 5,0 %	16,5 g
Propyleeniglykoli 14,8 %	49 g

## 8.9 Rumevit

Ruokahaluttomuuden yhteydessä 2 x 200 g/pv (400 g/pv).

Suosittelaa myös huipputuotoksen aikana pötsin toiminnan turvaamiseksi ja tiinehtymiseen saakka hedelmällisyyden ylläpitämiseksi 150 - 200 g/pv.

Ainesosat/kg	Saanti Rumevitista/pv
B <sub>1</sub> -vitamiini (tiamiini) 6000 mg	2400 mg
Beetakaroteeni 400 mg	160 mg
B <sub>3</sub> - vitamiini (niasiini) 30000 mg	12000 mg
Metioniini 40000 mg	16000 mg
Sinkki 3000 mg	1200 mg
Mangaani 5000 mg	2,0 g
Koboltti 40 mg	16 mg
Magnesiumoksidi 100 g	40 g
Dinatriumfosfaatti 100 g	40 g

## 9. VAIKUTTAVIEN AINEIDEN TEHON ARVIOINTIA

Vaikuttavien aineiden tehoa on tässä työssä arvioitu vertaamalla niiden määriä päivittäin rehusta saatuun määrään, yleisesti käytettyihin hoitoannoksiin, pötsihäiriöiden ennaltaehkäisyssä käytettäviin annoksiin ja kirjallisuudessa mainittuihin annoksiin. Rehusta saatuun määrään verrattaessa on käytetty ruokintaa, jossa eläin syö 20 kg kuiva-ainetta/pv. Kokonaisrehuannos koostuu seuraavasti: 12 kg KA säilörehusta, 6 kg KA ohrasta ja 2 kg KA rypsirouheesta. Rehuannoksessa ei ole huomioitu lypsylehmille rutiinisti syötettäviä kivennäisiä.

Joissain tapauksissa vertailu oli vaikeaa. Esimerkiksi hiivojen määrät valmisteissa on annettu useina erilaisina yksiköinä ja hiivojen *In vitro* tutkimuksissa käytetyt yksiköt ovat g/l pötsinestettä. Hivenaineita taas on lisätty valmisteisiin suoloina, joista on vaikea selvittää itse hivenaineen osuutta.

### 9.1 Puskurit

Puskurointia tarvitaan, koska happamia aineenvaihduntatuotteita muodostuu ruokinnan jälkeen runsaasti ja ne laskevat pötsinesteen pH:ta. Väkirehun syömisen jälkeen pH:n alenemista tapah-

tuu noin parin tunnin ajan, jonka jälkeen pH lähtee nousemaan ja palautuu lähes ruokintaa edeltävälle tasolle noin kuudessa tunnissa (Staasjad ym. 2003). Happamuuden väheneminen johtuu syljen sisältämän bikarbonaatin puskuroivasta vaikutuksesta, syljen laimentavasta vaikutuksesta ja happamien aineenvaihduntatuotteiden imeytymisestä pois pötsistä (Church 1988).

Luontainen puskurointi ei aina ole riittävää. Pötsin sisällön happamoitumiselle altistaa ruokinta, joka sisältää suuria määriä nopeasti hajoavia hiilihydraatteja ja vähäisiä määriä karkearehua (Naylor & Ralston 1991). Happamuus pääsee laskemaan liian alas runsaan happotuotannon ja riittämättömän syljen erittymisen takia (Brand 2001).

Brandin (2001) mukaan puskurit ovat kemialliselta rakenteeltaan heikkoa happoa ja sen suolaa. Toimiakseen hyvin pötsissä puskurin on oltava vesiliukoinen ja sen pKa arvon lähellä pötsin fysiologista pH:ta (Brand 2001).

Pötsin pH:ta alentavat aineet voidaan jakaa puskuroiviin ja alkaloiviin. Puskuri estää happamuuden lisääntymistä sitomalla vetyioneja (Sjaastad 2003). Puskuri siis lisää nesteen kykyä vastustaa happamuuden muutoksia, kun alkaloiva aine kohottaa pH arvoa pötsinesteen happamuudesta riippumatta (Le Ruyet & Tucker 1992). Seuraavassa käsittelem vain niitä puskuroivia ainesosia, joihin olen löytänyt kirjallisuutta.

#### 9.1.1 Fosfaatit

Emmanuel ym. (1970) havaitsivat lampailta tehdyssä tutkimuksessa rehuun sekoitetun dinatriumfosfaatin vähentävän pH:n alenemista merkittävästi 2 - 3 tuntia ruokinnan jälkeen verrattuna puskuria sisältämättömään rehuun. Edellä mainitussa tutkimuksessa pötsinesteen pH aleni ruokinnan jälkeen vain 0,6 yksikköä, kun rehuun lisättiin dinatriumfosfaattia. Kontrolliryhmällä pH arvo aleni 1,1 yksikköä. Emmanuel ym. (1970) seurasivat myös selluloosan hajoavuutta ja pötsinesteen VFA pitoisuutta. Dinatriumfosfaatti lisäsi selluloosan hajoavuutta, joka oli 4 tunnin kuluttua ruokinnasta kontrollilla 39,7 % ja dinatriumfosfaattia sisältävällä rehulla 51,1 %. Samassa tutkimuksessa dinatriumfosfaatti vähensi pötsin haihtuvien rasvahappojen kokonaispitoisuutta, joka tutkijoiden mukaan johtuu lisääntyneen CO<sub>2</sub> pitoisuuden aiheuttamasta lisääntyneestä haihtuvien rasvahappojen imeytymisestä. Tehokkaampi selluloosan hajoaminen johtuu tutkijoiden mukaan kohonneesta pH:sta, jota selluloosaa hajottavat mikrobit sietävät paremmin kuin happamaa pH:ta. Puskureita sekoitettiin rehuun 3 paino - %:a (Emmanuel ym. 1970).

## 9.1.2 Karbonaatit

Natriumbikarbonaatin pKa on 6,25 ja se on vesiliukoinen, näiden ominaisuuksien perusteella se on hyvä puskuri (Brand 2001). Erdman ym. (1980) havaitsivat, että natriumbikarbonaatin lisääminen rehuun lisäsi syöntikykyä, maidon rasvapitoisuutta ja maitotuotosta 8 viikon aikana poikimisen jälkeen. Heidän tutkimuksessaan syöntikyky nousi huippuunsa 2 - 3 viikkoa aikaisemmin ja oli 2,1 kg suurempi kuin puskuria saamattomalla kontrolliryhmällä. Samassa tutkimuksessa natriumbikarbonaatti lisäsi asetaatti-propionaatti -suhdetta pötsissä, mutta vaikutusta pötsin pH arvoon ei havaittu. Tutkimuksessa natriumbikarbonaattia lisättiin rehuun 1,5 % kuiva-aineesta ja sen syönti oli keskimäärin 310 g/pv (Erdman ym. 1980). Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan 0,75 % natriumbikarbonaattia rehun kuiva-ainepitoisuudesta ehkäisee riskiä sairastua happamaan pötsiin. Brandin (2001) mukaan natriumbikarbonaatin pötsihäiriöitä ennaltaehkäisevä annos on 110 - 225 g/pv.

Natriumkarbonaatteja on käytetty ehkäisemään pötsin matalaan pH arvoon liittyvää maidon rasvapitoisuuden alenemista, ja vaikutusta on selitetty pötsinesteen parantuneella puskurointikapasiteetilla (Russell & Chow 1993). Koska puskurointikapasiteetin parantumista ei pystytä aukottomasti selittämään, Russell & Chow (1993) esittävät oman teoriansa bikarbonaattien vaikutuksesta. Heidän mukaansa veden juominen lisääntyy, kun pötsiin lisätään puskurisuoloja. Lisääntyneen juomisen myötä pötsineste laimenee, ja hajoamatonta tärkkelystä siirtyy pötsin sisällön mukana eteenpäin. Kun tärkkelyksen määrä vähenee, propionihapon tuotanto vähenee.

Natriumkarbonaattia ei ole tutkittu yksinään, vaan yhdessä natriumbikarbonaatin kanssa. Näistä kahdesta yhdisteestä yhdessä käytetään nimeä natriumsesquikarbonaatti. Le Ruyet & Tucker (1992) havaitsivat natriumsesquikarbonaatilla ja natriumbikarbonaatilla olevan yhtä nopean ja tehokkaan puskurointivaikutuksen. Ne saavuttivat täyden puskurointivaikutuksensa (kohottivat pH:ta ja lisäsivät puskurointikapasiteettia) 12 tunnin sisällä pötsinesteeseen lisäämisen jälkeen, kun vaikutusta seurattiin 12 tunnin välein 48 tunnin ajan. Tässä tutkimuksessa puskureita lisättiin pötsinesteeseen 7,1 g/l. Emmanuel ym. (1970) havaitsivat natriumsesquikarbonaatin (1:1) lisäävän selluloosan hajoamista, kun sitä lisättiin rehuun 3 paino - %. Brandin (2001) mukaan natriumkarbonaatti toimii alkaloivana komponenttina.

Kalsiumkarbonaatti ei ole vesiliukoinen ja sillä on vain vähän puskurointikapasiteettia pötsissä (Brand 2001). Kalsiumkarbonaatilla ei havaittu olevan vaikutusta pötsinesteen happamuuteen verrattuna veteen annoksella 200 g ruokinnan jälkeen (Schaefer ym. 1982).



### 9.1.3 Magnesiumoksidi

Magnesiumoksidi ei ole puskuri, mutta se kohottaa pötsinesteen pH:ta alkaloivan vaikutuksensa takia (Brand 2001). Magnesiumoksidin hidas liukeneminen pötsinesteeseen heikentää sen tehokkuutta, koska se ehtii siirtyä pötsistä eteenpäin ennen liukenemistaan (Le Ruyet & Tucker 1992). Le Ruyetin & Tuckerin (1992) mukaan 7,1 g/l pitoisuus magnesiumoksidia saavuttaa parhaimman pH:ta kohottavan tehonsa 24 tunnissa. Magnesiumoksidijauheita on saatavilla erilaisia partikkelikokoja (light ja heavy), pienestä partikkelikoosta saattaa olla etua happamuuden vähentämisessä silloin, kun pötsin pH on hyvin matala (pienempi partikkelikoko, nopeampi liukoisuus) (Schaefer ym. 1982).

Meillä yleisesti käytetty magnesiumoksidimäärä happaman pötsin neutralointiin on 200 - 400 g (Pyörälä & Tiihonen 2005). Radostitsin ym. (2000) mukaan pötsin sisällön alkaloimiseksi voidaan 450-kiloiselle eläimelle antaa 500 g magnesiumhydroksidia tai magnesiumoksidia sekoitettuna 10 litraan lämmintä vettä.

### 9.1.4 Puskuroivat aineet valmisteissa

Yhdeksästä valmisteesta viisi sisältää puskuroivia ainesosia. Monimutkaisuuden välttämiseksi käyn puskuroivat aineet läpi valmisteittain. Monet valmisteet sisältävät useita puskuroivia komponentteja, joiden yhteisvaikutuksen arvioiminen on vaikeaa. Ei ole järkevää, että valmisteissa on monia eri ainesosia, kun yhdellä tai kahdella puskuroivalla aineella saataisiin riittävä vaikutus.

#### 9.1.4.1 ReCovin pötsin pH pasta

ReCovin pötsin pH pasta sisältää magnesiumoksidia. Ohjeannosta noudatettaessa päiväsaanti on 141 g. Brandin (2001) suositus pötsihäiriöiden ennaltaehkäisyyn on 50 - 90 g/pv ja happaman pötsin neutralointiin käytettävä annos on Pyörälän & Tiihosen (2005) mukaan 200 - 400 g. Näiden perusteella ReCovin pötsin pH pastan sisältämä magnesiumoksidi määrä on riittävä vaikuttaakseen.

#### 9.1.4.2 Rumevit

Rumevit sisältää magnesiumoksidia ja dinatriumfosfaattia. Ohjeannosta noudatettaessa molempien aineiden päiväsaanti on 40 g. Magnesiumoksidin annosmäärä on lähellä Brandin (2001) suosittelemaa ennaltaehkäisevää annosta, mutta dinatriumfosfaatin määrä on liian pieni. Emmanuelin ym. (1970) mukaan kolme painoprosenttia dinatriumfosfaattia kohottaa pötsinesteen pH:ta merkittävästi, lisää selluloosan hajoamista ja alentaa VFA pitoisuutta. Kun lasketaan natriumdifosfaatin määrä prosenttiosuutena päivittäin syödystä kuiva-aineesta, saadaan tarvittavan dinatriumfosfaatin määräksi 600 g. Ainakin yksittäisinä aineina molempien määrät ovat riittämättömiä, yhteisvaikutukseen on vaikeaa ottaa kantaa.

#### 9.1.4.3 Super Vetrumin -jauhe

Super Vetrumin -jauheesta tulee dinatriumfosfaatin päiväsaanniksi 14,0 g. Edelliseen kappaleeseen viitaten määrä on merkityksettömän pieni.

#### 9.1.4.4 Correct pH Combi

Correct pH Combi sisältää natriumbikarbonaattia ja magnesiumtrisilikaattia. Niiden päiväannoksiksi tulee 396 g ja 114 g. Rehun syöntikyvyn todettiin lisääntyvän, kun natriumbikarbonaatin syönti oli keskimäärin 310 g/pv (Erdman ym. 1980). Pötsihäiriöiden ennaltaehkäisyyn suositeltu annos on 110 - 225 g/pv (Brand 2001). Normaalisti märehäivällä lehmällä syljen mukana pötsiin tulevan bikarbonaatin määrä on päivittäin 547 - 1708 g (Staaşjad ym. 2003). Näihin verrattuna edellä mainitussa valmisteessa oleva 396 g on riittävä, ja se on riittävä myös tilanteessa, jossa märehäiminen ja syljen erittyminen on vähentynyt. Magnesiumtrisilikaattiin ei voi ottaa kantaa, koska siihen ei ole löytynyt kirjallisuutta.

#### 9.1.4.5 Rumelan

Rumelan sisältää useita puskuroivia aineita: fosfaatteja 84 g (mononatriumfosfaattia 10,3 g, dinatriumfosfaattia 62 g, trikalsiumfosfaattia 11,6 g) karbonaatteja 107 g (natriumkarbonaattia 85,6 g, kalsiumkarbonaattia 21,44 g) ja magnesiumoksidia 42,8 g.

Fosfaateista kirjallisuutta on löytynyt vain dinatriumfosfaatista. Emmanuelin ym. (1970) mukaan kolme painoprosenttia rehusta on kohottanut pötsinesteen pH:ta, lisännyt selluloosan hajoaamista ja alentanut haihtuvien rasvahappojen pitoisuutta. Tähän perustuen 62 g on liian pieni määrä vaikuttaakseen.

Natriumkarbonaattia on tutkittu yhdessä natriumbikarbonaatin kanssa (Emmanuel ym. 1970, Le Ruyet ja Tucker 1992), joten natriumkarbonaatin määrään yksittäisenä aineena ei voi ottaa kantaa. Brandin (2001) mukaan natriumkarbonaatti toimii alkaloivana komponenttina, ja Rumelanissa oleva natriumkarbonaatin määrä (85,6 g) on pieni verrattuna toiseen alkaloivaan aineeseen, magnesiumoksidiin, jonka suositeltu määrä happamaan pötsiin on 200 - 400 g (Pyörälä & Tiihonen 2005).

Kalsiumkarbonaatilla ei ole saatu pH:ta alentavaa vaikutusta 200 g:n annoksella, koska se ei toimi pötsissä (Schaefer ym. 1982). Kuitenkin Brandin (2001) mukaan suositus pötsihäiriöiden ennaltaehkäisyyn on 115 - 180 g kalsiumkarbonaattia/pv. Rumelanissa olevalla 21,44 g:lla kalsiumkarbonaattia ei edellä mainittujen mukaan ole vaikutusta.

Magnesiumoksidin määrä (42,8 g) yksinään on liian pieni. Vaikka määrä on lähellä Brandin (2001) ennaltaehkäisyyn suosittelemaa määrää (50 - 90 g/pv), on vaikea uskoa sen riittävän, jos pH pötsissä on jo alentunut.

Yhteensä Rumelan sisältää puskuroivia aineita 233 g. Yksittäisinä jokaisen tutkitun aineen määrä on liian pieni. Koska joukossa on aineita joiden tehosta ei ole tietoa (mononatriumfosfaatti, trikalsiumfosfaatti ja natriumkarbonaatti), kaikkien puskuroivien aineiden yhteisvaikutusta voi vain arvailla.

## 9.2. Mineraalit, hivenaineet ja vitamiinit

Churchin (1988) mukaan koboltti, kupari, rauta, mangaani, seleeni ja sinkki ovat välttämättömiä hivenaineita, joita märehitjät saavat pääasiassa kasveista.

Useimmat hivenaineet toimivat katalyytteinä, esimerkiksi muodostaen proteiinien kanssa metalloentsyymejä (Church 1988). Koboltilla ja sinkillä on märehitjän aineenvaihdunnassa tiettyjä erityistehtäviä, joiden vuoksi käsittelen niitä hieman enemmän kuin muita hivenaineita. Pötsissä vallitsevat olosuhteet heikentävät monien rehun mukana tulevien hivenaineiden imeytymistä, esimerkiksi seleenin, kuparin ja mangaanin imeytyminen on märehitjällä huonoa verrattuna yksimahaisiin (Spears 2003).

Tiedonpuutteen vuoksi mineraalien ja hivenaineiden tarpeita käsitellään seuraavassa pääasiallisesti märehitjän eikä mikrobien tarpeina.

### 9.2.1 Natrium, kalsium, fosfori, magnesium

Natrium, kalsium, fosfori ja magnesium ovat makromineraaleja, joiden tarve on 0,1 - 1 % rehun kuiva-aineesta (Naylor & Ralston 1991). Ne imeytyvät magnesiumia lukuun ottamatta ohutsuoletta (Naylor & Ralston 1991). Magnesium imeytyy pääasiassa etumahoista (Church 1988).

Natriumpitoisuuden säätely elimistössä on erittäin tehokasta. Natriumin puutteessa eläin etsii suolaa aktiivisesti, lisäksi natriumin erityis vähenee ja imeytyminen lisääntyy (Naylor & Ralston 1991). Natriumin tarve on noin 0,1 - 0,2 % rehun KA:sta (Naylor & Ralston 1991). Esimerkkiruokinnalla tarve on 20 - 40 g/pv.

Kalsiumin tarve lypsävällä lehmällä on 0,43 - 0,6 % rehun KA:sta (Church 1988), esimerkkiruokinnalla tarve on 86 - 120 g/pv. Pelkästään maidon tuotantoon kuluu kalsiumia 20 - 80 g/pv, ja sitä pitäisi antaa lisärehuna aina, kun ruokinta on väkirehuvaltainen (Naylor & Ralston 1991).

Fosforia tarvitaan ATP:n muodostumisessa eli se on tärkeä aine energiantuotannossa (Naylor & Ralston 1991). Fosforin tarve lypsylehmällä on 0,31 - 0,4 % rehun KA:sta (Church 1988) eli esimerkkiruokinnalla 62 - 80 g/pv.

Lypsävän lehmän magnesiumin tarve on Churchin (1988) mukaan 0,2 % rehun KA:sta eli 40 g/pv. Tarve riippuu ruokintakaudesta ja tuotoksen määrästä (Naylor & Ralston 1991), laidunkaudella tarve on 20 - 30 g suurempi kuin sisäruokintakaudella (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Mineraalien saanti rehuista on seuraava: natrium 3,4 g/pv (tarve 20 - 40 g/pv), kalsium 65,2 g/pv (tarve 86 - 120 g), fosfori 90,6 g/pv (tarve 62 - 80 g) ja magnesium 40,4 g/pv (tarve 40 g) (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Natriumia ja kalsiumia on kahdessa valmisteessa, Bioruminissa ja Rumexissa. Niistä päiväsaanneiksi natriumille tulee 36,2 g ja 38,2 g ja kalsiumille 6 g ja 11,4 g. Edellä mainituissa valmisteissa on myös fosforia, jonka päiväsaanneiksi tulee 14 g ja 13,5 g. Magnesiumia on kahden edellä mainitun valmisteen lisäksi Rumex pH pastassa. Magnesiumin päiväsaanneiksi näistä valmisteista tulee 11,2 g, 16,2 g ja 85,1 g. Edellä mainitut mineraalit on mainittu valmisteyhteenvedossa erillisinä aineina.

Yhteenvetona mineraaleista sanottakoon, että molempien natriumia sisältävien valmisteiden natriumin määrä on riittävä. Rumex pH pastan sisältämä magnesium määrä on riittävä, kahden muun valmisteen määrä on riittämätön. Kalsiumin ja fosforin määrät valmisteissa ovat riittämättömät. Edellisen perusteella natriumin ja kalsiumin tarpeita ei pystytä täyttämään päivittäisellä rehuannoksella, joten niitä tulee joka tapauksessa antaa lisänä päivittäisessä ruokinnassa. On turhaa monimutkaistaa pötsilääkkeiden valmistusta lisäämällä sinne merkityksettömiä määriä mineraaleja.

### 9.2.2 Sinkki

Churcin (1988) mukaan sinkin pitoisuuksia märehitjän kudoksissa ja elimissä säädellään tarkoin homeostaasin avulla minkä vuoksi pitoisuudet pienenevät vain vähän, vaikka ravinnossa olisi puutetta sinkistä. Sinkki imeytyy ohutsuoletta, eikä sen puute vaikuta juurikaan rehun sulamiin (Church 1988).

Lypsylehmän sinkin tarve on 50 mg/kg KA, ja sinkkiä on lähes kaikissa lypsylehmille syötettävissä rehuissa (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006). Ruokinnalla 20 kg kuiva-ainetta/pv sinkin tarpeeksi tulee 1000 mg/pv ja eläin saa esimerkkinä käytetyistä rehuista sinkkiä yhteensä 740 mg/pv (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Super Vetruminista sinkkisulfaatin päiväsaanneiksi tulee 10 mg. Vaikka Churchin (1988) mukaan sinkkisulfaatissa oleva sinkki on hyvin märehitjän käytettävissä, on kyseenalaista onko sinkki lainkaan tarpeellinen aine pötsihäiriöiden hoidossa. Super Vetruminissa olevan sinkin määrä on vain sadasosa sen päivittäisestä tarpeesta. Rumevitista sinkin päiväsaanti taas on 1200 mg. Tämä määrä ylittää 20 kg kuiva-ainekiloa syövän lehmän tarpeen.

### 9.2.3 Kupari

Churchin (1988) mukaan kupari ei imeydy pötsistä, mutta pötsissä siitä muodostuu liukenemattomia yhdisteitä, jotka saattavat heikentää kuparin imeytymistä. Kupari imeytyy ohutsuolesta (Naylor & Ralston 1991). Lisäravinteena käytetään yleensä kuparisulfaattia (Spears 2003).

Lypsylehmän kuparin tarve on 10 mg/kg KA (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006). Tämän mukaan ruokinnalla 20 kg KA/pv kuparin tarpeeksi tulee 200 mg/pv, ja esimerkkiruokinnalla kuparin saanti rehuista on 138 mg/pv (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Kuparia on Super Vetrumin -jauheessa kuparisulfaattina ja sen päiväsaanniksi tulee 100 mg. Kuparin osuus kuparisulfaatista on 40 % (Karkela ym. 2010), joten kuparin saanti Super Vetruminista on 40 mg. Vaikka Churchin (1988) mukaan kuparin puutteen esiintyminen märehäijöillä ei ole harvinaista, sillä tuskin on vaikutusta pötsihäiriöissä, koska se ei imeydy pötsistä. Super Vetruminissa oleva määrä on pienempi kuin rehuista päivittäin saatava määrä. Näin pienenä määränä, jos ylipäätään ollenkaan, kuparin lisääminen pötsilääkkeisiin ei kannata.

### 9.2.4 Seleni

Churchin (1988) mukaan mikrobeilla on kyky metaboloida seleeniä liittämällä sitä osaksi omia aminohappojaan, ja ne pystyvät käyttämään tehokkaammin selenometioniiniä kuin seleniittiä. Kasveissa ja selenoidussa hiivassa oleva seleeni on orgaanista selenometioniinia (Spears 2003).

Gerloffin (1992) mukaan seleenin biologisesti aktiivinen muoto on seleniitti, joka on hapettunutta seleeniä. Pelkistynyt seleeni ja alkuaine seleeni imeytyvät huonosti (Gerloff 1992). Churchin (1988) mukaan pötsissä on voimakkaasti pelkistävät olosuhteet, joissa yli 40 % seleenistä muuttuu liukenemattomaan muotoon, mutta muutos on vähäisempi, jos käytetään selenometioniinia. Happamuuden lisääntyminen lisää pelkistymiskapasiteettia eli hapan pötsi saattaa edelleen huonontaa imeytymistä (Gerloff 1992). Seleeni imeytyy ohutsuolesta (Church 1988).

Mihalikovan ym. (2005) mukaan lisäravinteena annettava seleeni on yleensä dinatriumseleniittiä ja sen suositeltu annosmäärä on 0,2 - 0,3 mg/kg kuiva-ainetta (KA). Mihalikova ym. (2005) toteavat seleenin toimivan joidenkin alkueläinten kasvua suojaavana tekijänä nuorilla lampailla. Heidän tutkimuksessaan neljä alkueläinlajia kuudesta hyötyi seleenilisästä, ja kahden lajin määrää orgaaninen seleeni lisäsi tehokkaammin kuin epäorgaaninen. Tässä tutkimuksessa kontrolli-

ryhmän seleeni annos oli 0,07 mg/kg KA ja koeannokset olivat orgaanisella ja epäorgaanisella seleenillä 0,279 mg/kg KA, orgaanisena seleeninä käytettiin selenoitua hiivaa ja epäorgaanisena dinatriumseleniittiä (Mihalikova ym. 2005).

Rehutaulukoiden ja ruokintasuositusten (2006) mukaan lypsylehmän seleenin tarve meillä on 0,1 mg/kg KA. Esimerkkiruokinnalla seleenin tarve on 2 mg/pv, ja rehuista saatava seleenin määrä on 4,46 mg/pv (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Seleeniä on kahdessa puskurivalmisteessa. ReCovin pH pastassa natriumseleniittiä 14 mg, ja Rumex pH pastassa seleeniä 0,28 mg. Tarpeeseen nähden ReCovin pH pastassa oleva määrä on riittävä, jopa liiallinen. Rumex pH pastassa oleva määrä taas on merkityksettömän pieni. Pötsimikrobien seleenin hyväksikäyttö proteiinisynteesissään (Church 1988) puoltaa sen lisäämistä pötsilääkkeisiin, vaikka lehmä saa päivittäisistä rehuistaan tarpeeseen nähden riittävästi seleeniä. Seleeni kannattaa lisätä pötsilääkkeisiin selenometioniinina (Spears 2003).

#### 9.2.5 Mangaani

Vaikka mangaani imeytyy märehitjöillä huonosti, sen puute on epätodennäköisin kaikista hiivenainepuutoksista, koska hyvin monet rehut sisältävät mangaania (Church 1988). Mangaani imeytyy juoksutusmahasta ja ohutsuolesta (Naylor & Ralston 1991). Märehitjän kannalta tehokkaasti hyväksikäytettäviä lisärehuja ovat mangaanikloridi ja -sulfaatti (Church 1988).

Lypsylehmän mangaanin tarve kolmen ensimmäisen laktaatiokuukauden aikana on 80 mg/kg KA, muulloin puolet tästä (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006). 20 kuiva-ainekiloa syövän lehmän tarve on lypsykauden alussa 1600 mg/pv ja myöhemmin 800 mg/pv. Esimerkkiruokinnalla lehmä saa päivittäin 1016 mg mangaania päivässä (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Mangaania on ainoastaan Rumevit valmisteessa, josta sen saanti on 2 g/pv. Mangaanin puutteen on todettu heikentävän hedelmällisyyttä (Ammerman & Goodrich 1983), ja ainakin käyttöaiheen perusteella se on Rumevitissa mukana parantamassa hedelmällisyyttä. Tarpeeseen nähden määrä on riittävä, mutta mangaanilisä ei ole tarpeellinen pötsihäiriön hoidossa, koska puutoksen todennäköisyys on pieni (Church 1988).

#### 9.2.6 Rauta

Raudanpuutetta märehitijöillä ei ole juurikaan raportoitu (Ammerman & Goodrich 1983). Myös Churchin (1988) mukaan raudanpuute aikuisilla märehitijöillä on epätodennäköinen. Rauta imeytyy ohutsuolesta (Naylor & Ralston 1991).

Raudan tarve lypsylehmällä on 100 mg/kg KA, esimerkkiruokinnalla tarpeeksi tulee 2000 mg/pv ja päivittäinen saanti esimerkkirehuista on 2844 mg (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Super Vetrumin -jauheessa on rautasulfaattia, jonka saanniksi tulee 200 mg/pv. Tämä saanti on vain kymmenesosa tarpeesta. Raudan lisääminen pötsilääkkeisiin on tarpeetonta puutteen epätodennäköisyyden takia.

### 9.2.7 Koboltti ja B<sub>12</sub>-vitamiini (kobalamiini)

Churchin (1988) mukaan pötsimikrobit syntetisoivat koboltista B<sub>12</sub>-vitamiinia, joten mikrobien tarve kohdistuu kobolttiin ja märehitijän tarve pääasiassa B<sub>12</sub>-vitamiiniin. Vain alle 3 % suun kautta annetusta B<sub>12</sub>-vitamiinista imeytyy (Church 1988). B<sub>12</sub>-vitamiini on osallisena glukoosin uudismuodostuksessa eli glukoneogeneesissä, metaboliareitissä jossa propionaatista muodostetaan glukoosia (Naylor & Ralston 1991). Pötsifermentaation vuoksi märehitijä ei saa glukoosia ruuansulatuskanavan kautta, joten sen energian saanti on riippuvaista glukoneogeneesistä (Church 1988).

Koboltin puutetta voi ennaltaehkäistä helposti antamalla kobolttia lisäravinteena, suoloina märehitijä saakin kobolttia tehokkaammin käyttöönsä kuin kasveista (Van Soest 1994). Karbonaatti-, sulfaatti- tai oksidimuotoinen lisäravinekoboltti on tehokasta märehitijöillä (Church 1988).

Koboltin saannin loppuessa pötsin koboltti- ja B<sub>12</sub>-vitamiinipitoisuudet pienenevät nopeasti (Church 1988). Koboltti varastoituu jossain määrin maksaan (Pyörälä & Tiihonen 2005) ja Churchin (1988) mukaan maksan varastot kuluvat loppuun 10 - 30 päivässä, jos koboltin saanti suun kautta estyy.

Tiffany ym. (2006) osoittivat mikrobien B<sub>12</sub>-vitamiinin tuoton lisääntyvän nopeasti koboltin lisäyksen jälkeen. Heidän tutkimuksessaan jo 6 päivän kuluttua koboltin lisäyksestä pötsinesteen B<sub>12</sub>-vitamiinin pitoisuus oli kohonnut merkittävästi koboltilisällä 0,10 mg/kg KA. Koboltin lisääminen 0,10 mg:sta 1,0 mg:aan lisäsi edelleen B<sub>12</sub>-vitamiinin pitoisuutta (Tiffany ym. 2006).



Kontrollipitoisuus edellä mainitussa tutkimuksessa oli 0,05 mg/kg KA, ja koboltti oli karbonaattina. Kobolttin kokonaistarve, jolla turvataan riittävä B<sub>12</sub>-vitamiinin synteesi runsaalla väkirehu-ruokinnalla, on Tiffanyn ym. (2006) mukaan 0,10 - 0,15 mg/kg KA.

Rehutaulukoiden ja ruokintasuositusten (2006) mukaan kobolttin tarve lypsylehmillä on 0,1 mg/kg KA. Tämän mukaan esimerkkiruokinnalla päivittäinen kobolttin tarve on 2 mg, ja päivittäisistä rehuista lehmä saa kobolttia 4,68 mg. Kobolttin osuus kobolttisulfaattista on noin 40 % (Karkela ym. 2010), joten kobolttisulfaatin tarve on 5 mg.

Seitsemässä valmisteessa yhdeksästä oli kobolttia, joko alkuaineena, kobolttikloridina tai kobolttisulfaattina. Määrät vaihtelivat 0,82 mg:sta 560 mg:aan. Kobolttikloridin käytölle en ole löytänyt suosituksia. Lähes kaikki valmisteet sisältävät kobolttia yli tarpeen. Koboltti ei ole välttämätön aine pötsilääkkeissä, koska sitä on monissa rehuissa, mutta hyödyllisenä ainesosana sitä kannattaa lisätä, koska sillä on B<sub>12</sub>-vitamiinin synteesin ja glukoosin tuoton takia niin tärkeä rooli märehitjän aineenvaihdunnassa (Naylor & Ralston 1991). Syömättömyyden aikana se auttaa energian saannissa. Lisäksi kobolttin puute herumisvaiheessa saattaa lisätä riskiä sairastua ketosiin (Pyörälä & Tiihonen 2005).

ReCovin pH pastassa on 5,6 mg B<sub>12</sub>-vitamiinia. Churchin (1988) mukaan suun kautta annettusta B<sub>12</sub>-vitamiinista imeytyy enintään 3 %, ja osan pötsimikrobit saattavat muuttaa toimimattomaan muotoon. ReCovin pH pastassa olevasta B<sub>12</sub>-vitamiinista siis imeytyy 0,2 mg. B<sub>12</sub>-vitamiinin tarve märehitjällä (600 kg) on 0,36 mg (Church 1988). ReCovin pH pastassa ei ole riittävästi B<sub>12</sub>-vitamiinia kattamaan päivätarvetta.

#### 9.2.8 B<sub>1</sub>- ja B<sub>3</sub>-vitamiinit (tiamiini ja niasiini)

B<sub>1</sub>- ja B<sub>3</sub>-vitamiinit toimivat koentsyymeinä energian tuotannossa (Naylor & Ralston 1991). Ne ovat vesiliukoisia vitamiineja, ja aikuisella märehitjällä pötsimikrobit syntetisoivat niitä (Church 1988). Märehitjä ei välttämättä tarvitse B-vitamiineja ravinnosta (Naylor & Ralston 1991). Pötsin toiminnan häiriintyessä B-vitamiinien synteesi voi kuitenkin vähentyä ja siksi niitä suositellaan syömättömyydestä ja pötsihäiriöistä kärsiville naudoille (Pyörälä & Tiihonen 2005).

#### B<sub>1</sub>-vitamiini (tiamiini)

Happaman indigestion yhteydessä saattaa esiintyä tiamiinia hajottavan entsyymin, tiaminaasin tuotantoa pötsissä (Pyörälä & Tiihonen 2005). Myös epäorgaaniset sulfaatit hajottavat tiamiinia (Naylor & Ralston 1991). Tiamiinin puute märehitjällä on yhdistetty kerebrokortikaali nekroosiin (Pyörälä & Tiihonen 2005). Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan tiamiini ei varastoidu elimistöön, joten syömättömällä eläimellä siitä tulee helposti puutetta.

Church (1988) arvioi tiamiinin tarpeen 600 kg painavalla lehmällä olevan 39 mg. Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan sairaille eläimille kannattaa antaa tiamiinia suun kautta.

Hiiva on hyvä B-vitamiinien lähde (Naylor & Ralston 1991). Ulkomainen reuhiiva sisältää tiamiinia 50 mg/kg KA ja panimohiiva 100 mg/kg KA (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006). Leivinhiiva sisältää tiamiinia 0,5 mg/100 g (Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ravitsemusyksikön elintarvikkeiden koostumustietopankki, Fineli 2010). Päivittäisen tarpeen täyttämiseksi reuhiivaa pitäisi syöttää noin 1080 g, panimohiivaa noin 950 g ja leivinhiivaa 7800 g. Tiamiinin puutteen korjaamiseksi syötettävä hiivamäärä on liian iso.

Päiväsaanti valmisteista on seuraava: Biorumin 120 mg, Super Vetrumin 100 mg, Rumex 600 mg, Rumevit 2400 mg. Tarpeeseen ja suositusmäärään nähden määrät ovat suuria, mutta tarpeellisia pötsihäiriöissä. Ne eivät kuitenkaan ole liian suuria, koska esimerkiksi tiamiinin puutokseen käytetty hoitoannos on 10 mg/kg (Naylor & Ralston 1991). Tiamiini on ehdottomasti tarpeellinen aine pötsilääkkeissä.

### B<sub>3</sub>-vitamiini (niasiini)

Niasiinin on todettu tehostavan pötsimikrobien proteiinisynteesiä ja ehkäisevän ketoosin esiintymistä vastapoikineilla lehmillä annoksella 12 g/pv (Brent & Bartley 1984). Niasiini myös pienentää riskiä sairastua maksan rasvoittumaan, koska se vähentää rasvan mobilisaatiota (Naylor & Ralston 1991).

Churchin (1988) mukaan niasiinin tarve lehmällä on 156 mg/pv ja synteesi pötsissä on 876 mg/vrk. Vaikka synteesi on moninkertainen tarpeeseen verrattuna, Brentin & Bartleyn (1984) mukaan se ei välttämättä ole riittävä korkeatuottoisella lehmällä. Myös Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan korkeatuottoinen lehmä hyötyy niasiinilisästä.

Valmisteista niasiinin päiväsaannit ovat: Biorumin 12 000 mg, Rumex 6000 mg ja Rumevit 12 000 mg. Panimohiiva sisältää niasiinia lähes 500 mg/kg (Naylor & Ralston 1991), joten niasiinin tarve olisi helppoa täyttää pelkällä hiivalla. Niasiini on hyödyllinen aine pötsilääkkeissä. Tarvitavaa määrää on kuitenkin vaikea arvioida.

### 9.3. Aminohapot ja niiden aineenvaihduntaan liittyvät yhdisteet (betaiini ja metioniini)

#### 9.3.1 Betaiini

Mitchellin ym. (1979) mukaan betaiini eli trimetyyliglysiini on aminohappoa muistuttava yhdiste, jota esiintyy monissa kasveissa. Kaupallisille markkinoille betaiinia saadaan sivutuotteena sokerijuurikkaan prosessoinnista (Mitchell ym. 1979). Betaiinia muodostuu myös eläinten elimistössä, aineenvaihduntatuotteena koliinin hapettumisreaktiossa (Davidson ym. 2008).

Mitchellin ym. (1979) mukaan betaiini metaboloituu pötsissä asetaatiksi, trimetyyliamiiniksi, metaaniksi ja hiilidioksidiksi, ja se hajoaa pötsissä nopeasti. Mitchell ym. (1979) havaitsivat pötsiin joutuneen betaiinin muuttumisnopeuden olevan noin 45 % tunnissa, puoliintumisajan ollessa 1,5 tuntia.

Betaiinia on tutkittu muun muassa sen mahdollisista vaikutuksista ruhon koostumukseen. Tutkimuksia on tehty pääasiassa sioilla ja siipikarjalla, mutta jonkin verran myös naudoilla. Erään tutkimuksen mukaan betaiini vähentää ruhon rasvapitoisuutta (Eklund ym. 2005).

Betaiinia on tutkittu tilanteissa, joissa metioniinin tarve on kasvanut (Loest ym. 2002, Davidson ym. 2008). Davidson ym. (2008) tutkivat betaiinia metyyliiryhmän luovuttajana korvaamassa metioniinia. Kokeessa käytetty betaiini oli pötsisuojuuttua ja sen annos oli 45 g/pv. Loestin ym. (2002) tutkimuksessa betaiinin määrät olivat 1,6 g/pv, 8 g/pv ja 16 g/pv. Kummassakaan edellä mainitussa tutkimuksessa betaiinilla ei havaittu olevan toivottua vaikutusta.

Wiedmeier ym. (1992) havaitsivat parantuneen kuidun (NDF) fermentaation runsaasti betaiinia sisältävällä sokerijuurikkaan sivutuotteella (CSB, Concentrated Separator Byproduct) verrattuna perinteiseen melassiin. CSB sisältää enemmän mineraaleja, tuhkaa ja raakaproteiinia ja vähemmän helpoliukoisia hiilihydraatteja kuin melassi (Wiedmeier ym. 1992). Wiedmeierin ym. (1992) mukaan parantunut kuidun sulaminen on mahdollisesti seurausta suuremman mineraalipitoisuuden myötä parantuneesta puskurointiaktiivisuudesta, ei runsaasta betaiinin määrästä.

Seuraavat valmisteet sisältävät betaiinia: Rumex 5,4 g/pv, Rumex pH-pasta 11,2 mg/pv, ReCo-vin pötsin pH pasta 11,2 g/pv.

Koska betaiini hajoaa pötsissä nopeasti eikä pötsisuojatusta betaiinista ole saatu hyödyllistä vaikutusta, voidaan päätellä, ettei valmisteiden sisältämä betaiini hyödytä märehäijää tai pötsimikrobeja pötsihäiriössä.

### 9.3.2 Metioniini

Märehäijä saa välttämättömät aminohapot, kuten metioniinin, ravinnosta tai pötsimikrobien syntetisoimina (Church 1988).

Metioniinilla on märehäijän elimistössä monia tärkeitä tehtäviä. Se toimii lähtöaineena proteiini-synteesissä vaikuttaen kasvuun (Loest ym. 2002) ja maidon proteiinien synteesiin (Davidson ym. 2008). Metioniini toimii metyyliiryhmän luovuttajana fosfolipidien synteesissä ja prekursorina lipoproteiinien (VLDL) kokoamiseen ja erittymiseen tarvittavien apolipoproteiinien synteesissä maksassa (Grummer 1993). Lipoproteiinit (VLDL) kuljettavat triglyseridejä maksasta perifeerisiin kudoksiin (Horton ym. 2006).

Metioniinia on valkuaispitoisissa rehuissa, muun muassa kaikissa kotoisissa viljoissa, palkokasveissa ja siemenissä, myös rehu- ja panimohiivat ja pellavansiemen sisältävät metioniinia (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006).

Shibanon & Kawamuran (2006) mukaan joissain tilanteissa, kuten tiineyden ja alkulaktaation aikana metioniinista saattaa tulla puutetta, kun sikiön kasvu ja maidontuotanto lisäävät sen tarvetta. Heidän mukaansa metioniinin puute poikimisen tienoilla on yhteydessä rasvamaksan kehittymiseen, koska maksan rasvoittumisesta kärsivillä lehmillä seerumin metioniinipitoisuudet olivat merkittävästi alhaisemmat kaksi viikkoa ennen ja kaksi viikkoa jälkeen poikimisen kuin terveillä lehmillä (Shibano & Kawamura 2006).

Yksittäisten aminohappojen tarvetta ja imeytyvää määrää märehäijöillä on vaikea arvioida niiden erikoisen ruuansulatuksen takia (Naylor & Ralston 1991). Rehusta saatu valkuainen hajoaa pötsissä aminohapoiksi, jonka jälkeen siitä syntetisoituu mikrobivalkuaista (Church 1988). Mikrobivalkuainen puolestaan kulkeutuu ohutsuoleen ja hajoaa siellä eläimen käytettävissä oleviksi

aminohapoiksi (Church 1988). Mikrobivalkuaisen laatua pidetään riittävän hyvänä myös metioniinin osalta, vaikka sen on arvioitu olevan maidontuotantoa rajoittava aminohappo, koska useat kasviproteiinit ja mikrobiroteiini sisältävät sitä niukasti (Naylor & Ralston 1991).

Valmisteista Super Vetrumin, Rumelan ja Rumevit sisältävät metioniinia. Metioniinin päivänannoksiksi näillä valmisteilla tulee 4 g, 2,1 g ja 16 g. Rypsirouhe sisältää metioniinia 13 g/kg KA ja säilörehu 32,6 g, esimerkikiruokinnalla päivittäisistä rehuista eläin saa metioniinia noin 58 g (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006). Päivittäiseen saantiin verrattuna valmisteissa olevat määrät ovat pieniä. En ole löytänyt kirjallisuudesta tietoa metioniinin vaikutuksista pötsihäiriöissä, joten en näe syytä lisätä sitä pötsilääkkeisiin.

#### 9.4 Hiivat

Valmisteissa hiivat on nimetty neljällä eri tavalla; reuhiiva, kuivahiiva, hiivauute ja Yea-Sacc. Työssäni oletan, että nämä kaikki hiivat tarkoittavat samaa hiivalajia (*Saccharomyces cerevisiae*), koska käyttämissäni tutkimuksissa ei puhuta muista hiivoista. Lynch & Martin (2002) nimeävät *Saccharomyces cerevisiae* -hiivan leipurin hiivaksi. Yea-Sacc taas on kaupallinen nimi *Saccharomyces cerevisiae* -viljelmälle (Newbold ym. 1996). Suomen Hiiva Oy:n (2010) mukaan kotimainen leivinhoiva on myös lajia *Saccharomyces cerevisiae*. Hiivauute taas on kuivatua panimohiivaa, joka sisältää eläviä hiivasoluja (Regnault 2010, kirjallinen tiedonanto).

Tutkimuksissa käytettävät hiivat sisältävät yleensä koko viljelmän eli eläviä hiivasoluja ja niiden kasvualustan (Lynch & Martin 2002). Niiden suositellut käyttömäärät ovat 3 - 110 g/eläin/pv (Martin & Nisbet 1992). Yea-Saccin suositeltu käyttömäärä on vähintään 10 g/eläin/päivä (Nisbet & Martin 1991). Myös kuivattuja hiivoja on tutkittu. Niistä valmistetut tuotteet sisältävät enemmän hiivasoluja, eikä mukana ole kasvatusalustaa (Lynch & Martin 2002).

Martinin & Nisbetin (1992) mukaan hiivat ovat lisänneet useissa *In vitro* tutkimuksissa sellulolyttisten bakteerien määrää pötsissä. Sellulolyttiset bakteerit hajottavat kasvisolujen seinämähiilihydraatteja (Staasjad ym. 2003), joten niiden lisääntymisen on arvioitu tehostavan kuidun sulamista pötsissä (Martin & Nisbet 1992).

Martinin & Nisbetin (1992) mukaan *S.cerevisiae* stimuloi selluloosaa hajottavien ja laktaattia käyttävien mikrobien kasvua tuottamalla niille kasvutekijöitä, esimerkiksi orgaanisia happoja, B-vitamiineja ja aminohappoja. Myös Nisbet & Martin (1991) ovat todenneet lisääntyneen laktaa-

tin käytön eräällä pötsissä runsaasti esiintyvällä, laktaattia käyttävällä mikrobilla (*Selomonas ruminantum*), kun kasvualustalle lisättiin Yea-Saccia pitoisuutena 5 g/l. Bakteerin itsensä kasvu lisääntyi kaksinkertaiseksi, kun kasvualustalle lisättiin laktaattia (2 g/l). Tutkijoiden mukaan vaikutukset johtuvat Yea-Saccin sisältämän omenahapon stimuloivasta vaikutuksesta.

Yea-Saccin on todettu lisäävän asetaatin, propionaatin ja haihtuvien rasvahappojen kokonaistuo-  
tanta, ja koska propionaatin tuotanto lisääntyi enemmän, asetaatti-propionaatti suhde aleni  
(Nisbet & Martin 1991).

Lynchin & Martinin (2002) mukaan hiivaviljelmän ja kuivatun hiivan vaikutuksella pötsifermentaatioon ei ollut merkittävää eroa, vaikka kuivattu hiiva sisältää 1000 kertaa enemmän hiivasoluja kuin viljelmä. Vastoin useita tutkimuksia edellä mainitussa tutkimuksessa kummallakaan hiivavalmisteella ei ollut merkittävää vaikutusta pötsinesteen happamuuteen tai VFA-pitoisuuteen. Tutkimuksessa käytetyt hiivaviljelmän ja kuivatun hiivan määrät olivat 0,35 g/l ja 0,73 g/l (Lynch & Martin 2002).

Marden ym. (2008) vertasivat tutkimuksessaan elävän *S.cerevisiae* hiivan, ja yleisesti puskurina käytetyn natriumbikarbonaatin vaikutusta pötsin pH:n stabiloijina ruokinnan jälkeen. Tämä tutkimus osoitti *S.cerevisiae*n (5 g/pv) stabiloivan pötsi pH:ta lähes yhtä tehokkaasti kuin natriumbikarbonaatin (150 g/pv). Tutkimuksessa keskimääräinen pötsin pH viiden tunnin kuluttua ruokinnasta oli natriumbikarbonaattia saaneilla lehmillä 6,21, hiivaa saaneilla lehmillä se oli 6,14 ja kontrolliruokinnassa olevilla 5,94. Laktaattia kertyi vähemmän, ja kuidun sulaminen oli tehokkaampaa hiivalla kuin natriumkarbonaatilla. Natriumbikarbonaatti toimii pelkästään puskurina, kun hiiva estää pH:ta alentavaa laktaatin kertymistä ja mahdollistaa paremman kuidun sulamisen (Marden ym. 2008).

Tutkimistani valmisteista hiivan päiväsaanneiksi tulee: Biorumin 5 g (*Saccharomyces cerevisiae* 50 miljardia pmy/kg), Super Vetrumin -jauhe 30 g (rehuhiiva 20 g, Yea-Sacc 10 g), Rumelan 64 g (kuivahiiva), Correct Pötsi-Potku 33 g (hiivauute).

Suomen Hiiva Oy:n (2010) mukaan 1 g leivinhiivaa sisältää 10 miljardia hiivasolua eli Biorumin sisältää 5 g hiivaa. Correct Pötsi-Potkun hiivauute on kuivattua panimohiivaa, joka sisältää eläviä hiivasoluja (Regnault 2010, kirjallinen tiedonanto). Kaikki valmisteet sisältävät hiivaa suositusten mukaisia määriä. Suosituksissa on tosin hyvin suuri vaihtelu: 3 - 110 g (Martin & Nisbet 1992). Toisin kuin monista muista ainesosista, hiivalla on todistettua vaikutusta ainakin happa-

muuden vähenemiseen ja kuidun sulamiseen, kun se edistää laktaatin käyttämistä pötsissä ja lisää sellulolyyttisten bakteereiden kasvua (Martin & Nisbet 1992). Se, että tutkitut hiivat ovat samaa kuin tavallinen leiviniiva ja suositusmäärät pieniä, tarjoaa helpon ja halvan kotikonstin hoitaa pötsihäiriöitä. Kuten rehuhiivoja ja panimohiivoja on tutkittu, myös leiviniivan vaikutuksia pötsifermentaatioon kannattaisi tutkia.

## 9.5 $\beta$ -karoteeni

$\beta$ -karoteeni on rehussa oleva tärkein A-vitamiinin esiaste märehijöillä (LeBlanc ym. 2004). Chewin (1987) mukaan  $\beta$ -karoteenista muodostuu A-vitamiinia suolen limakalvolla.

Karotenoideja on runsaasti lehtivihreässä, ja paras karotenoidien lähde onkin laidunruoho (Naylor & Ralston 1991). Säilörehuasteella olevat nurmikasvit sisältävät  $\beta$ -karoteenia 250 mg/kg KA (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006). Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan karotenoideja tuhoutuu heinän kuivauksessa kosteuden, hapen ja auringonvalon vaikutuksesta. Säilörehun korjuussa ei tällaista menekkiä pääse tapahtumaan, ja karotenoidit myös säilyvät säilörehussa hapettomien olosuhteiden ansiosta (Naylor & Ralston 1991). Säilörehu sisältää  $\beta$ -karoteenia kymmenen kertaa enemmän kuin kuivaheinä, eikä märehijä tarvitse A-vitamiini täydennystä säilörehuun perustuvalla ruokinnalla (Pyörälä & Tiihonen 2005). A-vitamiinia varastoituu runsaasti maksaan (Naylor & Ralston 1991). Suotuisalla laidunkaudella kerätyt varastot saattavat riittää jopa 4 - 6 kuukauden ajaksi (Pyörälä & Tiihonen 2005).

Monet elimistön stressitilanteet, esimerkiksi runsas maidontuotanto, lisäävät A-vitamiinin tarvetta (Pyörälä & Tiihonen 2005).  $\beta$ -karoteenilla ja A-vitamiinilla on vaikutuksia elimistön immuunijärjestelmään, ja niiden on havaittu toimivan suojaavina tekijöinä monia sairauksia vastaan (Chew 1987). Le Blanc ym. (2004) havaitsivat A-vitamiinilla (ja E-vitamiinilla) olevan suojaavan vaikutuksen jälkeisten jäämistä ja poikimisen jälkeen esiintyvää mastiittia vastaan.  $\beta$ -karoteenilla on oletettu olevan positiivisia vaikutuksia hedelmällisyyteen, koska sitä on löydetty suuria määriä keltarauhasesta (Naylor & Ralston 1991).

$\beta$ -karoteenilla on vaikutuksia myös rasvojen pötsifermentaatioon. Hino ym. (1993) havaitsivat, että 5 mg/l  $\beta$ -karoteenia (ja E vitamiinia) lisäsivät pötsimikrobien kasvua *In vitro*, kun kasvualustalle oli lisätty triglyseridejä (saflooriöljyä).  $\beta$ -karoteeni ja E-vitamiini lisäsivät myös selluloosan hajoamista triglyseridien läsnäollessa ja vähensivät tyydyttymättömien pitkäketjuisten rasvahappojen inhiboivaa vaikutusta pötsimikrobien kasvuun.  $\beta$ -karoteeni lisäsi mikrobien kasvua itsek-

seenkin, mutta yhteisvaikutus oli tehokkaampi. Koska rasvojen lisääminen rehuun heikentää kuidun sulamista pötsissä,  $\beta$ -karoteenin ja E-vitamiinin lisääminen rehuun saattaa lisätä mikrobi- en kasvua ja rasvahappojen hyväksikäyttöä pötsissä, kun rasvoja käytetään energialisärehuna (Hino ym. 1993). Meillä A-vitamiini suositus lypsävälle lehmälle on 3200 ky/kg KA (Rehuta- lukot ja ruokintasuositukset 2006), eli A-vitamiinin tarve esimerkkiruokinnalla on 64 000 ky. Kun 1 mg  $\beta$ -karoteenia vastaa 400 kansainvälistä yksikköä (ky) A-vitamiinia (Naylor & Ralston 1991), A-vitamiinin tarvetta vastaava  $\beta$ -karoteenin tarve esimerkkiruokinnalla on 160 mg/pv. Karoteenin hyväksikäyttö on noin 78 % (Pyörälä & Tiihonen 2005).

Valmisteista Super Vetrumin ja Rumevit sisältävät  $\beta$ -karoteenia. Näistä päiväsaanneiksi tulee 40 mg ja 160 mg. Hyvälaatuinen nurmisäilörehu sisältää karotenoideja 125 mg/kg KA (Rehuta- lukot ja ruokintasuositukset 2006). Syömällä 1,3 kuiva-ainekiloa säilörehua, lehmä saa täytettyä päivittäisen  $\beta$ -karoteeni tarpeensa.

Koska  $\beta$ -karoteenia on säilörehussa runsaasti, lehmä saa sitä riittävästi, vaikka sen ruokahalu olisi heikentynyt merkittävästi. Lisäksi maksassa on A-vitamiinia varastoituna, jota voidaan syönnin heikentyessä hyödyntää (Naylor & Ralston 1991). Pötsivalmisteisiin lisätyt  $\beta$ -karoteeni määrät ovat rehun mukana tulevaan määrään verrattuna erittäin pieniä eli on tarpeetonta lisätä  $\beta$ -karoteenia pötsilääkkeisiin.

## 9.6 Propyleeniglykoli ja kalsiumpropionaatti

Propyleeniglykoli on lypsylehmillä ketoosin ennaltaehkäisyyn yleisesti käytetty energialisä, jolla saadaan kohotettua veren glukoosipitoisuutta ja vähennettyä ketoainepitoisuutta (Kristensen & Raun 2007). Pyörälän & Tiihosen (2005) mukaan pötsihäiriön vuoksi syömättä olevalle lehmälle saattaa kehittyä sekundäärinen ketoosi, koska energian saanti on alentunut. Energiavaje ja pötsi- häiriöt ovat yleisiä poikimisen jälkeen, kun ruokintaa lisätään vastaamaan lisääntyvän maidon- tuotannon vaatimuksia (Pyörälä & Tiihonen 2005).

Propyleeniglykoli nostaa veren glukoosipitoisuutta lisäämällä glukogeenisten metaboliittien, L- laktaatin ja propionaatin osuutta veressä (Kristensen & Raun 2007). Samassa tutkimuksessa to- dettiin toinen propyleeniglykolin vaikutustapa. Propyleeniglykolin ja propanolin veripitoisuuksien kohoaminen ja ketogeenisten ja glukogeenisten metaboliittien suhteellisen osuuden piene- neminen aiheuttivat insuliiniresistenssiä perifeerisissä kudoksissa. Insuliiniresistenssi vähentää



kudosten glukoosin tarvetta, jolloin veren glukoosi- ja insuliinipitoisuudet kohoavat. Insuliini on lisäksi antilipolyttinen eli se vähentää tyydyttymättömien rasvahappojen vapautumista rasvasoluista ja ketoaineiden muodostumista maksassa näistä rasvahapoista (Kristensen & Raun 2007).

Kristensenin & Raunin (2007) mukaan osa propyleeniglykolista metaboloituu pötsissä, osa taas imeytyy muuttumattomana. Propyleeniglykolin (650 g) antamisen jälkeen propionaatin ja muiden propyleeniglykolin metaboliatuotteiden (propanoli ja propanali) suhteelliset osuudet pötsissä lisääntyvät (Kristensen & Raun 2007). Saman tutkimuksen mukaan plasman propyleeniglykoli-, propionaatti-, glukoosi-, laktaatti- ja insuliinipitoisuudet kohosivat, plasman asetaatti ja  $\beta$ -hyroksivoihappo pitoisuudet taas laskivat. 650 g propyleeniglykolia pötsiin lisättynä ei muuttanut pötsinesteen pH:ta (Kristensen & Raun 2007). Myöskään Nielsenin & Ingvarsenin (2004) mukaan annokset 200 - 688 g/pv eivät vaikuta pötsinesteen pH arvoon.

Chung ym. (2009) ovat verranneet kuivatuoitteena tai nestemäisenä annetun propyleeniglykolin vaikutuksia, tutkimuksessa käytettiin propyleeniglykolille määrää 162,5 g/pv. Edellä mainitussa tutkimuksessa propyleeniglykolin teho oli parempi silloin kun se annettiin kerta-annoksena (top dressing), kuin että se annettiin kuivana, rehuannokseen sekoitettuna. Rehuun sekoitetun propyleeniglykolin syöntimäärä oli keskimäärin 30 g neljän tunnin kuluttua rehun jaosta, kun kerta-annoksena lehmien saama määrä oli 162,5 g (Chung ym. 2009). Kuitenkin myös rehun mukana syöty propyleeniglykoli laski plasman BHBA-pitoisuutta, vaikka määrä oli pienempi (Chung ym. 2009).

Suomessa ketoosin ennalta ehkäisyyn propyleeniglykolilla on käytetty määrää 300 g/pv (Pyörälä & Tiihonen 2005).

Kahdessa valmisteessa (Rumex pH-pasta ja Correct Pötsi-Potku) on mukana propyleeniglykolia. Sen saantimääräksi tulee ohjeannoksien mukaan 80,2 ja 49 g/pv, lisäksi Correct Pötsi-Potkussa on kalsiumpropionaattia 107 g.

Propyleeniglykoli on hyvä ja todistetusti märehittävän verensokeria nostava ainesosa. Riittävänä määränä se olisi paikallaan kaikissa valmisteissa, jotka on tarkoitettu herumiskaudella olevan, syömättömän lehmän hoitoon. Toisaalta propyleeniglykolia on helppo antaa lehmälle erillisenä nestemäisenä valmisteena. Rumex pH-pastassa oleva propyleeniglykolin määrä on kohtalaisen pieni, mutta koska jo 30 g/pv laski plasman ketoainepitoisuutta (Chung ym. 2009), määrä on

mahdollisesti riittävä vaikuttaakseen. Propyleeniglykolin etuna on lisäksi se, että se ei vaikuta pötsinesteen happamuuteen (Nielsen & Ingvarsen 2004), joten sitä voi antaa myös happamaan pötsiin.

Propionaatin osuus kalsiumpropionaatista on 70 - 80 % (Karkela ym. 2010) eli Correct Pötsi-Potkusta noin 75 - 85 g. Yksittäisenä aineena kalsiumpropionaatista tuleva propionaatin määrä on pieni, mutta koska Correct Pötsi-Potku sisältää myös propyleeniglykolia yhteisvaikutus on parempi.

## 9.7 Yrtit

### 9.7.1 Gentiana-jauhe

Gentiana-jauheen vaikutuksista pötsissä ei löydy kirjallisuutta. Edes farmasian erikoiskokeelmista siitä ei löytynyt tietoa suomenkielellä eikä englanninkielellä.

Valiolta kyselyäni sain sähköpostitse tiedonannon, jossa gentianajauheen kerrottiin sisältävän keltakatkeron (*Gentiana lutea*) katkerojuurta, jonka käytön indikaationa lehmillä on ruuansulatushäiriöt (Amaqdouf 2009, sähköpostivastaus). Gentiana -jauhetta on käytetty myös ihmispuolella anoreksian hoitoon, koska Correct Pötsi-Potkun kehittäjän (Nikolai Agger, Pharmalett A/S) mukaan se kiihottaa ruokahalua (Amaqdouf 2009, sähköpostivastaus).

Yrteistä muun muassa ihonhoitotuotteita valmistavan yrityksen (Ageless) internet sivuston mukaan keltakatkerolla on tulehduksia lieventävä ja kuumetta alentava vaikutus, ja se on kitkerä ja karvas mahastimulantti. Samalla sivustolla esitetään, että gentianaa käytetään ruuansulatushäiriöissä ja ruokahaluttomuuden hoidossa, ja silloin kun syljen ja ruuansulatusnesteiden erittyminen on vähentynyt, ja että se stimuloi makuhermoja ja lisää syljen, ruuansulatusnesteiden ja sapen erittymistä reflektorisesti vagushermon kautta.

Gentiana-jauhetta on Correct Pötsi-Potkussa, saanti 16,5 g/pv. Kirjallisuuden puutteen vuoksi määrään ei voi ottaa kantaa.

## 9.8 Muut

### 9.8.1 Maitojauhe, kaseiini ja raakaproteiini

Maitojauhe on maitoa, josta on poistettu vesi. Maitojauhe sisältää laktoosia, rasvaa ja proteiineja, lypsykauden aikana suurin osa maidon proteiineista on kaseiinia (Naylor & Ralston 1991).

Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan kaseiini hajoaa pötsissä hyvin nopeasti ja lähes täydellisesti peptideiksi, aminohapoiksi tai ammoniakiksi. Vaikka kaseiini on proteiinina korkealaatuista, pötsihajoavuuden vuoksi märehittäjä ei pysty hyödyntämään sen aminohappoja suoraan, vaan kaseiini on sille samanarvoinen typpiyhdiste kuin urea (Naylor & Ralston 1991).

Kaseiinia on Super Vetruminissa, josta sen saanniksi tulee 40 g/pv. Maitojauhetta on Rumelanissa ja sen saanniksi tulee 13,4 g/pv. Raakavalkuaista on Rumexissa 19,5 g. Alku- ja keskilaktaation aikana raakaproteiinin optimaalinen taso ruokinnassa on 16 - 18 % KA:sta eli ruokinnalla 20 kg kuiva-ainetta proteiinin optimaalinen taso on 3,2 - 3,6 kg (Brand 2001). Tarpeeseen verrattuna määrät ovat mitättömän pieniä, lisäksi kaseiini ja maitojauhe ovat liian kalliita raaka-aineita pötsiin laitettavaksi.

### 9.8.2 Glukoosi

Glukoosia ei Churchin (1988) mukaan imeydy huomattavia määriä märehittäjän ruuansulatuskanavasta, koska mikrobit fermentoivat sen pötsissä. Kudoksissa tarvittavan glukoosin märehittäjä muodostaa maksassa pääasiassa propionaatista, mutta myös aminohapoista, glyserolista ja laktaatista (Church 1988). Runsaassa tuotoksessa olevan lehmän glukoosin tarve pelkästään päivittäiseen maitotuotokseen, josta suurin osa menee laktoosin tuotantoon, saattaa olla 2 kg (Church 1988).

Super Vetruminissa, Rumelanissa ja Rumexissa on glukoosia. Päiväsaanneiksi näistä valmisteista tulee 30 g, 32,4, 24 g. Päivittäiseen tarpeeseen nähden määrät ovat merkityksettömän pieniä. Suun kautta annettu glukoosi ei vaikuta märehittäjän veren sokeria kohottavasti, pötsimikrobit tosin saisivat suun kautta annetusta glukoosista hiilihydraattia, mutta näin pieni määrä ei riitä siihenkään.

### 9.8.3 Maissitärkkelys

Maissitärkkelystä on Super Vetrumin -jauheessa ja sen päiväsaanniksi tulee noin 81 g, todennäköisesti se on mukana täyteaineena. Ohrassa on tärkkelystä noin 500 g / kg KA (Rehutaulukot ja ruokintasuositukset 2006), joten tärkkelyksen saantiin tällä ainesosalla ja sen määrällä ei ole vaikutusta.

## 10 HYVÄ PÖTSILÄÄKE

### 10.1 Hapan pötsi

#### 10.1.1 Happamuuden alentaminen puskurilla tai alkaloivalla aineella

Tärkein tavoite happaman pötsin hoidossa on pH:n alentaminen. Natriumbikarbonaatti eli ruokasooda on tehokkuutensa lisäksi käytännöllinen puskuri, koska sen käyttömäärät ovat kohtuullisen pieniä ja sitä on helposti saatavilla. Magnesiumoksidi taas on tehokas alkaloiva aine. Natriumbikarbonaatti on nopeavaikutteisempi kuin magnesiumoksidi, ja se on myös turvallisempi jos diagnoosi ei ole oikea, koska MgO alkaloi pH:sta riippumatta (Le Ruyet & Tucker 1992).

Tehokkuuden ja turvallisuuden vuoksi pH:ta alentavia aineita kannattaa yhdistää. Eräs suositus on 2 - 3 osaa natriumbikarbonaattia ja 1 osa magnesiumoksidia (Brand 2001). Brandin (2001) suositus natriumbikarbonaatin määrästä pötsihäiriöiden ennaltaehkäisyssä on 110 - 225 g/pv (ka. 168 g/pv). Erdmanin ym. (1980) mukaan 310 g/pv lisäsi syöntikykyä, ja Naylorin & Ralstonin (1991) mukaan happaman pötsin ennaltaehkäisyyn riittävä annos on 0,75 % päivittäisen rehun KA:sta (työssä käytetyllä esimerkkiruokinnalla annos on 150 g/pv). Natriumbikarbonaatin annokseksi saadaan 209 g/pv, kun lasketaan keskiarvo (ka.) kaikista edellä mainituista määristä, natriumkarbonaatin osuus seoksessa on 2/3, eli 140 g/pv.

Magnesiumoksidin suositusmäärä happaman pötsin hoitoon 200 - 400 g/pv (Pyörälä & Tiihonen 2005) ja 450 g/450 kg (667 g/600 kg) (Radostits ym. 2000). Ennaltaehkäisyyn suositeltu määrä on 50 - 90 g/pv (Brand 2001). Kun edellä mainituista määristä (50 g, 200 g, 667 g) lasketaan keskiarvo, magnesiumoksidin annokseksi saadaan 359 g/pv. Magnesiumoksidin osuus seoksessa on 1/3 eli 120 g/pv.

Hoitaisiin hapanta pötsiä seuraavanlaisella seoksella: natriumbikarbonaattia 140 g ja magnesiumoksidia 120 g, tai vaihtoehtoisesti pelkällä natriumbikarbonaatilla eli ruokasoodalla, annoksella

210 g/pv. Mainitut aineet eivät ole maittavia (Naylor & Ralston 1991), joten ne kannattaa liuottaa pieneen määrään vettä ja juottaa eläimelle pullolla. Molemmat liukenevat hyvin veteen.

#### 10.1.2 Happamuuden alentaminen hiivalla

Hiivan on todettu vähentävän pötsinesteen laktaattipitoisuutta (Martin & Nisbet 1992) ja kohottavan pH:ta (Marden ym. 2008).

Hiivaviljelmien käytölle on annettu suosituksia: 3 - 110 g/eläin/pv (Martin & Nisbet 1992), Yeasaccin käytölle suositus on 10 g/eläin/pv (Nisbet & Martin 1991). Edellä mainituilla suositusmäärillä on suuri vaihtelu, ja lisäksi *In vitro* tutkimuksien yksiköt eivät ole vertailukelpoisia. Marden ym. (2008) havaitsivat elävän hiivan stabiloivan pH:ta (vähensi laktaattia ja lisäsi kuidun sulamista) annoksella 5 g/pv lähes samalla tavalla kuin 150 g natriumbikarbonaattia.

Annossuositusten suuren vaihtelun vuoksi tarkkaa annostusohjetta on vaikea antaa. Koska kuivahiiva ei sisällä vähempää hiivasoluja kuin viljelmä (Lynch & Martin 2002), sille voidaan soveltaa viljelmälle käytettyjä annoksia. Koska leivontaan käytettävät kuivahiivat ovat 11 g annospusseissa ja tuorehiiva 50 g paloissa, voinee suositukseksi antaa vähintään 1 pussi kuivahiivaa tai 1 pala tuorehiivaa päivittäin.

#### 10.1.3 Propyleeniglykolia energialähteeksi

Propyleeniglykolilla saadaan kohotettua syömättömän lehmän veren sokeripitoisuutta ja vähennettyä veren ketoainepitoisuutta (Kristensen & Raun 2007). Sitä voi antaa myös happamaan pötsiin, koska se ei alenna pötsin pH:ta (Kristensen & Raun 2007), (Nielsen & Ingvarsen 2004)).

Chungin ym. (2009) mukaan propyleeniglykoli vähensi plasman ketoainepitoisuutta annoksella 162,5 g/pv, ja Kristensen & Raun (2007) ovat saaneet hyviä tuloksia annoksella 650 g/pv. Meillä suositus ketoosin jatkohoitoon on 300 g/pv (Pyörälä & Tiihonen 2005).

Edellä mainittujen perusteella suosittelen happaman pötsin tukihoidoksi propyleeniglykolia annoksella 150 - 300 g/pv. Propyleeniglykoli ei ole maittavaa (Pyörälä & Tiihonen 2005) eli sekin on juotettava eläimelle.

#### 10.3.4 Tiamiinia sen puutokseen

Happaman pötsin yhteydessä esiintyy tiamiinin puutosta tiaminaasin tuotannon takia (Naylor & Ralston 1991).

Tiamiinin tarpeen on arvioitu olevan 700 kg painavalla lehmällä 46 mg (Church 1988). Tiamiinin puutoksen, kerebrokortikaali nekroosin hoitoon naudoilla käytetään annosta 10 mg/kg neljästi ensimmäisen vuorokauden aikana, jonka jälkeen sama määrä kerran vuorokaudessa (Naylor & Ralston 1991). Happaman pötsin kyseessä ollen voidaan epäillä tiamiinin puutetta ja sisällyttää pötsilääkkeeseen tiamiinia 10 mg/kg eli 600 kg painavalle lehmälle 6000 mg.

### 10.3.5 Kuiva heinä

Märehtiminen tehostaa rehun sulamista pötsissä, koska rehun pureskeleminen pienentää rehupartikkeleita ja edistää niiden etenemistä pötsin kerroksesta toiseen ja edelleen eteenpäin ruuansulatuskanavassa (Sjaastad ym. 2003). Happaman pötsin hoidossa märehtimisen tärkeä vaikutus on syljen erittymisen ja sen puskurointivaikutuksen lisääntyminen pötsissä (Dehority 2003).

Kuivan heinän syöminen lisää märehtimistä. Märehtiminen ja märepalan nouseminen suuhun tapahtuu refleksin seurauksena, kun kortinen rehu stimuloi ruokatorven aukon hermopäätteitä (Sjaastad ym. 2003). Refleksin stimuloimiseksi korsien täytyy olla yli 10 millimetrin mittaisia (Church 1988). Happaman pötsin tukihoitona kannattaa syöttää kuivaa heinää, jonka korren pituus on vähintään 1 cm.

## 10.2 Simple indigestio

### 10.2.1 Hiiva

Käytettäessä hiivaa pötsilääkkeenä yksinkertaisessa pötsihäiriössä, kuidun sulamisen lisääntyminen (Martin & Nisbet 1992) on edullinen vaikutus. Myös pH:n kohoaminen (Marden ym. 2008) ja haihtuvien rasvahappojen muodostumisen lisääntyminen (Nisbet & Martin 1991) ovat positiivisia vaikutuksia.

Annokseksi suosittelen samaa kuin happaman pötsin hoitoon: vähintään 1 pussillinen kuivattua leivinhiivaa tai 1 pala tuorehiivaa päivittäin.

### 10.2.2 Propyleeniglykoli

Propyleeniglykolin käyttöindikaatio yksinkertaisessa pötsihäiriössä on sama kuin happamassa pötsissä eli tukihoidon syömättömyyteen. Myös annos on sama, 150 - 300 g/pv.

### 10.2.3 Koboltti

Kobolttia tarvitaan B<sub>12</sub>-vitamiinin synteesiin ja B<sub>12</sub>-vitamiinia taas tarvitaan glukoosin uudis- muodostukseen (Church 1988). Kobolttilisä kannattaa antaa karbonaattina-, sulfaattina- tai oksidi- dina (Church 1988).

Kun koboltin tarve riittävään B<sub>12</sub>-vitamiinin synteesiin on 0,1- 0,15 mg/kg KA ja kobolttisulfaat- ti sisältää 40 % kobolttia (Karkela ym. 2010), riittävä kobolttisulfaatin määrä pötsilääkkeessä on 5 - 7,5 mg.

### 10.2.4 Kuiva heinä

Kuivaheinän käyttöindikaatio on sama yksinkertaisessa pötsihäiriössä kuin happamassa pötsissä, rehun sulamisen tehostaminen ja syljen puskurointivaikutuksen lisääntyminen. Yli senttimetrin mittaisille heinäkorsille ei ole tarvetta määritellä annosta, vaan niitä kannattaa syöttää vapaasti, jos eläin niitä suostuu syömään.

### 10.2.5 Seleni

Seleenin on todettu olevan hyödyllinen aine alkueläimille annoksella 0,279 mg/kg KA (Mihalikova ym. 2005) ja orgaaninen seleeni on tehokkaammin hyväksikäytettävissä, kuin epäorgaani- nen (Mihalikova ym. 2005). Myös pötsimikrobit käyttävät seleeniä proteiinisynteesissään (Church 1988). Lypsylehmän seleenin tarve on 0,1 mg/kg KA (Rehutaulukot ja ruokintasuosi- tukset 2006) ja noin 60 % saadusta seleenistä pystytään hyödyntämään (Church 1988).

Edellisten perusteella lisäksi pötsilääkkeeseen mikrobiston tasapainottamiseksi seleenimetionii- nia 10 mg/pv.

### 10.2.6 Niasiini

Niasiinin on todettu tehostavan pötsimikrobien proteiinisynteesiä annoksella 12 g/pv (Brent & Bartley 1984). Niasiini myös pienentää riskiä sairastua poikimisen tienoilla maksan rasvoittumaan (Naylor & Ralston 1991) ja ketoosiin (Brent & Bartley 1984).

Niasiinin tarve lehmällä on 182 mg/pv (Church 1988). Brentin & Bartleyn (1984) mukaan korkeatuottoisella lehmällä niasiinin pötsisynteesi ei välttämättä riitä. Naylor & Ralston (1991) suosittelevat korkeatuottoisille lehmille päivittäistä niasiinilisää annoksella 6 g/pv. Tarvittavaa määrää on vaikea arvioida, mutta edellisten perusteella lisäisin sitä pötsilääkkeeseen 12 g.

### 10.3 Emäksinen pötsi

Emäksinen pötsi hapatetaan 5 %:lla etikkahapolla, jota juotetaan 600 kg painavalle eläimelle 5,3 litraa (Church 1988). Lisäksi voi juottaa kylmää vettä urean laimentamiseksi ja sen hajoamisen hidastamiseksi (Church 1988).

## 11 KIRJALLISUUSLUETTELO

Amaqdouf Karim, Virbac. Kirjallinen tiedonanto, 6.11.2009.

Ammerman, C. B. & Goodrich, R. D. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. *Journal of animal science* 57 Suppl 2 519-533.

Brand A, Noordhuizen JPTM, Schukken YH. Herd health and production management in dairy practice. 3. p. Wageningen Pers, The Netherlands 2001.

Brent, B. E. & Bartley, E. E. 1984. Thiamin and niacin in the rumen. *Journal of animal science* 59 (3): 813-822.

Chew, B. P. 1987. Immune function: relationship of nutrition and disease control. Vitamin A and beta-carotene on host defense. *Journal of dairy science* 70 (12): 2732-2743.

Chung, Y. H., Brown, N. E., Martinez, C. M., Cassidy, T. W. & Varga, G. A. 2009. Effects of rumen-protected choline and dry propylene glycol on feed intake and blood parameters for Holstein dairy cows in early lactation. *Journal of dairy science* 92 (6): 2729-2736.

Church DC. The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. 3. p. Prentice Hall, New Jersey 1988.

Davidson, S., Hopkins, B. A., Odle, J., Brownie, C., Fellner, V. & Whitlow, L. W. 2008. Supplementing limited methionine diets with rumen-protected methionine, betaine, and choline in early lactation Holstein cows. *Journal of dairy science* 91 (4): 1552-1559.

Dehority BA. Rumen microbiology. 1. p. Nottingham university press, Nottingham 2003.



- Eklund, M., Bauer, E., Wamatu, J. & Mosenthin, R. 2005. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutrition research reviews* 18 (1): 31-48.
- Emmanuel, B., Lawlor, M. J. & McAleese, D. 1970. The effect of phosphate and carbonate-bicarbonate supplements on the rumen buffering systems of sheep. *The British journal of nutrition* 24 (3): 653-660.
- Erdman, R. A., Botts, R. L., Hemken, R. W. & Bull, L. S. 1980. Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation. *Journal of dairy science* 63 (6): 923-930.
- Gerloff, B. J. 1992. Effect of selenium supplementation on dairy cattle. *Journal of animal science* 70 (12): 3934-3940.
- Grummer, R. R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of dairy science* 76 (12): 3882-3896.
- Hino, T., Andoh, N. & Ohgi, H. 1993. Effects of beta-carotene and alpha-tocopherol on rumen bacteria in the utilization of long-chain fatty acids and cellulose. *Journal of dairy science* 76 (2): 600-605.
- Hobson PN, Stewart CS. *The rumen microbial ecosystem*. 2. p. Blackie Academic and Professional, London 1997.
- Horton HR, Moran RA, Scrimgeour KG, Perry MD, Rawn JD. *Principles of biochemistry*. 4. p. Pearson Prentice Hall, New Jersey 2006.
- Ageless, kaupallinen internetsivusto.  
<<http://www.ageless.co.za/herb-gentian-root.htm#Properties>>, haettu 5.2.2010.
- Karkela L, Kervinen M, Meriläinen P, Parkkila I, Seppänen R. *MAOL-taulukot*. 8. p. kustannusosakeyhtiö Otava, Helsinki 2010.
- Kristensen, N. B. & Raun, B. M. 2007. Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. *Journal of dairy science* 90 (10): 4707-4717.
- Le Ruyet, P. & Tucker, W. B. 1992. Ruminal buffers: temporal effects on buffering capacity and pH of ruminal fluid from cows fed a high concentrate diet. *Journal of dairy science* 75 (4): 1069-1077.
- LeBlanc, S. J., Herdt, T. H., Seymour, W. M., Duffield, T. F. & Leslie, K. E. 2004. Peripartum serum vitamin E, retinol, and beta-carotene in dairy cattle and their associations with disease. *Journal of dairy science* 87 (3): 609-619.
- Loest, C. A., Titgemeyer, E. C., St-jean, G., Van Metret, D. C. & Smith, J. S. 2002. Methionine as a methyl group donor in growing cattle. *Journal of animal science* 80 (8): 2197-2206.
- Lynch, H. A. & Martin, S. A. 2002. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture and *Saccharomyces cerevisiae* live cells on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. *Journal of dairy science* 85 (10): 2603-2608.

- Marden, J. P., Julien, C., Monteils, V., Auclair, E., Moncoulon, R. & Bayourthe, C. 2008. How does live yeast differ from sodium bicarbonate to stabilize ruminal pH in high-yielding dairy cows? *Journal of dairy science* 91 (9): 3528-3535.
- Martin, S. A. & Nisbet, D. J. 1992. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. *Journal of dairy science* 75 (6): 1736-1744.
- Mihalikova, K., Gresakova, L., Boldizarova, K., Faix, S., Leng, L. & Kisidayova, S. 2005. The effects of organic selenium supplementation on the rumen ciliate population in sheep. *Folia microbiologica* 50 (4): 353-356.
- Mitchell, A. D., Chappell, A. & Knox, K. L. 1979. Metabolism of betaine in the ruminant. *Journal of animal science* 49 (3): 764-774.
- Naylor JM, Ralston SL. Large animal clinical nutrition. 1. p. Mosby-Year Book Inc, USA 1991.
- Newbold, C. J., Wallace, R. J. & McIntosh, F. M. 1996. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *The British journal of nutrition* 76 (2): 249-261.
- Nielsen, N. I. & Ingvarsen, K. L. 2004. Propylene glycol for dairy cows: A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Animal Feed Science and Technology* 115 (3-4): 191-213.
- Nisbet, D. J. & Martin, S. A. 1991. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *Journal of animal science* 69 (11): 4628-4633.
- Plaizier, J. C., Krause, D. O., Gozho, G. N. & McBride, B. W. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Julkaisussa: Veterinary Journal; Symposium on Production Diseases of the Transition cow. ELSEVIER SCI LTD, OXFORD; THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, s. 21-31.*
- Radostits OM, Gay CG, Blood DC, Hinchcliff KW. *Veterinary medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses.* 9. p. Saunders, Toronto 2000.
- Regnault André 2010, Virbac. Kirjallinen tiedonanto 9.3.2010.
- Rehutilukot ja ruokintasuositukset 2006. Märehtijät, siat, siipikarja, turkiseläimet, hevokset. MTT, Jokioinen 2006.
- Russell, J. B. & Chow, J. M. 1993. Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate production. *Journal of dairy science* 76 (3): 826-830.
- Schaefer, D. M., Wheeler, L. J., Noller, C. H., Keyser, R. B. & White, J. L. 1982. Neutralization of acid in the rumen by magnesium oxide and magnesium carbonate. *Journal of dairy science* 65 (5): 732-739.
- Shibano, K. & Kawamura, S. 2006. Serum free amino acid concentration in hepatic lipidosis of dairy cows in the periparturient period. *The Journal of veterinary medical science / the Japanese Society of Veterinary Science* 68 (4): 393-396.

Sjaastad ØV, Hove K, Sand O. Physiology of domestic animals. 1. p. Scandinavian veterinary press, Oslo 2003.

Smith BP. Large animal internal medicine. 2. p. Mosby-Year book, Inc., USA 1996.

Smith BP. Large animal internal medicine. 3. p. Mosby inc., USA 2002.

Spears, J. W. 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. The Journal of nutrition 133 (5 Suppl 1): 1506S-9S.

Suomen hiiva Oy:n kotisivut.

<http://www.suomenhiiva.fi/faktat/kasvatus.html>, haettu 6.2.2010.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ravitsemusyksikön elintarvikkeiden koostumustietopankki, Fineli.

<http://www.fineli.fi/food.php?foodid=26&lang=fi>, haettu 7.3.2010.

Tiffany, M. E., Fellner, V. & Spears, J. W. 2006. Influence of cobalt concentration on vitamin B12 production and fermentation of mixed ruminal microorganisms grown in continuous culture flow-through fermentors. Journal of animal science 84 (3): 635-640.

Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2. p. Cornell University press., USA 1994.

Wiedmeier, R. D., Tanner, B. H., Bair, J. R., Shenton, H. T., Arambel, M. J. & Walters, J. L. 1992. Effects of a New Molasses By-Product, Concentrated Separator By-Product, on Nutrient Digestibility and Ruminant Fermentation in Cattle. Journal of animal science 70 (6): 1936-1940.