



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Fuktig spannmål inokulerad med jäst och mjölksyrabakterier till växande grisar

Joanna Oliver

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **411**

Uppsala 2013

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **411**

Examensarbete, 30 hp

Masterarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 30 hp

Master thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Fuktig spannmål inokulerad med jäst och mjölksyrabakterier till växande grisar

Moist crimped barley inoculated with yeast and lactic acid bacteria

Joanna Oliver

Handledare: Karin Lyberg
Supervisor:
Bitr. handledare:
Assistant supervisor:
Examinator: Jan Erik Lindberg
Examiner:
Omfattning: 30 hp
Extent:
Kurstitel: Examensarbete i husdjursvetenskap
Course title:
Kurskod: EX0552
Course code:
Program: Agronomprogrammet - Husdjur
Programme:
Nivå: Avancerad A2E
Level:
Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:
Utgivningsår: 2013
Year of publication:
Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 411
Series name, part No:
On-line publicering:
On-line published: <http://epsilon.slu.se>
Nyckelord: Fuktig spannmål, korn, gris, *Wickerhamomyces anomalus*, mjölksyrabakterier, smältbarhet
Key words:

SAMMANFATTNING

En stor del av energikostnaderna inom lantbruket går åt till att torka spannmål. Ett alternativ till torkning och ett sätt att minska kostnaderna är att lagra in och använda fuktig spannmål. Problemet med det kan vara att fuktig spannmål är en gynnsam miljö för skadliga mikroorganismer och kan ge stora problem om något går fel under fermenteringsprocessen och om lagringen inte blir stabil. Tidigare forskning med jästen *Wickerhamomyces anomalus* har visat på positiva egenskaper som bland annat hämmande av skadliga mikroorganismer och ökad tillgänglighet av fosfor. Syftet med denna studie var därför att utvärdera hur fuktig spannmål ympat med *W. anomalus* och mjölksyrabakterier påverkar smältbarheten av råprotein, kalcium och fosfor hos växande grisar samt att utvärdera hur jästen och mjölksyrabakterierna påverkar foderhygiener. Totalt ingick 6 kastrerade hangrisar (30±4) kg som genom operation försågs med en PVTC- fistel. Försöket var uppbyggt enligt en change-over design och pågick under sex perioder som innefattade fyra foderbehandlingar baserat på korn och premix; torkad (T), fuktig (F), fuktig ympad med *W. anomalus* (W) och fuktig ympad med *W. anomalus* och mjölksyrabakterier (WM). Resultaten visade att mögel kunde främst ses i foder T samt F i endast första perioden. Jäst kunde i princip ses i alla foder dock var innehållet lägre i de tre sista perioderna för foder W och WM. *Enterobacteriaceae* detekterades endast i foder T under hela försöket. Uppmätt pH var lägst i foder WM och högst i foder F. Ileal skenbar smältbarhet (AID), total skenbar smältbarhet (TTD) och standardiserad ileal smältbarhet (SID) visade inga signifikanta skillnader mellan T, F, W och WM på varken organisk substans, råprotein, kalcium eller fosfor. Försöket visade att det går utmärkt att utfodra grisar med fuktigt spannmål och ur hälsosynpunkt är de ympade fodren att föredra.

ABSTRACT

A large proportion of the energy costs in agriculture are used for high-temperature drying. An alternative method to high-temperature drying and a way to reduce costs is to store and use moist crimped grain. One problem with storing high moisture grain is that the environment is favorable for microorganisms and a malfunctioning airtight storage can lead to spoilage of fungi and mould. Earlier research with the yeast *Wickerhamomyces anomalus* have shown positive properties including inhibition of harmful microorganisms and increased availability of phosphorus. The purpose of this study was to evaluate moist crimped grain inoculated with *W. anomalus* and lactic acid bacteria on the digestibility of crude protein, calcium and phosphorus in growing pigs and to evaluate the effect of yeast and lactic acid bacteria on feed hygiene. Six castrated male pigs (30 ± 4) kg were surgically fitted with a PVTC – cannula. The experiment were arranged in a change-over design with six periods and four feed treatments based on barley and premix, dried (T), moist (F), moist inoculated with *W. anomalus* (W) and moist inoculated with *W. anomalus* and lactic acid bacteria (WM). The results showed mould in T during all periods and in F in the first period. Yeast was detected in every treatment, however, yeast was lower in the last three periods of W and WM. There were only *Enterobacteriaceae* in T throughout the experiment. Measured pH were lowest in WM and highest in F. Apparent ileal digestibility (AID), total tract digestibility (TTD) and standardized ileal digestibility (SID) showed no significant differences between T, F, W, and WM on organic substance, crude protein, calcium, and phosphorus. The experiment showed that it is possible to feed pigs with high moisture grain and the inoculated feed treatments are preferred with regarding to feed hygiene.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
ABSTRACT	1
1 INLEDNING	3
2 LITTERATURSTUDIE.....	4
2.1 Fuktig spannmål	4
2.1.2 Wickerhamomyces anomalus och mjölksyrabakterier.....	5
2.1.3 Energibehov för våtlagrad och torkad spannmål	6
2.2 Blötutfodring	7
2.3 Protein och aminosyror	8
2.4 Fekal och ileal smältbarhet.....	8
2.5 Fosfor	9
3 MATERIAL OCH METODER	10
3.1 Djurmaterial och försöksstall	10
3.2 Försöksdesign, foder och utfodring	10
3.3 Provtagning och analys	11
3.4. Kvantifiering av mikroorganismer.....	12
3.5 Beräkningar	12
3.6 Statistiska beräkningar	12
4 RESULTAT	13
5 DISKUSSION	15
REFERENSER.....	17

1 INLEDNING

I tempererade länder som Sverige skördas spannmålen vid en relativt hög vattenhalt (~21 %) för att undvika mögelangrepp ute i fält på grund av det varierande klimatet under sensommaren och hösten. Att hetluftstorka spannmål är en vanlig metod att förhindra angrepp av skadliga mikroorganismer och på så sätt lagra den på ett säkert sätt. Spannmålen torkas oftast ner till en vattenhalt på 13 %. Hetluftstorkingen kräver cirka 60 % av den totala energin som går åt till att odla spannmålen (Pick *et al.*, 1989; Petersson *et al.*, 1999). Med dagens ökade energipriser är alternativa metoder för att lagra spannmål en nödvändighet. Konserverad spannmål i lufttät silos eller i plasttuber är ett bra och kostnadseffektivt alternativ eftersom den här metoden kräver endast ca 2 % av den energi som förbrukas vid hetluftstorkning (Pick *et al.*, 1989). Syret i den lufttäta lagringen förbrukas och omvandlas till koldioxid genom respiration av spannmålen och de mikroorganismer som finns naturligt. I praktiken får man oftast problem med läckage av luft in till silon, särskilt under våren då tryck och temperaturväxlingar är som störst. Tillväxt av mjölksyrabakterier som sänker pH och den naturliga fermenteringen kommer då inte igång ordentligt vilket kan bidra till tillväxt av mögel och andra mikroorganismer som försämrar foderkvalitén. Ympning av spannmål med jästen *Wickerhamomyces anomalus* (tidigare *Pichia anomala*) har visat hämma tillväxten av skadliga mikroorganismer (Olstorpe *et al.*, 2010). Den kan även bidra till en stabil våtlagring när vattenhalten är för låg för att mjölksyrabakterierna ska kunna tillväxa. Förutom de positiva egenskaperna *W. anomalus* har på foderhygien, är den som även andra jäst, näringsmässigt bra då de innehåller mycket vitaminer, mineraler och proteiner (Stringer, 1982). *W. anomalus* och även mjölksyrabakterier har visat producera enzymet fytas som ökar fosfors smältbarhet i fodret (Vohra och Satyanarayana, 2001; Reale *et al.*, 2004). Fermenterat blötfoder har visat vara bra för tarmfloran och kan även ge en förbättrad hälsa och tillväxt hos gris (Canibe *et al.*, 2007). Dock finns det få studier gjorda på konserverad fuktig spannmål och dess näringsvärde hos gris, än mindre med tillsats av jäst och mjölksyrabakterier. I en studie av Svihus *et al.* (1997) observerades en minskad viskositet och fiberinnehåll i konserverad fuktigt korn vilket kan vara en indikation på ett förbättrat näringsvärde. I försök med andra djurslag som nötkreatur (Olstorpe *et al.*, 2010) och slaktkyckling (Persson and Schnürer, opublicerad data) har *W. anomalus* inokulerat korn inte gett några negativa effekter, dock kunde en tendens till en ökad daglig tillväxt ses hos gruppen med inokulerat korn. Hos minkar kunde Skrede *et al.* (2007) se en ökad smältbarhet med fuktigt korn och tillsats av mjölksyrabakterier.

Hypotesen för studien var att *W. anomalus* tillsammans med mjölksyrabakterierna ökar fosforutnyttjandet i spannmålet eftersom de producerar enzymet fytas. I och med att *W. anomalus* hämmar oönskade mikroorganismer i foder förväntas en förbättrad foderhygien i spannmålen som ympats jämfört med spannmål utan jästen. Den naturliga fermentering som sker i tunnorna med fuktig spannmål kan stabiliseras med tillsats av mjölksyrabakterier som snabbt sänker pH och tillsammans med *W. anomalus* ge ett lagringsstabil hygieniskt foder.

Målet med denna studie var att se hur krossensilerat korn ympat med jästen *W. anomalus* och mjölksyrabakterier påverkar smältbarheten av råprotein, kalcium och fosfor hos växande grisar. Målet var vidare att se om jästen och mjölksyrabakterierna har positiva effekter på fodret genom en förbättrad foderhygien.

2 LITTERATURSTUDIE

2.1 Fuktig spannmål

Intresset för våtlagring av spannmål har på senare tid ökat. De främsta orsakerna är ökade kostnader för produktionen och dåliga förhållanden under spannmålsskörden, särskilt i de norra delarna av Sverige (Granö, 1990). Att använda alternativa metoder för lagring av spannmål kan vara en lösning vad gäller att spara energi och sänka energikostnaderna vid torkning av spannmålen. Vid år med svåra skördeförhållanden kan spannmålstorkarnas effektivitet vara en begränsande faktor. Dammigt foder är även något som kan förhindras med utfodring av fuktig spannmål. Eftersom dammigt foder är en hälsorisk för både djur och människor är det en fördel att inte behöva utsättas för detta. Damm kan innehålla mögelsporer och andra skadliga partiklar som kan orsaka allergier och sjukdom och bör därför inte andas in.

Våtlagring kan ske både med krossade och hela spannmålskärnor och beror på om lagringen sker i silo eller i tub. I spannmålstuber lagras oftast fuktig krossad spannmål, så kallad krossensilerad spannmål. Krossad spannmål är att föredra till grisar då deras digestionssystem kan utnyttja den krossade spannmålen på ett bättre sätt än med hela kärnor och korn är det vanligaste spannmålsslaget för krossensilering (Granö, 1990).

Spannmål som ska våtlagras bör skördas vid en vattenhalt på 30-40 % (60-70 % ts) vilket oftast är under gultmognadsstadiet (Granö, 1990; Wallsten, 2009). Vid denna period är inlagring av näringsämnen maximal och normalt sker ingen ytterligare inlagringen efter det. Om vattenhalten är för låg kan det bli problem med mögel och värmebildning (varmgång). Varmgång är ett tecken på att svampar och bakterier tillväxer vilket bidrar till att energiinnehållet minskar och foderkvaliteten försämras. För att undvika dessa problem kan vatten tillsättas innan lagring. Om vattenhalten däremot är för hög (>50 %) kan det bli feljäsning och försämrad smaklighet samt problem på vintern med att det fryser. Feljäsningen beror på att oönskade mikroorganismer har tillväxt och börjat bilda olika slutprodukter som till exempel etanol och toxiner som kan bidra till försämrad smaklighet och foderkvalité. Pettersson *et al.* (1996) undersökte om skördetidpunkten hade någon effekt på lagringsstabiliteten hos propionsyrabehandlat korn. De fann att den mest optimala ts-halten vid skörd av korn är 65-70 % ts (30-35 % vh). Torrsubstans under 50 % resulterade i en ökad produktion av ammoniumkväve. Ökningen berodde på att för stor andel protein hade brutits ner, troligtvis på grund av oönskad tillväxt av jäst.

Spannmål som torkas lagras oftast med en vattenhalt under 16 %. Vid vattenhalter över detta tenderar spannmålen att bli angripen av mögelsvampar som vanligtvis är av släktet *Aspergillus* och *Penicillium* (Olstorp, 2008). *Penicillium Roqueforti* är en viktig mögelsvamp i lufttäta lagringssystem. Mykotoxiner som bildas av mögelsvamparna från *Aspergillus* och *Penicillium*- släktet kan ge neurologiska skador samt skador på bland annat lever och njurar och även bidra till en reducerad tillväxt hos grisar (Richard, 2007). För att undvika mögelangrepp i våtlagrad spannmål kan det antingen behandlas kemiskt med exempelvis syror eller konserveras, där naturliga mikroorganismer som till exempel mjölksyrabakterier kan tillväxa och som håller skadliga mögelsvampar borta. I våtlagrad krossad spannmål brukar vanligtvis konserveringsmedel tillsättas för att vara säkra på att fermenteringsprocessen kommer igång och få en stabil lagring. De vanligaste konserveringsmedel som tillsätts i spannmål är sockerprodukter och syror men även tillsats av

mjölksyrabakterier och jäst fungerar bra och sänker pH (Olstorpe, 2008). Ett lågt pH i den konserverade spannmålen är nödvändigt för att döda och hämma tillväxten av ogynnsamma bakterier och mögel. Spannmål utan tillsats av vatten och konserveringsmedel brukar endast kallas lufttät lagring. En annan viktig del för att undvika mögelskador under fermenteringsprocessen är att packa spannmålskrosset tillräckligt bra så att det inte finns några luftfickor kvar. Andra positiva aspekter med krossad spannmål är att det är lättare att packa samt att tillgängligheten av näringsämnen för mjölksyrabakterier och jäst ökar.

De fördelar som finns med krossensilerad spannmål är låga lagringskostnader, vattenhalten i spannmålen påverkar inte lagringskostnaden som annars kan bli dyr om spannmålen ska torkas (Granö, 1990). Hela skörden kan tas tillvara på, liggfläckar med hög vattenhalt och små och skadade kärnor som annars avlägsnas vid torkning. En bättre miljö för både människor och djur med dammfritt foder. De nackdelar som kan vara med våtlagring av krossad spannmål är att det kan endast användas som djurfoder och kan oftast inte säljas. Det kräver noggrann inläggning för att undvika lagringsförluster samt att olycksrisken är stor vid användandet av syror. En hög uttagningstakt måste även hållas för att inte få förstört foder.

2.1.2 *Wickerhamomyces anomalus* och mjölksyrabakterier

Jäst finns naturligt i spannmål och vissa jästsorter kan vara ofördelaktiga då de konkurrerar med mjölksyrabakterier eller bryter ner mjölksyra vilket ökar pH och på så sätt förstör lagringsstabiliteten. Lagringsstabiliteten är ett mått på hur mycket skadliga mikroorganismer som har vuxit till i systemet. En stabil lagring har oftast inga eller mycket lite ogynnsamma mikroorganismer utan det kan vara fördelaktiga jästsvampar och/eller mjölksyrabakterier eller tillsatta syror som bidrar till den stabila lagringen. Vissa andra jästsorter har en positiv effekt på våtlagrad spannmål då de inhiberar mögeltillväxt. Flera olika jäst har under de senaste årtionden undersökts för att biologiskt kontrollera mögelangrepp hos bland annat växter, frukter och spannmål. Fördelar med att använda jäst som biokontroll är att de inte producerar några sporer eller antibiotiska metaboliter som kan vara skadliga för hälsan, de växer snabbt och kan överleva länge på relativt lågt innehåll av näringsämnen (Druvefors, 2004). Jästceller innehåller även vitaminer, mineraler och essentiella aminosyror.

En hel del försök har gjorts på senare tid med jästen *W. anomalus* (f.d. *Pichia anomala*) och de första redogörelserna av jästens effekt på mögel i lagrad spannmål gjordes av Ekström (1992). *W. anomalus* kan tillväxa i anaeroba miljöer med relativt låg vattenhalt, temperaturer mellan 3 °C och 37 °C och i pH mellan 2 och 12 (Fredlund *et al.*, 2002). Den har visat hämma tillväxt av mögel även i icke lufttäta lagringssystem. *Penicillium roqueforti* är det mögel som har störst betydelse och som kan ge mycket stora förluster även i lufttäta spannmålslageringar eftersom den kan växa i låga halter av syre och i höga koldioxidnivåer samt i låga temperaturer. Druvefors *et al.* (2002) kunde visa att *W. anomalus* hämmade tillväxten av *P. roqueforti* i våtlagrad spannmål även under förhållanden med högt syreläckage. Detta resultat kan även bekräftas av ett tidigare försök av Petersson *et al.* (1999). I ett annat försök med inokulerad *W. anomalus* i krossensilerat korn reducerades skadliga mikroorganismer så som *Aspergillus fumigatus* och *Enterobacteriaceae* (Olstorpe *et al.*, 2010). De kunde även se en viss ökning av enskilda aminosyror i kornet vilket berodde på en ökad tillväxt av jästen. Både *P. roqueforti* och *A. fumigatus* producerar giftiga toxiner som både människor och djur kan bli svårt sjuka av. Tidigare har *W. anomalus* endast utfodrats till kor med positiva resultat men har dock än inte varit med i utfodringsförsök till grisar. Att tillsätta jäst i fodret till grisar kan ha positiva effekter. Försök med olika jäst till smågrisar har visat förbättra tillväxten

(Maloney *et al.*, 1998; Mathew *et al.*, 1998). Enligt van Heugten *et al.* (2003) kunde positiva resultat ses hos smågrisar med jästen *Saccharomyces cerevisiae*.

Det är svårt att bestämma exakt vilken mekanism i jästen som dödar mögel, men det har utslutits att endast en av egenskaperna är ensamt verksamt mot mögel. Konkurrens om begränsande näringsämnen (Droby *et al.*, 1990), produktion av farligt toxin (Walker *et al.*, 1995) och cellväggsnedrytande enzymer (Jijakli & Lepoivre 1998). Troligtvis är det en kombination av flera olika egenskaper som inhiberar mögeltillväxten. Dock har en viktig egenskap hos *W. anomalus* undersökts; dess förmåga att producera acetylacetat vilket är en produkt av glukosmetabolismen som inhiberar mögeltillväxt (Fredlund *et al.*, 2004). Fredlund *et al.* (2004) föreslog att etylacetatproduktionen tillsammans med konsumtion av syre och produktion av koldioxid är de största anledningarna till *W. anomalus* möglehämmande förmågor i spannmål.

Mjölksyrabakterier sänker inte bara pH i fodret och bidrar till en stabil våtlagring av spannmål, de har även en positiv effekt i mag – och tarmkanalen genom dess metaboliska aktivitet. Det låga pH i fodret som blir av mjölksyran gör så att patogena mikroorganismer har svårare att överleva och få fäste i tarmen och man kan på så sätt undvika diarréer och eventuellt andra sjukdomar hos gris. Precis som *W. anomalus* kan mjölksyrabakterier producera enzymet fytas som ökar upptaget av fosfor (Reale *et al.*, 2004). Enligt en studie av Giang *et al.* (2010) kan tillsats av mjölksyrabakterier i foder till grisar ge ett ökat foderintag, ökad tillväxt och en ökad foderomvandlingsförmåga samt en ökad ileal och total skenbar smältbarhet av bland annat råprotein.

2.1.3 Energibehov för våtlagrad och torkad spannmål

Energibehovet för att torka spannmål är beräknat till att utgöra 60 % av den energi som krävs för att producera grödan. Vid alternativa metoder som våtlagring av spannmål krävs det endast ca 2 % av den energi som förbrukas vid torkning (Pick *et al.*, 1989). Om all spannmål som används till foder i Sverige skulle våtlagras istället för att torkas, kunde man spara in ca 34 000 m³ diesel per år (beräknat från Edström *et al.*, 2005). Kapital- och underhållskostnader för fasta lagerutrymmen skulle även ersättas av rörliga kostnader.

I tabell 1 redovisas olje- och elbehovet för att torka spannmål och beräkningarna baseras på:
– Vattenhalten vid skörd antas vara 20 % och sänks till 14 % vid torkning.
– Oljebehovet vid torkning är satt till 0,15 liter/kg borttorkat vatten.
– Elbehovet för att transportera spannmålen till torkanläggningen har satts till 17 kWh/kg spannmål (Edström *et al.*, 2005).

Tabell 1 Beräknad olje- och elbehov vid torkning av spannmål (Edström *et al.*, 2005)

	Oljebehov, liter/ton	Elbehov, kWh/ton
Spannmål	11,3	18,8

I tabell 2 redovisas ett beräknat typiskt energibehov för produktion av spannmål. Beräkningarna baserar sig på att den mängd halm som fås vid odling utgör 70 % av skörden och dieselbehovet för tröskning baseras på att 30 % av halmen bärgas och resterande del hackas. Skördenivån är angivet enligt SCB (2005) men omräknat till en vattenhalt på 20 % (Edström *et al.*, 2005).

Tabell 2 Energiförbrukning för produktion av vårkorn (Edström *et al.*, 2005)

Vårkorn		
Skörd	4,7	ton/ha och år
Diesel	65	l/ha och år
Olja	50	l/ha och år
El	82	kWh/ha och år

Kostnaden för en maskin som kan packa fuktig spannmål påverkas av hur väl den kan utnyttjas. Med en maskin som utnyttjas maximalt kan de fasta kostnaderna fördelas på fler timmar och därmed få en lägre timkostnad (Sundberg, 2007). För packning av fuktig spannmål med en väl utnyttjad maskin kan man räkna med en kostnad på mellan 15 och 22 öre per kg ts inklusive plast. Behovet av olja för torkning av spannmål är mycket beroende av skördenivå och vattenhalt på spannmålen vid skörd. Behovet av diesel vid tröskning är beroende av vädret, under våta förhållanden förbrukas mer diesel. Därför bör man alltid vänta till daggen lagt sig innan tröskning (Sundberg, 2007).

2.2 Blötutfodring

Blötutfodring är ett vanligt utfodringssystem i slaktsvinsproduktionen. Det finns två typer av blötutfodringssystem, det ena där vätska tillsätts torrfodret, till exempel vatten, vassle eller drank och utfodras direkt till grisarna. Det andra systemet är ett rundpumpningssystem där blött foder ligger konstant i tanken. I det senare systemet sker en fermentation av fodret genom mikrobiell aktivitet. Idag utfodras ca 80 % av slaktsvinen med blötutfodring men endast 10 % av de tillväxtgrisar som säljs till slaktsvinsuppfödare utfodras med blötfoder. Detta gör att det blir en stor omställning till blötutfodring för dessa tillväxtgrisar. I ett försök av Casting och Chatelier (1990) visades att övergången till blött foder gick lättare för blötutfodrade grisar men i slutändan visade produktionsresultatet ingen skillnad mellan dessa. Detta resultat stöds av Praktiskt inriktade grisförsök (Mattson, 1997) där de kunde se att den enda skillnaden var att de grisar som inte var vana med blötutfodring krävde mer tillsyn och justering av fodertilldelning än de som hade fått blötfoder tidigare.

Flera forskare har kunnat visa att blötutfodring gett en förbättrad tillväxt hos växande grisar (Patridge *et al.*, 1992; Kim, 1999) medan andra inte kunde se några effekter (Kornegay *et al.*, 1981). Den ökade tillväxten var generellt sett en effekt av ökat foderintag. Generellt är det lättare att få avvänjningsgrisar att äta blött foder istället för torrt, som till största del beror på att det blöta fodret har en högre smaklighet (Jensen & Mikkelsen, 2001). Lawlor *et al.* (2002) visade att blötutfodring inte gav några fördelaktiga resultat under slaktsvinsperioden, dock antydde att ett syrat foder hade positiva effekter på smågrisar under den första månaden efter avvänjning.

I en studie från Australien undersöktes bland annat foderutnyttjandet med blöt och torrutfodring tillsammans med olika partikelstorlekar (Choct *et al.*, 2004). Överlag var foderutnyttjandet större med blötutfodring och optimalt med en inte allt för liten partikelstorlek. De positiva effekterna med blötutfodring tydde på en ökad interaktion mellan enzymerna i tarmen och substratet. Det viktigaste för ett bra foderutnyttjande tillsammans med blötutfodring är att krossa eller mala spannmålen för att göra näringsämnen tillgängliga.

2.3 Protein och aminosyror

Hos enkelmagade djur sker nedbrytning och absorption av näringsämnen huvudsakligen i tunntarmen. Vid nedbrytning av proteiner i tunntarmen bildas fria aminosyror och mindre peptider. De flesta peptider hydrolyseras i lumen och precis som aminosyror absorberas de genom aktiv transportmekanism. I animaliska proteiner kan man vanligtvis finna 20 olika aminosyror. Dessa delas in i essentiella (livsnödvändiga) och icke essentiella aminosyror. De essentiella aminosyrorna är lysin, histidin, leucin, isoleucin, valin, metionin, treonin, tryptofan och fenylalanin. Arginin är inte en av de livsnödvändiga aminosyrorna för grisar men har ändå en viktig roll för den unga grisens snabba tillväxt. Det har uppskattats att ca 40 % av grisens argininbehov vid avvänjning måste tillgodoses genom fodret (Wu *et al.*, 1997). Detta på grund av att arginin som syntetiseras i ureacykeln kataboliserar sedan i levern och under den snabba tillväxten transporteras då otillräckligt med arginin till vävnaderna. I praktiken är detta dock inget problem då smågrisfoder ofta innehåller tillräckligt med arginin för att tillgodose grisens behov (Boisen, 2003). Lysin är den första begränsande aminosyran för gris och behovet av den är större än hos de andra aminosyrorna. Därför används lysin oftast som referens för de andra essentiella aminosyrorna vid beräkningar av aminosyrabehovet. Svavelhaltiga aminosyror som metionin och cystein är också begränsande efter lysin i spannmålsbaserade foder.

Eftersom metionin kan konverteras till cystein men cystein kan inte konverteras till metionin så kan metionin tillfredställa behovet av både metionin och cystein medan cystein endast tillfredställer behovet av cystein. Detta problem är viktigt då de flesta foder innehåller mer cystein än metionin (NRC, 1998). Flera studier har utförts för att se hur stor andel av metionin + cystein behovet som kan utgöras av endast cystein (Roth och Kirchgessner, 1987; Chung och Baker, 1992; Mahan och Shields, 1998). I de flesta fall kan cystein förse behovet med minst 50 % och i vissa fall även upp till 70 %.

Ett stort problem i besättningar med intensiv produktion är överskottet av kväve som släpps ut (Heger, 2003). Ett sätt att minska detta är att minimera onödig utfodring av aminosyror. För att optimera effektiviteten och minska proteinöverskottet bör förhållandet mellan essentiella och icke essentiella aminosyror vara optimalt. Det är lika viktigt att tänka på innehållet av de icke essentiella aminosyrorna eftersom de utgör cirka hälften av det totala proteinintaget. Relationen mellan de icke essentiella och essentiella aminosyrorna beskrivs som andelen essentiellt kväve av det totala aminosyra kvävet (E:T). Flera studier på gris har visat att optimal ratio av E:T för maximal kväveinlagring ligger runt 0,6 (Heger *et al.*, 1998; Gotterbarm *et al.*, 1998). Både för låg och för hög E:T ratio kan ha negativa effekter på tillväxt (Stucki och Harper, 1962).

2.4 Fekal och ileal smältbarhet

Metoden för analys av fekal smältbarhet som utvecklades av Kuiken och Lyman (1948) har tidigare använts mycket vid forskning på gris (Dammers, 1964; Eggum, 1973). Den fekala analysmetoden mäter skillnaden mellan mängden av intaget näringsämne och den mängd som utsöndras i träcken (Sauer och Ozimek, 1986). I grovtarmen sker nedbrytningen av näringsämnen i huvudsak genom mikrobiell aktivitet. Proteinerna från mikrobernas fermentation kan grisen inte utnyttja utan det utsöndras med träck och urin (McDonald *et al.*, 2011). Det mesta av kvävet i träcken (>90 %) kommer från endogena och mikrobiella källor och en mycket liten del kommer från fodret (Low, 1982). Den ileala analysmetoden beräknar

smältbarheten av näringsämnet i slutet på ileum och grovtarmens mikroflora påverkar då inte resultatet (Zebrowska, 1973). Beroende på fodermedel och näringsämne i fråga så visar fekal analysmetod generellt högre smältbarhet än den ileala analysmetoden. Metoder för analys av ileal smältbarhet används därför numera i större utsträckning.

Samling av träck kan antingen göras med en metabolismbur där all träck samlas upp och separeras från urin eller genom att samla upp träck vid utvalda tillfällen. Vid den senare metoden tillsätts då även en markör i fodret som kan bestå av titandioxid (TiO_2) eller kromoxid (Cr_2O_3) för att kunna beräkna smältbarheten. Titandioxid har i en studie av Yin *et al.* (2000) jämförts med kromoxid där smältbarheten av ett korn – och vetebaserat foder visade sig vara signifikant lägre med kromoxid. Liknande resultat i ett annat försök (Jagger *et al.*, 1992) kunde ses med lägre smältbarhetsvärden när kromoxid tillsattes som markör i fodret. Titandioxid anses därför vara en säkrare metod för beräkning av smältbarhet.

Skenbar ileal smältbarhet beräknas genom att subtrahera det totala ileala innehållet av näringsämnet i fråga, från den konsumerade mängden i fodret. Skenbar ileal smältbarhet har visats ge underskattade värden eftersom det inte korrigerar för endogena förluster i ileum (Torrallardona *et al.*, 1994). Värden för smältbarheten av olika näringsämnen kan därför variera stort. Förutom de osmälta dietära näringsämnen som tex aminosyror så innehåller digestan från ileum även endogena substrat. Endogena substrat är de substrat som inte ursprungligen kommer från fodret utan det kan vara från bakterier, enzymer från bukspottkörteln eller från epitelceller i tarmen som inte har absorberats (Stein, *et al.*, 2007). De endogena förlusterna kan delas in i basala och specifika endogena förluster. De basala endogena förlusterna är relaterade till det totala torrsubstansintaget (Mosenthin och Rademacher, 2003). De specifika endogena förlusterna påverkas av fodrets fiberinnehåll och näringsämnen (Stein *et al.*, 2007).

Standardiserad ileal smältbarhet är en mycket mer tillförlitlig metod att använda. Istället för att korrigera för totala endogena förluster med både specifika och basala värden för förlusterna så används endast de basala endogena förlusterna i formeln. En jämförelse av skenbar och standardiserad ileal smältbarhet har utförts av Zhai och Adeola (2011) med olika råproteininnehåll i foder baserade på majs- och sojamjöl. Råproteininnehållet påverkade den standardiserade ileala smältbarheten genom att smältbarheten minskade linjärt för kväve och de flesta aminosyror när råproteininnehållet ökade. För skenbar ileal smältbarhet ökade smältbarheten linjärt med ett ökat råproteininnehåll. Författarna ansåg att standardiserad ileal smältbarhet är att föredra vid beräkningar av aminosyrautnyttjande i foder och fodermedel.

2.5 Fosfor

I spannmål är fosfor organiskt bunden och ca 50-70 % av den totala fosfor utgörs av fytat. Grisar och andra enkelmagade djur saknar förmåga att bryta ner fytat. För att göra fytat tillgängligt för grisen krävs det att enzymet fytas finns närvarande. Fytas finns normalt sett i spannmål men kan variera beroende på sädeslag. Korn innehåller till exempel mer fytas än havre och det medför att grisen kan utnyttja fosfor i större grad från kornet (Steiner *et al.*, 2007).

Fosfor som finns i bland annat mineralfoder är oorganiskt bunden och har en mycket högre tillgänglighet än organiskt bundet fosfor (McDonald *et al.*, 2011). För att täcka grisens fosforbehov tillsätts oftast lättillgängligt fosfor i form av mono- eller dikalciumfosfat till det

spannmålsbaserade fodret. Att grisar utfodras med ett överskott av fosfor är inte ovanligt och den fosfor som inte kan utnyttjas av grisen kommer då ut i träck och urin (Poulsen, 2000). Förutom att överskott av fosfor i gödseln bidrar till övergödning i sjöar och vattendrag så är fosfor till skillnad från kväve en ändlig resurs. För att minska användningen av tillsatta fosfater i grisfoder bör det fosfor som redan finns i spannmålet göras mer tillgänglig. Detta kan åstadkommas genom att tillsätta fytas i fodret (McDonald *et al.*, 2011). Utsöndring av fosfor kan minskas med 30-50 % om fytas tillsätts fodret (Bridges *et al.*, 1995; Carter *et al.*, 1996) Ett annat sätt att göra fosfor mer tillgänglig för upptag är att blötlägga fodret innan utfodring. Studier har gjorts med blötläggning av vete och kornbaserade foder både under längre (8-9 h) (Larsen *et al.*, 1999) och kortare (1 h) (Lyberg *et al.*, 2005) tid. Både den kortare och längre blötläggningstiden gjorde fosfor mer tillgänglig. Blötläggningen innebär att det naturliga fytaset i spannmålen aktiveras vilket resulterar i minskat fytatinnehåll. Vohra och Satyanarayana (2001) visade att fytas även kan produceras av jäst (*W. anomalous*) precis som mjölksyrabakterier kan (Reale *et al.*, 2004) och med fördel kan tillsättas i grisfoder för ökat fosforutnyttjande.

3 MATERIAL OCH METODER

3.1 Djurmaterial och försöksstall

Till försöket användes 6 kastrerade hangrisar av rasen Yorkshire som vid försökets början vägde (30±4) kg och hade en slutvikt på (69±9) kg. Grisarna opererades ca 2 veckor innan försöket (24±2) kg där caecum ersattes av en post-valve T-caecum (PVTC) fistel (van Leeuwen *et al.*, 1991). När fisteln är stängd flödar digestan normalt genom tarmen. För att minimera hudirritation tvättades och smörjdes (Inotyol® - salva) hudområdet kring fisteln dagligen.

Grisarna hölls i individuella boxar (1,9 m x 1,5 m) med gummimattor på golvet utan tillgång till strömaterial. De hade leksaker av hårdplast och metall och de tilläts springa fritt en och en i stallgången en gång per dag i ca 5 min. De hade fri tillgång på vatten genom vattenskål och vatten nippel. Temperaturen i stallet var (20±1) °C. Studien är godkänd av den djurförsöksetiska kommittén i Uppsala.

3.2 Försöksdesign, foder och utfodring

Försöket var upplagt enligt en change-over studie med 6 grisar och 4 olika foder. Försöket pågick under 6 perioder där varje period var 14 dagar lång. De första sju dagarna i varje period fungerade som en tillvänjningsperiod.

Fodret som användes bestod av krossat korn som behandlats på olika sätt. De fyra olika fodren var; torkat (T), fuktigt konserverat (F), fuktigt konserverat med tillsats av *Wickerhamomyces anomalous* (W), fuktigt konserverat med tillsats av *W. anomalous* och mjölksyrabakterier (WM). Kornet ympades med 1×10^5 celler/g foder av jästen *W. anomalous* och 2×10^{10} celler/g foder med mjölksyrabakterier (starterkultur) (Våtfoderexperten,

Danmark). Den fuktiga spannmålen hade en ts på ca 68 % (tabell 3). Vatten tillsattes i samband med utfodring så ts-halten motsvarade 30 % i alla foder vid utfodringen. Grisarna utfodrades två gånger per dag, kl. 8.00 och kl. 16.30. Förutom kornet innehöll fodret även ett vitamin och mineralpremix samt titandioxid (TiO₂). Fodergivan var anpassad enligt de svenska rekommendationerna för växande grisar (Simonsson, 2006) till 4 % ts per kg levande vikt.

Tabell 3 Fodrets innehåll (g/kg ts) och kemiska komponenter (g/kg ts)

	T	F	W	WM
<i>Ingredienser</i>				
Korn	978	978	978	978
Premix + TiO ₂ *	22	22	22	22
<i>Analyserade kemiska komponenter</i>				
Ts (%)	87	68	68	67
pH	-	4,73	4,55	4,44
Organisk substans	972,0	972,0	972,0	971,9
Energi (MJ BE/kg ts)	18,3	18,6	18,4	18,4
Råprotein	131,9	131,5	132,0	127,7
Kalcium	7,4	7,1	7,1	7,2
Fosfor	3,9	3,9	3,9	3,7

*Innehåll per kg premix: vitaminer: retinol 183995 IE, kolekalciferol 18418 IE, alfa-tokoferol 2760 mg, fytymenakinon 92 mg, tiamin mononitrat 92 mg, riboflavin 92 mg, pyridoxinhydroklorid 138 mg, cyanokobalamin 0,92 mg, pantotensyra 460 mg, niacin 920 mg; mineraler: Fe 2,84 g, Cu 0,70 g, Mn 1,18 g, Zn 3,47 g, Se 0,018 g, Ca 297 g, P 0,50 g, Mg 4,58 g, S 3,19 g, TiO₂ 9,29 g.

3.3 Provtagning och analys

Träck från varje gris samlades två gånger per dag under dag 8-11 i varje period. Träcken frystes ner och förvarades i -20°C. Tarm innehåll samlades genom fisteln varannan timme under dag 12 och 14 i varje period. Dag 12 var tiderna för uppsamlingen 8:30-9:30, 10:30-11:30, 12:30-13:30 och 14:30-15:30. Dag 14 var tiderna 9:30-10:30, 11:30-12:30, 13:30-14:30 och 15:30-16:30. Digestan frystes ner och förvarades i -20°C. Under uppsamlingen var en smal plastpåse (5x30 cm) fäst till fisteln på varje gris och de kunde röra sig normalt i boxen. Foderprover från varje foder togs en gång per dag under dag 8-14 och frystes ner och förvarades i -20°C.

Foderprover, träck och digesta frystorkades och maldes ner till 1 mm partikelstorlek som sedan analyserades för innehåll av ts (103 °C i 16 timmar) (Jennische och Larsson, 1990). Bruttoenergin bestämdes genom förbränning i en bombkalorimeter (Parr Instruments 1563, Moline IL) och kväveinnehållet analyserades med Kjeldahls metod (Nordic Committee on Feed Analysis, 2003). Aminosyrorna analyserades med permyrsyraoxidation genom metoden

med natriummetabisulfit (Llames och Fontaine, 1994). Kalcium och fosfor analyserades med ICP-AES (Nordic Committee on Feed Analysis, 1991).

3.4. Kvantifiering av mikroorganismer

Prover på kornet samlades ur tunnorna samma dagar som tarmuppsamlingen gjordes och 20 g av proverna blandades med 180 ml 1 % peptonlösning i en stomacher. Sedan gjordes spädserier av emulsifieringen och de olika spädstegen spreds på selektiva media för att räkna mjölksyrabakterier, jäst, mögel och *Enterobacteriaceae*. Mjölksyrabakterier kvantifierades genom anaerob inkubering i 37° C i 48 timmar på MRS (de Man Rogosa Sharp) agar med en tillsats av 100 µg ml⁻¹ Delvocid (Gist-brocades B.V., Ma Delft, The Netherlands) för att förhindra tillväxt av svamp. Jäst kvantifierades på MEA (Malt Extract Agar) med en tillsats av 100 µg ml⁻¹ chloramphenicol (Scharlau Chemie S. A., Sentmenat, Spain) för att förhindra bakterietillväxt, efter inkubering i 25° C i 2-4 dagar. Mögel kvantifierades på MEA agar med tillsats av 100 µg ml⁻¹ chloramphenicol och 10 µg ml⁻¹ cyklohexamide (Sigma-Aldrich Inc., St Louis, USA) för att förhindra bakterietillväxt respektive mögeltillväxt efter inkubering i 25° C i 5 dagar. *Enterobacteriaceae* kvantifierades genom inkubering i 30° C i 24 timmar på VRBG (Violet Red Bile Glucose) agar. Kolonier räknades och medelvärdet av cfu/g spannmål beräknades för respektive jäst och bakterier.

3.5 Beräkningar

Skenbar ileal smältbarhet (AID), total skenbar smältbarhet (TTD) och standardiserad ileal smältbarhet (SID) beräknades med hjälp av TiO₂ som är en olöslig markör genom användning av formeln efter Fastinger & Mahan (2006):

$$\begin{aligned} \text{AID} &= 1 - ([\text{NT}/\text{NF}] \times [\text{TiO}_2\text{F}/\text{TiO}_2\text{T}]) \\ \text{TTD} &= 1 - ([\text{NT}/\text{NF}] \times [\text{TiO}_2\text{F}/\text{TiO}_2\text{T}]) \\ \text{SID} &= 1 - (([\text{NT}-1,11]/\text{NF}) \times [\text{TiO}_2\text{F}/\text{TiO}_2\text{T}]) \end{aligned}$$

NT är koncentrationen av näringsämnet i tarm/träck

NF är koncentrationen av näringsämnet i fodret

TiO₂F är koncentrationen av TiO₂ i fodret

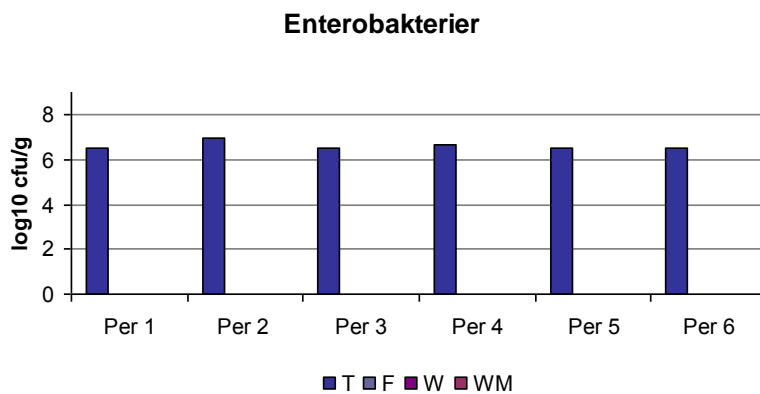
TiO₂T är koncentrationen av TiO₂ i tarm/träck

3.6 Statistiska beräkningar

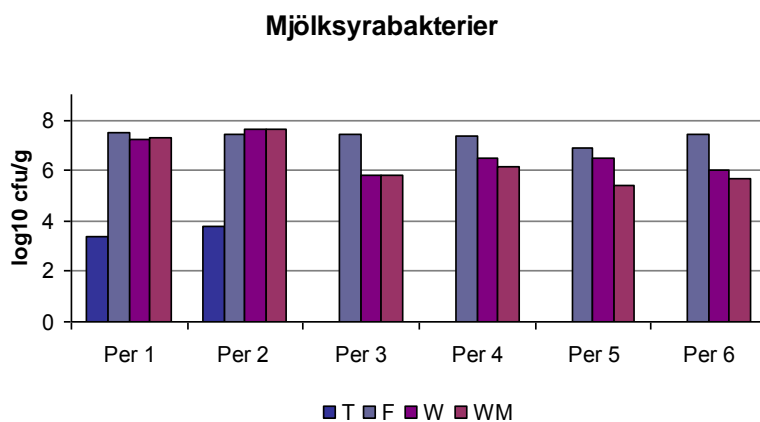
Data från försöket analyserades med ANOVA (Mixed procedure) i statistikprogrammet SAS version 9 (SAS Institute, Inc, Cary, NC, USA). Den statistiska modellen för smältbarheterna innehåller period och foder som fixa effekter och gris som slumpmässig effekt. Effekten av tidigare period testades men var ej signifikant (p>0,05) och uteslöts därför ur modellen. Parvisa jämförelser gjordes även mellan foder (t-test). Signifikansnivån sattes till P<0,05. Resultaten redovisas som least square means med standard fel.

4 RESULTAT

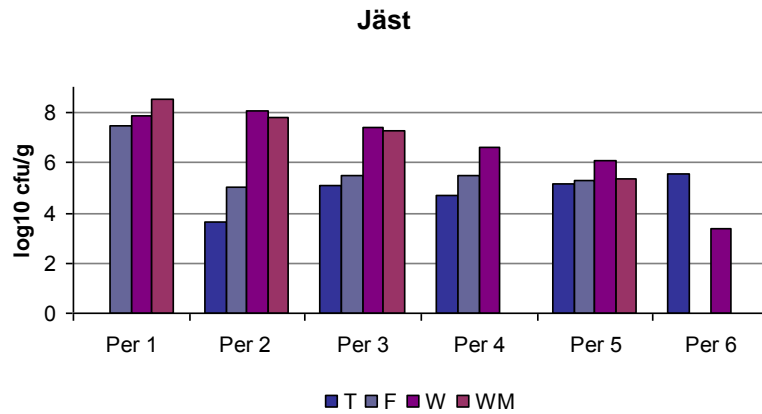
Alla grisarna var vid god hälsa under hela försöksperioden och några problem med fistlarna inträffade inte. Bruttoenerginnehållet i experimentfodren låg i genomsnitt på 18,4 MJ/kg ts. Under hela försöket kunde *Enterobacteriaceae* endast ses i foder T (Figur 1). Colony forming units (cfu) för *Enterobacteriaceae* låg runt log 7 i alla 6 försöksperioderna. Cfu antalet av mjölksyrabakterier tenderade att ligga högst för foder F under alla försöksperioderna, dock sågs endast mjölksyrabakterier i foder T under period 1 och 2 (Figur 2). Antalet cfu för jäst tenderade att ligga högst i den första perioden och lägst i den sista perioden för alla foder utom T som istället ökade med varje period (Figur 3). I den sista försöksperioden kunde endast jäst detekteras i foder T och W. Mögel sågs endast i foder T under alla perioderna och foder F i period 1 (Figur 4). I period 3 kunde även en del mögel ses i foder W. Inget mögel kunde detekteras i foder WM under hela försöket. I figur 5 redovisas pH-värden för de fuktiga fodren. pH för foder F låg högst i alla försöksperioder vid jämförelse med foder W och WM där foder W hade högst pH-värde i de två första perioderna och låg sedan på en konstant nivå på strax under 4,5. Foder WM hade lägst pH av de olika fodren och pH låg under 4,5 i alla perioder.



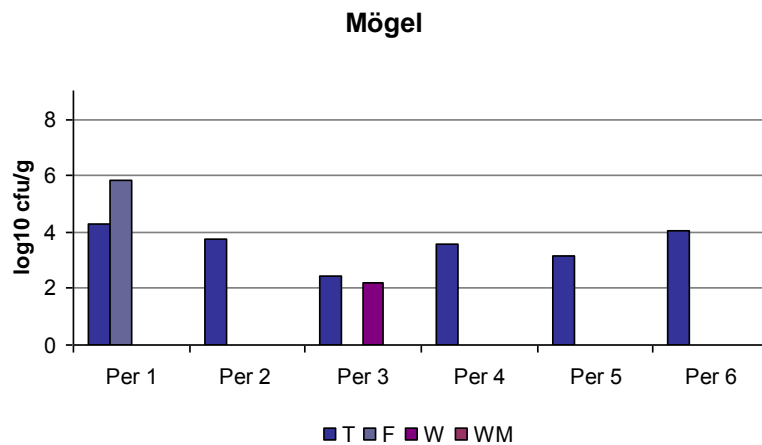
Figur 1. Log₁₀ cfu/g spannmål av *Enterobacteriaceae* i de olika fodren.



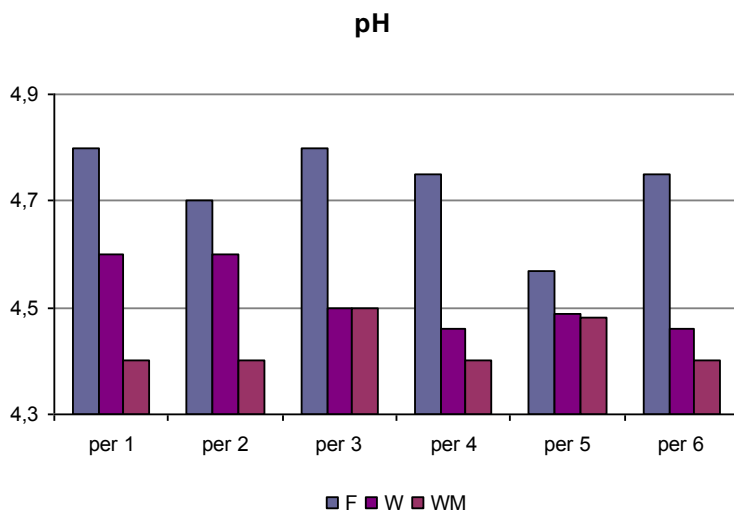
Figur 2. Log₁₀ cfu/g spannmål av mjölksyrabakterier i de olika fodren.



Figur 3. Log₁₀ cfu/g spannmål av jäst i de olika fodren.



Figur 4. Log₁₀ cfu/g spannmål av mögel i de olika fodren.



Figur 5. pH i foder F, W och WM under period 1 till 6.

AID för organisk substans och råprotein visade ingen signifikant skillnad mellan foder T, F, W och WM ($p > 0,05$) (Tabell 4). Den totala skenbara smältbarheten (TTD) för organisk substans, råprotein, kalcium och fosfor skiljer sig inte heller signifikant ($p > 0,05$) mellan foder

T, F, W och WM. Den standardiserade ileala smältbarheten (SID) för råprotein visar heller inga signifikanta skillnader ($p > 0,05$).

Tabell 4 Ileala och totala smältbarhetskoefficienter av näringsämnen i experimentfoder

	T	F	W	WM	S.E.M	p-värde
<i>Ileal skenbar smältbarhet</i>						
Organisk substans	0,813	0,818	0,803	0,808	0,009	0,697
Råprotein	0,705	0,724	0,689	0,721	0,022	0,585
<i>Total skenbar smältbarhet</i>						
Organisk substans	0,853	0,851	0,856	0,871	0,012	0,351
Råprotein	0,778	0,764	0,764	0,793	0,018	0,349
Kalcium	0,643	0,663	0,639	0,599	0,035	0,633
Fosfor	0,557	0,584	0,608	0,590	0,036	0,491
<i>Standardiserad ileal smältbarhet</i>						
Råprotein	0,707	0,725	0,691	0,723	0,022	0,584

5 DISKUSSION

Det torkade fodret (T) innehöll en hel del *Enterobacteriaceae* och mögelsporer, vilket indikerar att torkning inte är den bästa lagringsmetoden. Inga *Enterobacteriaceae* kunde ses i de fuktiga spannmålstunnorna, vilket tyder på en bra och lufttät lagringsprocess. I den obehandlade fuktiga spannmålen (F) låg mjölksyrabakterierna på en konstant hög nivå medan jäst och mögel var som högst i första perioden. Detta indikerar en bra lagring också i F även då mögel var borta i ett tidigare stadium i de fodren med tillsatta mikroorganismer (W och WM). Även i de två fodren med tillsatta mikroorganismer (W och WM) låg antalet mjölksyrabakterier relativt konstant under hela perioden men något högre i de två första perioderna samt att jästsvamparna hade en hög tillväxt i början av försöket och en lägre eller ingen alls förekomst i de sista perioderna. Mögel kunde i princip helt uteslutas från foder WM under hela försöket. Det sistnämnda tyder på att *W. anomalus* egenskaper att hämma mögel stämmer bra överrens med tidigare forskningsresultat (Pettersson *et al.*, 1999; Druvefors *et al.*, 2002; Olstorpe *et al.*, 2010) och verkar även fungera tillsammans med en starterkultur. Varför jästsvamparna låg som högst i början av försöket kan förklaras med att uttagshastigheten var mycket lägre i början än i slutet av försöket eftersom grisarna åt mer ju äldre de blev och därmed var foderåtgången som störst i sista perioden. En öppnad tunna förbrukades snabbare och på så sätt hann aldrig mikroorganismerna börja tillväxa som de annars gjorde i början av försöket då grisarna åt mindre mängd foder. Att mögel fortfarande kunde uteslutas även då jästnivåerna sjunkit tyder på att förekomsten av *W. anomalus* kan vara viktig främst i början av lagringen.

I foder F kan man se att pH ligger relativt lågt (4,8 som högst) utan någon tillsats i spannmålen vilket kan vara en indikation på en bra fermenteringsprocess och att naturliga mjölksyrabakterier finns tillgängliga som producerar mjölksyra vilket sänker pH. Lågst pH

hade foder WM följt av foder W. Varför pH låg en aning högre i de två första perioderna för foder W kan bero på den låga förbrukningshastigheten av fodret i tunnan som gjorde att fodret exponerades för syre i stor utsträckning. Detta ökade i sin tur möjligheten för tillväxt av andra mikroorganismer som då konkurrerar med mjölksyrabakterierna. Det låga pH i foder WM var förväntat då mjölksyrabakterier tillsattes som sänker pH.

Några signifikanta skillnader i TTD för något av fodren kunde inte ses på varken organisk substans, råprotein, kalcium eller fosfor. Det var heller inga skillnader i AID för organisk substans och råprotein. Foder T hade en hög smältbarhet för bland annat fosfor, kanske något över förväntan. En förklaring till det kan vara att grisarna tyckte det fodret var minst smakligt och fodret kunde säkert stå ett tag i vattnet innan de åt upp och under den tiden kan det hända saker rent mikrobiologiskt som gör fosfor mer tillgänglig. I försöket av Lyberg *et al.* (2005) såg man att en timmes blötläggning av vete ökade tillgängligheten på fosfor och även då korn har lägre fytasaktivitet, är det möjligt att viss nedbrytning av fytat med endogena fytaser har skett. I Simonsson (2006) ligger TTD av fosfor i korn på 42 % medan vi hade TTD av fosfor som låg på 56 % i foder T. Jästen *W. anomalus* finns även naturligt i spannmål och det kan vara det som även bidragit till den höga smältbarheten i de foder där *W. anomalus* inte var tillsatt (T och F). Varför TTD av fosfor inte blev högre i foder W eller WM kan då bero på den redan så höga smältbarheten. I foder F kunde man se mycket mögel i början av försöket men det verkar inte ha haft någon betydande påverkan på AID och TTD. Kanske är det tack vare en hög andel mjölksyrabakterier som kunde ses under hela försöket som har bidragit till att göra fosfor mer tillgänglig och på så sätt fått en hög smältbarhet. I ett liknande försök av Pieper *et al.* (2011) där bland annat fuktigt korn testades med tillsats av mjölksyrabakterier kunde de inte heller se några skillnader på TTD av organisk substans, råprotein, kalcium och fosfor. Dock kunde de se en ökad smältbarhet av fosfor i vete och rågvete. Våra siffror för TTD stämmer i huvudsak överens med en annan studie av Hackl *et al.* (2010) där smältbarheten för organisk substans och råprotein i fuktigt korn ympat med mjölksyrabakterier låg på 84 % respektive 76 %. Inte heller de kunde se några skillnader i TTD mellan torkad och fuktigt korn.

En mycket viktig del som man bör ta i beaktning vid val av lagringsmetod och det som oftast styr är ekonomin. Är det ekonomiskt försvarbart att våtlagra spannmål? Det här försöket har inte riktat in sig speciellt mycket på den ekonomiska biten även om den i praktiken är en viktig del. Det går inte att förneka att torkning kräver mycket energi även om det är en säker lagringsmetod. Det bästa vore att hitta en metod som både har en låg energikostnad och ger en säker lagring av spannmål. Givetvis beror kostnaderna även på lantbrukets förutsättningar som bland annat maskiner och utnyttjandet av dessa. Med det svenska klimatet och framför allt de svåra förutsättningarna för odling av spannmål i de norra delarna av landet, kan våtlagring av spannmål med rätta förutsättningar vara ekonomiskt fördelaktigt för lantbrukare.

Det man kan konstatera att i detta försök förelåg det inte några skillnader i smältbarhet för fuktigt och torkat korn, med och utan tillsats av jäst och mjölksyrabakterier. Det visar att det går utmärkt att utfodra grisar med fuktig spannmål. Hypotesen om att *W. anomalus* tillsammans med mjölksyrabakterier ökar fosforutnyttjandet kunde inte bekräftas i detta försök men en förbättrad foderhygien kunde ses i lufttätlagrad fuktig spannmål ympat med framförallt *W. anomalus* och det torkade kornet innehöll både *Enterobacteriaceae* och mögelsporer samt var dammig. Ur hälsosynpunkt indikerar detta försök att de ympade fodren är att föredra.

REFERENSER

- Boisen, S. (2003) Ideal dietary amino acid profiles for pigs. I: D'Mello, J.P.F. (Red.) *Amino acids in animal nutrition*. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing
- Bridges, T.C., Turner, G.L., Cromwell, G.L., Pierce, J.L. (1995) Modelling the effects of diet formulation on nitrogen and phosphorous excretion in swine waste. *Applied Engineering in Agriculture* 11, 731-739.
- Canibe, N., Højberg, O., Badsberg, J.H., Jensen, B.B. (2007) Effect of feeding fermented liquid feed and fermented grain on gastrointestinal ecology and growth performance in piglets. *Journal of Animal Science* 85, 2959-2971.
- Carter, S.D., Cromwell, G.L., Lindemann, M.D., Turner, L.W., Bridges, T.C. (1996) Reducing N and P excretion by dietary manipulation in growing and finishing pigs. *Journal of Animal Science* 74, 59.
- Casting, J., Chatelier, C. (1990) Effects of weaning pigs soup feeding and influence during fattening. ITP, Paris 111-118.
- Choct, M., Selby, E.A.D., Cadogan, D.J., Campbell, R.G. (2004) Effects of particle size, processing, and dry or liquid feeding on performance of piglets. *Australian Journal of Agricultural Research* 55, 237-245.
- Chung, T.K., Baker, D.H. (1992) Maximal portion of the young pig's sulphur amino acid requirement that can be furnished by cysteine. *Journal of Animal Science* 70, 1182-1187.
- Dammers, J. (1964) Veteringsstudies bij het varken. Factoren van invloed op de vertering der veevoeder-componenten en de verteerbaarheid der aminozuren. PhD thesis, University of Leuven, Belgium.
- Droby, S., Chalutz, E., Cohen, L., Weiss, B., Wilson, C., Wisniewski, M. (1990) I: Wilson, C., Chalutz, E. (Red.) *Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables, workshop Proceedings*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-92. Shepherdstown, West Virginia, 12-14 September, 142-160.
- Druvefors, U.Ä. (2004) Yeast biocontrol of grain spoilage moulds. Doktorsavhandling. Sveriges lantbruksuniversitet. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 466.
- Druvefors, U., Jonsson, N., Boysen, M.E., Schnürer, J. (2002) Efficacy of the biocontrol yeast *Pichia anomala* during long-term storage of moist feed grain under different oxygen and carbon dioxide regimens. *FEMS Yeast Research* 2, 289-394.
- Edström, M., Petterson, O., Nilsson, L., Hörndahl, T. (2005) Jordbrukssektorns energianvändning. Lantbruk & Industri rapport 342, JTI- Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Eggum, B.O. (1973) A study of certain factors influencing protein utilization in feedstuffs in rats and pigs. PhD thesis, Copenhagen, Denmark.
- Ekström, N. (1992) Airtight storage of moist feedgrain. *Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering*, rapport 439.

- Fredlund, E., Druvefors, U., Boysen, M.E., Lingsten, K.J., Schnürer, J. (2002) Physiological characteristics of the biocontrol yeast *Pichia anomala* J121. *FEMS Yeast Research* 2, 395-402.
- Fredlund, E., Druvefors, U.Å., Olstorpe, M.N., Passoth, V., Schnürer, J. (2004) Influence of ethyl acetate production and ploidy on the anti-mould activity of *Pichia anomala*. *FEMS Microbiology Letters* 238, 133-137.
- Giang, H.H., Viet, T.Q., Ogle, B., Lindberg, J.E. (2010) Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with potentially probiotic complexes of lactic acid bacteria. *Livestock Science* 129, 95-103.
- Gotterbarm, G.G., Roth, F.X., Kirchgessner, M. (1998) Influence of the ratio of indispensable:dispensable amino acids on whole-body protein turnover in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 79, 174-183.
- Granö, U.P. (1990) Våtlagring och hantering av fuktig spannmål. Lantbruksstyrelsen och SLU Röbbäcksdalen, Försöksavdelningen för norrländsk husdjurskötsel. Landskapsutvecklingsrapport 1990:7, Umeå.
- Hackl, W., Pieper, B., Pieper, R., Korn, U., Zeyner, A. (2010) Effects of ensiling cereal grains (barley, wheat, triticale and rye) on total and pre-caecal digestibility of proximate nutrients and amino acids in pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94, 729-735.
- Heger, J., Mengesha, S., Vodehnal, D. (1998) Effect of essential:total nitrogen ratio on protein utilization in the growing pig. *British Journal of Nutrition* 80, 537-544.
- Heger, J. (2003) Essential to non-essential amino acid ratios. I: D'Mello, J.P.F. (Red.) *Amino acids in animal nutrition*. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, CAB International
- Jagger, S., Wiseman, J., Cole, D.J.A., Craigon, J. (1992) Evaluation of inert markers for determination of ileal and faecal digestibility values in the pig. *British Journal of Nutrition* 68, 729-739.
- Jennische, P., Larsson, K. (1990) Traditionella svenska analysmetoder för foder och växtmaterial. Rapport. SLL, Uppsala, Sverige.
- Jensen, B.B., Mikkelsen, L.L. (2001) Feeding liquid diets to pigs. I: Recent advances in animal nutrition (red. P.C., Garnsworthy and J. Wiseman), 107-126. Nottingham Univ. Press, Nottingham, U.K.
- Jijakli, H.M., Lepoivre, P. (1998) Characterisation of an Exo- β -1,3-Glucanase produced by *Pichia anomala* strain K, antagonist of *Botrytis cinera* on apples. *Phytopatology* 88, 335-343.
- Kim, J.H. (1999) Liquid feeding for pigs: Impact on growth, protein deposition and days market weight. PhD thesis, Seoul National University, Suweon, Korea.
- Kornegay, E.T., Thomas, H.R., Handin, D.L., Noland, P.R., Burbank, D.K. (1981) Wet versus dry diets for weaned pigs. *Journal of Animal Science* 62, 14-17.
- Kuiken, K.A., Lyman, C.M. (1948) Availability of amino acids in some foods. *Journal of Nutrition* 36, 359-368.
- Larsen, T., Skoglund, E., Sandberg, A.S., Engberg, R.M. (1999) Soaking and pelleting of pig diets alters the apparent absorption and retention of minerals. *Canadian Journal of Animal Science* 79, 477-483.

- Lawlor, P.G., Lynch P.B., Gardiner, G.E., Caffrey, P.J., O'Doherty, J.V. (2002) Effect of liquid feeding weaned pigs on growth performance to harvest. *Journal of Animal Science* 80, 1725-1735.
- Llames, C.R., Fontaine, J. (1994) Determination of amino acids in feeds. Collaborative study. *Journal of AOAC International* 77, 1362-1402.
- Low, A.G. (1982) Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: a review. *Livestock Production Science* 9, 511-520.
- Lyberg, K., Simonsson, A., Lindberg, J.E. (2005) Influence of phosphorus level and soaking of food on phosphorus availability and performance in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 81, 375-381.
- Mahan, D.C., Shields, R.G. Jr. (1998) Essential and nonessential amino acid composition of pigs from birth to 145 kilograms of body weight, and comparison to other studies. *Journal of Animal Science* 76, 513-521.
- Maloney, C.A., Nemecek, C.S., Hancock, J.D., Park, J.S., Cao, H., Hines, R.H. (1998) Effect of a yeast product in pelleted diets for weanling pigs. *Journal of Animal Science* 76, 47.
- Mathew, A.G., Chattin, S.E., Robbins, C.M., Golden, D.A. (1998) Effects of a direct-fed yeast culture on enteric microbial populations, fermentation acids, and performance of weanling pigs. *Journal of Animal Science* 76, 2138-2145.
- Mattson, B. (1997) Blötutfodrade smågrisar jämförda under slaktsvinsperioden med torrutfodrade smågrisar. Pig rapport 11, Svenska Pig.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G. (2011) *Animal nutrition*. 7. ed. Harlow, England: Pearson Education Limited
- Mosenthin, R., Rademacher, M. (2003) Digestible amino acids in diet formulation for pigs. I: D'Mello, J.P.F. (Red.) *Amino acids in animal nutrition*. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing
- Nordic Committee on Feed Analysis. (2003) Determination in feeds and feeds according to Kjeldahl, fourth edition. Nitrogen. No. 6.
- NRC (National Research Council) (1998) Nutrient requirements of swine. 10. ed. National Academy Press, Washington, DC
- Olstorpe, M. (2008) Feed grain improvement through biopreservation and bioprocessing. Doktorsavhandling, Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap, SLU, Uppsala, Sverige.
- Olstorpe, M., Borling, J., Schnürer, J., Passoth, V. (2010) *Pichia anomala* yeast improves feed hygiene during storage of moist crimped barley grain under Swedish farm conditions. *Animal Feed Science and Technology* 156, 47-56.
- Patridge, G.C., Fisher, J., Greory, H., Prior, S.G. (1992) Automated wet feeding of weaner pigs vs conventional dry feeding: Effects of growth rate and food consumption. *Animal Feed Science and Technology* 36, 251-260.
- Petersson, S., Jonsson, N., Schnürer, J. (1999) *Pichia anomala* as a biocontrol agent during storage of high-moisture feed grain under airtight conditions. *Postharvest Biology and Technology* 15, 175-184.
- Pettersson, T., Martinsson, K., Lingvall, P. (1996) Ensiling of barley grain. *Swedish Journal of Agricultural Research* 26, 189-197.

- Pick, E., Noren, O., Nielsen, V. (1989) Energy Consumption and input output relations in field operations. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Pieper, R., Hackl, W., Korn, U., Zeyner, A., Souffrant, W.B., Pieper, B. (2011) Effect of ensiling triticale, barley and wheat grains at different moisture content and addition of *Lactobacillus plantarum* (DSMZ 8866 and 8862) on fermentation characteristics and nutrient digestibility in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 164, 96-105.
- Poulsen, H.D. (2000) Phosphorus utilization and excretion in pig production. *Journal of Environmental Quality* 29, 24-27.
- Reale, A., Mannina, L., Tremonte, P., Sobolev, A.P. (2004) Phytate degradation by lactic acid bacteria and yeasts during the wholemeal dough fermentation: a P-31 NMR study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 6300-6305.
- Richard, J.L. (2007) Some major mycotoxins and their mycotoxicoses- an overview. *International Journal of Food Microbiology* 119, 3-10.
- Roth, F.X., Kirchgessner, M. (1987) Biological efficiency of dietary methionine or cystine supplementation with growing pigs – a contribution to the requirement for S-containing amino acids. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 58, 267-280.
- Sauer, W.C., Ozimek, L. (1986) Digestibility of amino acids in swine: results and their practical application. A review. *Livestock Production Science* 15, 367-387.
- Simonsson, A. (2006) Fodermedel och näringsrekommendationer för gris. Rapport 266, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU.
- Skrede, A., Sahlstrøm, S., Ahlstrøm, Ø., Connor, K.H., Skrede, G. (2007) Effects of lactic acid fermentation and gamma irradiation of barley on antinutrient contents and nutrient digestibility in mink (*Mustela vison*) with and without dietary enzyme supplement. *Archives of Animal Nutrition* 61, 211-221.
- Stein, H.H., Fuller, M.F., Moughan, P.J., Sève, B., Mosenthin, R., Jansman, A.J.M., Fernández, J.A., de Lange, C.F.M. (2007) Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock Science* 109, 282-285.
- Steiner, T., Mosenthin, R., Zimmermann, B., Greiner, R., Roth, S. (2007) Distribution of phytase activity, total phosphorus and phytate phosphorus in legume seeds, cereals and cereal by-products as influenced by harvest year and cultivar. *Animal Feed Science and Technology* 133, 320-334.
- Stringer, D.A. (1982) Industrial development and evaluation of new protein sources: microorganisms. *Proceedings of the Nutrition Society* 41, 289–300.
- Stucki, W.P., Harper, A.E. (1962) Effects of altering the ratio of indispensable to dispensable amino acids in diets for rats. *Journal of Nutrition* 78, 278-286.
- Sundberg, M. (2007) Foderkonservering i slang. JTI informerar rapport 116, JTI- Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Svihus, B., Newman, C.W., Newman, R.K., Selmer-Olsen, I. (1997) Changes in extract viscosity, amino acid content and soluble and insoluble β -glucan and dietary fibre content of barley during different high moisture storage conditions. *Animal Feed Science Technology* 64, 257-272.

Torrallardona, D., Haris, C.I., Milne, E., Fuller, M.F. (1994) The contribution of intestinal microflora to amino acid requirements in pigs. I: Souffrant, W.B. och Hagemester, H. (Red.) *Proceedings of the 6th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*. Bad Doberan, Tyskland, EAAP Publication 80, 245-248.

van Heugten, E., Funderburke, D.W., Dorton, K.L. (2003) Growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora in weanling pigs fed live yeast. *Journal of Animal Science* 81, 1004-1012.

van Leeuwen, P., van Kleef, D.J., van Kempen, G.J.M., Huisman, J., Verstegen, M.W.A. (1991) The post valve T-caecum cannulation technique in pigs applied to determine the digestibility of amino acids in maize, ground nut and sunflower meal. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 65, 183-193.

Wu, G., Davis, P.K., Flynn, N.E., Knabe, D.A., Davidson, J.T. (1997) Endogenous synthesis of arginine plays an important role in maintaining arginine homeostasis in postweaning growing pigs. *Journal of Nutrition* 127, 2342-2349.

Vohra, A., Satyanarayana, T. (2001) Phytase production by the yeast, *Pichia anomala*. *Biotechnology Letters* 23, 551-554.

Walker, G.M., McLeod, A.H., Hodgson, V.J. (1995) Interactions between killer yeasts and pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Letters* 127, 213-222.

Wallsten, J. (2009) Krossensilerad spannmål i mjölk- och köttproduktion. Faktablad. Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU, Umeå

Yin, Y.L., McEvoy, J.D.G., Schulze, H., Hennig, U., Souffrant, W.B., McCracken, K.J. (2000) Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients as evaluated with PVTC-cannulated or ileo-rectal anastomised pigs fed diets containing two indigestible markers. *Livestock Production Science* 62, 133-141.

Zebrowska, T. (1973) Digestion and absorption of nitrogenous compounds in the large intestine of pigs. *Roczniki Nauk Rolniczych* B95, 85-90.

Zhai, H., Adeola, O. (2011) Apparent and standardized ileal digestibilities of amino acids for pigs fed corn- and soybean meal-based diets at varying crude protein levels. *Journal of Animal Science* 89, 3626-3633.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och
husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 Uppsala
Tel. 018/67 10 00
Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld

*Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal
Science
Department of Animal Nutrition and Management
PO Box 7024
SE-750 07 Uppsala
Phone +46 (0) 18 67 10 00
Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management*