

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

**MALTODEXTRINA E ACIDIFICANTE EM RAÇÕES PARA  
LEITÕES NA FASE DE CRECHE SOBRE O DESEMPENHO,  
VIABILIDADE ECONÔMICA E DIGESTIBILIDADE**

ANÁLIA MARIA RIBEIRO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-graduação em Zootecnia como  
parte das exigências para obtenção do  
título de Mestre.

BOTUCATU – SP  
Setembro de 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

**MALTODEXTRINA E ACIDIFICANTE EM RAÇÕES PARA  
LEITÕES NA FASE DE CRECHE SOBRE O DESEMPENHO,  
VIABILIDADE ECONÔMICA E DIGESTIBILIDADE**

ANÁLIA MARIA RIBEIRO DA SILVA  
Zootecnista

ORIENTADOR: Prof. Dr. DIRLEI ANTONIO BERTO  
CO-ORIENTADOR: Dr. GUSTAVO JULIO MELLO  
MONTEIRO DE LIMA

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-graduação em Zootecnia como  
parte das exigências para obtenção do  
título de Mestre.

BOTUCATU – SP  
Setembro de 2006

**“Quando nada parece ajudar, eu vou e olho o cortador de pedras martelando sua rocha talvez cem vezes sem que nem uma só rachadura apareça. No entanto, na centésima primeira martelada, a pedra se abre em duas e eu sei que não foi aquela a que conseguiu, mas todas as que vieram antes”**

*(Jacob Riis)*

**“O pessimista vê a dificuldade em cada oportunidade; o otimista, a oportunidade em cada dificuldade”**

*(Albert Flanders)*

## **Ofereço**

A DEUS, pela presença constante em minha vida, sempre iluminando e orientando meus caminhos, e me fortalecendo e abençoando em todos os momentos.

## **Dedico**

Às pessoas que me são mais caras e importantes, e me possibilitaram alcançar mais essa vitória:

Minhas queridas mãe, ANA MARIA, e irmã, ANA CLÁUDIA, que sempre me apoiaram e incentivaram, com muito amor, carinho, dedicação e fé;

Meu amado pai, ADAUTO, sempre dedicado e presente em minha vida, e que, de onde estiver, tenho certeza que continua olhando por mim.

## **Homenagem Especial**

Ao Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto, pelos preciosos ensinamentos e orientação, e pela dedicação, confiança, paciência e amizade nestes anos de convívio, meus agradecimentos sinceros.

## **Agradecimentos**

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP/Botucatu, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Dr. Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima, meu co-orientador, pelos ensinamentos, incentivo, confiança e amizade.

Ao Prof. Dr. Francisco Stefano Wechsler, pela disponibilidade na realização das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato, pela atenção, incentivo e sugestões para a realização do ensaio de digestibilidade.

Ao Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha, pelo precioso auxílio, atenção e oportunidade de realização das análises de crômio.

Ao Prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto e ao Sr. Ari Luiz de Castro, da FMVZ – USP/Pirassununga, pela contribuição na realização das análises de energia bruta.

À Prof. Dra. Margarida Maria Barros Ferreira Lima, pelo entusiasmo, amizade e sugestões.

Ao Prof. Dr. José Nicolau Próspero Puoli Filho, pela amizade, ensinamentos, e palavras de incentivo.

Aos secretários da Seção de Pós-Graduação em Zootecnia, Carmen Sílvia de Oliveira Pólo, Seila Cristina Cassinelli Vieira e Danilo Juarez Teodoro Dias, pela atenção e auxílios prestados.

Aos funcionários do Departamento de Produção Animal, Solange Aparecida Ferreira de Souza e José Luis Barbosa de Souza, pela amizade, atenção e auxílio.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da FMVZ – UNESP, Paulo Sérgio dos Santos, em especial, e Dair Vieira, pela amizade e ajuda na condução dos experimentos, e a José Antônio Franco, funcionário da Supervisão das Fazendas da UNESP/Botucatu, pela atenção e amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia da FMVZ – UNESP, Renato Monteiro da Silva Diniz, Maria Conceição Tenore do Carmo e Elaine Cristina Nunes Fagundes Costa, pela amizade e auxílio nas análises de pH, matéria seca e proteína bruta.

Ao primo e zootecnista João Ratti Júnior, sua esposa Eliana, e seu filho Lucas, pelo carinho, apoio e auxílio durante todos esses anos em Botucatu.

À minha amiga Rosana Gottmann, pela amizade, apoio, inestimável ajuda e participação ativa na condução dos experimentos.

Aos amigos e companheiros Igo Gomes Guimarães, Luís Gabriel Quintero Pinto, Blanca Stella Pardo Gamboa, Fábio Arlindo Silva, Renato de Cássio Ferreira Neves e Altevir Signol, pela amizade, paciência e ajuda nas análises de cromo.

Às amigas Vanessa Sousa Castro e Thais Ap. Cardoso, pela amizade e auxílio nos experimentos.

Aos queridos amigos Ana Beatriz Rocha de Castro Lopes, Marcos Livio Panhoza Tse e Camila Ambrósio de Tófoli, pelo carinho, auxílio, e por terem despertado em mim o gosto pela pesquisa, e Jane Cristina Gonçalves, pela amizade, apoio e preciosas sugestões.

Aos estimados amigos de Botucatu, Fabiana, Thiago e Thaís Ige Marquesim, Aydison Takigushi Nogueira Silva, Luciana Marcolino e Guilherme Zangerolino Gonzalez, pela amizade sincera, apoio e companheirismo.

Aos amigos de curso, André Moreira Bordinhon, Carolina Tobias Marino, Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo, Rodrigo Martins de Souza Emediato, Mendelson Henrique Baldassa Muniz, Paulo Sergio dos Santos Teixeira, Samir Paulo Jasper, José Iran Cardoso da Silva, e demais colegas, pela amizade, apoio, companheirismo e convivência.

A todos os meus tios, primos e ao meu avô Luiz, pelo carinho, incentivo e presença constantes na minha vida.

E a todos que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	vii
CAPÍTULO 1.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
1 Aspectos nutricionais e fisiológicos relacionados à fase pós-desmame .....	2
2 Uso de acidificantes nas rações para leitões desmamados .....	6
3 Lactose e fontes de lactose na alimentação de leitões desmamados .....	15
4 Maltodextrina .....	19
4.1 Definição e caracterização geral .....	19
4.2 Processo de obtenção .....	22
4.3 Maltodextrina na alimentação de suínos .....	24
5 Referências Bibliográficas.....	26
CAPÍTULO 2.....	39
VALOR NUTRICIONAL E VIABILIDADE ECONÔMICA DE RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM MALTODEXTRINA E ACIDIFICANTE PARA LEITÕES DESMAMADOS .....	40
Resumo .....	40
Abstract .....	41
Introdução .....	42
Material e Métodos .....	44
Resultados e Discussão .....	50
Conclusões .....	60
Referências .....	60
CAPÍTULO 3 .....	66
IMPLICAÇÕES .....	67
APÊNDICE .....	68

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Composição e valores nutricionais calculados das rações pré-iniciais (0 – 14 dias) e iniciais (15 – 28 dias) utilizadas no Experimento I .....	45
TABELA 2 – Composição e valores nutricionais calculados das rações pré-iniciais (0 – 16 dias) e iniciais (17 – 30 dias) utilizadas no Experimento II .....	47
TABELA 3 – Valores médios de pH das rações pré-iniciais e iniciais utilizadas nos Experimentos I e II .....	51
TABELA 4 – Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões de 0 a 14 e de 0 a 28 dias do Experimento I .....	52
TABELA 5 – Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões de 0 a 16 e de 0 a 30 dias do Experimento II .....	53
TABELA 6 – Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDA MS), proteína bruta (CDA PB) e energia bruta (CDA EB) das rações pré-iniciais do Experimento II .....	54
TABELA 7 – Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg GP) nas fases de 0 a 14 e de 0 a 28 dias do Experimento I .....	59
TABELA 8 – Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg GP) nas fases de 0 a 16 e de 0 a 30 dias do Experimento II .....	59

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A suinocultura moderna visa a produção de produtos cárneos que atendam à demanda dos clientes por qualidade e segurança alimentar, otimizando a quantidade de carne produzida por matriz e com o menor custo possível, a fim de maximizar a lucratividade. Embora diversos sejam os fatores que influenciam o resultado financeiro, a nutrição é o de maior importância no custo de produção do animal, já que o gasto com alimentação representa de 60 a 70% do custo total.

Enquanto em condições naturais o desmame dos suínos é um processo gradual, que ocorre completamente por volta da 15ª semana de vida e possibilita que os leitões se adaptem lentamente à alimentação sólida, nas criações comerciais o desmame é repentino, sendo os leitões separados das mães geralmente com idade entre 18 e 28 dias, a fim de se aumentar a produtividade por porca. No entanto, o estresse causado pelas mudanças sociais, ambientais e nutricionais resultantes do desmame antecipado predispõe os leitões a problemas digestivos, com queda de desempenho no período pós-desmame e conseqüente perda econômica significativa.

Assim, a utilização de ingredientes altamente digestíveis, como os produtos lácteos, nas dietas durante as primeiras duas semanas após o desmame é muito importante para que os leitões jovens tenham suas exigências nutricionais satisfeitas, mesmo frente às limitações digestivas que apresentam.

Devido à deficiente acidificação do alimento que chega ao estômago e à conseqüente digestão protéica prejudicada, a proliferação de bactérias enteropatogênicas provoca alterações digestivas, como as diarreias, sendo os ácidos orgânicos amplamente utilizados nas dietas pós-desmame com o intuito de baixar o pH estomacal e controlar a população bacteriana indesejável por meio da sua ação bacteriostática e/ou bactericida.

A maltodextrina, produto da industrialização dos grãos de milho, pode ser uma alternativa de alimento energético e substituir parcialmente a lactose, que, além de ser altamente digestível para leitões, favorece a multiplicação de bactérias produtoras de ácido lático e promove a redução do pH do conteúdo estomacal.

### **1 Aspectos nutricionais e fisiológicos relacionados à fase pós-desmame**

O desmame antecipado, praticado no período de 14 a 28 dias de idade, acarreta grande estresse nos leitões, em função da separação da matriz e dos irmãos,

da mudança de ambiente físico e social, da dificuldade de adaptação aos comedouros e bebedouros, da troca da dieta e do desafio imunológico imposto.

A mudança de uma dieta líquida, altamente digestível, com baixo conteúdo de matéria seca, rica em gordura e lactose e disponível a cada 45 a 60 minutos para uma dieta seca, menos palatável, composta majoritariamente por carboidratos e proteínas de origem vegetal e fornecida à vontade constitui um grande desafio para os leitões desmamados. Além de precisarem aprender a reconhecer e satisfazer os estímulos de fome e de sede separadamente (FOWLER; GILL, 1989; MELLOR, 2000c), o consumo de ração atingido na primeira semana após o desmame é insuficiente até mesmo para que sejam atendidas suas necessidades energéticas de manutenção (FOWLER; GILL, 1989; PLUSKE et al., 1995), que geralmente aumentam, nesse período, em razão das condições estressantes impostas aos leitões (GENTRY et al., 1997; SIJEN et al., 1998).

A retirada do leite materno por ocasião do desmame representa, também, a supressão de fatores de crescimento que auxiliam no desenvolvimento e na maturação intestinais (KELLY et al., 1990; MELLOR, 2000b), além da perda da imunidade passiva conferida pelas imunoglobulinas quando os leitões ainda não apresentam seu sistema imune totalmente desenvolvido (GASKINS; KELLEY, 1995; MELLOR, 2000a), predispondo-os a doenças entéricas e respiratórias (KELLY; COUTTS, 2000).

Como conseqüência, o período pós-desmame é caracterizado por redução do consumo, redução da taxa de crescimento e aumento da ocorrência de diarreia (ARMSTRONG; CLAWSON, 1980), acontecimentos favorecidos pelas drásticas mudanças que ocorrem na fisiologia intestinal e digestiva dos leitões com duas a três semanas de idade (EFIRD et al., 1982; BOUDRY et al., 2004).

Efird et al. (1982) observaram pH mais elevado no conteúdo estomacal de leitões desmamados em função da insuficiente capacidade de secreção de ácido clorídrico, e aumento da secreção de tripsina e quimotripsina no lúmen intestinal, porém, a atividade total das enzimas pancreáticas foi menor nos leitões desmamados, apesar do maior peso do pâncreas, em relação aos que continuaram mamando.

Lindemann et al. (1986) observaram queda significativa nas atividades da lipase, amilase, quimotripsina e tripsina na primeira semana após o desmame, ao contrário da atividade proteolítica gástrica, que inclusive se mostrou superior.

Estudando leitões desmamados aos 21 dias de idade, Hampson e Kidder (1986) verificaram máxima perda da atividade enzimática da borda em escova

intestinal entre quatro e cinco dias após o desmame, além de redução significativa da capacidade absorptiva e queda acentuada no ganho de peso quando comparado a leitões não desmamados, independentemente do acesso ou não à ração pré-inicial na maternidade.

Assim, os leitões normalmente são desmamados quando ainda não possuem o sistema gastrintestinal totalmente desenvolvido, apresentando baixa capacidade de produção de ácido clorídrico e das enzimas necessárias à digestão das frações protéica e energética dos ingredientes de origem vegetal presentes na ração (LINDEMANN et al., 1986; OWSLEY et al., 1986a; MAKKINK et al., 1994).

De acordo com Lepine et al. (1991), a transição para uma produção enzimática adequada e plena, que possibilite a digestão eficaz das moléculas complexas dos cereais, é mais lenta nos leitões desmamados muito jovens do que naqueles desmamados em idade mais avançada. Segundo Mahan e Newton (1993) e Bertol (1997), o desenvolvimento adequado da capacidade de produção e ativação das enzimas digestivas ocorre entre seis e oito semanas de idade dos suínos, embora diversos trabalhos relatem a indução da atividade de carboidrases intestinais pela presença de substrato específico no trato digestivo de leitões desmamados aos 14 dias de idade (McCRACKEN, K.J., 1984; McCRACKEN, K.J.; KELLY, 1984; KELLY et al., 1990, 1991a; PLUSKE et al., 2003). Quanto à capacidade plena de produção de ácido clorídrico pelas células parietais do estômago, ela é alcançada apenas entre a sétima e a décima semana de vida dos leitões (BLANCHARD, 2000).

À imaturidade do sistema digestório, soma-se o fato de ocorrerem alterações estruturais e funcionais significativas na mucosa do intestino delgado dos leitões logo após o desmame, como a atrofia das vilosidades e a hiperplasia das criptas de Lieberkühn (HAMPSON, 1986; CERA et al., 1988a; KELLY et al., 1990, 1991a; NABUURS et al., 1993; PLUSKE et al., 1997).

Hampson (1986) verificou redução de 25% na altura das vilosidades em apenas 24 horas após o desmame. Valores mínimos de altura das vilosidades foram relatados por Hampson (1986), Kelly et al. (1991a), van Beers-Schreurs et al. (1998), Hedemann et al. (2003) e Boudry et al. (2004) para o período de dois a cinco dias pós-desmame. Segundo Pluske et al. (1997) e Hedemann et al. (2003), o encurtamento das vilosidades é mais pronunciado na parte proximal do intestino delgado. Com a atrofia, as vilosidades deixam de apresentar formas alongadas, semelhantes a dedos, e ficam achatadas, adquirindo a forma de línguas ou folhas (CERA et al., 1988a; MAKKINK et al., 1994; PLUSKE et al., 1997).

Fatores como alterações na microflora intestinal ocasionadas pelo desmame (CERA et al., 1988a), reações de hipersensibilidade intestinal transitória a antígenos do farelo de soja (LI et al., 1990; LI et al., 1991), forma física da dieta (PLUSKE et al., 1996a) e composição da dieta (PLUSKE et al., 1997; PLUSKE et al., 2003) podem contribuir para os processos inflamatórios e para a atrofia das vilosidades. Entretanto, há consenso geral de que o reduzido consumo de ração pelos leitões nos dias subseqüentes ao desmame seja o principal fator predisponente (CERA et al., 1988a; McCracken, B.A., et al., 1995; PLUSKE et al., 1996b; McCracken, B.A., et al., 1999; van BEERS-SCHREURS et al., 1998; HEDEMANN et al., 2003). Kelly et al. (1991b) verificaram que leitões desmamados, recebendo suprimento contínuo de nutrientes por meio de intubação gástrica, apresentaram maior secreção de enteroglucagon, hormônio que exerce ação trófica sobre a mucosa intestinal, e, conseqüentemente, maior altura das vilosidades.

Como resposta à atrofia das vilosidades, pode ocorrer, concomitantemente a um aumento do conteúdo gastrintestinal (aumento do consumo), aumento na produção e na diferenciação celular a partir das criptas para a renovação dos enterócitos (HEDEMANN et al., 2003), o que resulta no aumento da profundidade das criptas (HAMPSON, 1986; KELLY et al., 1990, 1991a; van BEERS-SCHREURS et al., 1998; PLUSKE et al., 2003; HEDEMANN et al., 2003; BOUDRY et al., 2004).

Segundo Hedemann et al. (2003), o encurtamento das vilosidades e o aprofundamento das criptas de Lieberkühn estão relacionados à concomitante redução da atividade enzimática da borda em escova intestinal, devido à perda de enterócitos maduros aptos à produção de enzimas, e conforme Hampson e Kidder (1986), também à perda das novas células, que resultantes da criptogênese, alcançam o topo das vilosidades e podem ser descamadas antes mesmo de expressarem a máxima capacidade de produção enzimática. Por isso, tais parâmetros morfológicos, juntamente com as atividades específicas da lactase e da sacarase, vêm sendo utilizados como indicadores do desenvolvimento intestinal após o desmame (HAMPSON; KIDDER, 1986; PLUSKE et al., 2003).

Todas as alterações estruturais e funcionais sofridas pela mucosa intestinal no período pós-desmame acarretam prejuízos aos processos digestivo e absorptivo, comprometendo ainda mais o desempenho e predispondo os leitões a problemas de saúde, como diarreias, desidratação e infecções entéricas, podendo levá-los à morte (HAMPSON; KIDDER, 1986; CERA et al., 1988a; PLUSKE et al., 1996a,b; PLUSKE et al., 1997; MOLLY, 2001).

De acordo com Nabuurs et al. (1993), a ocorrência de diarreia pós-desmame está relacionada à arquitetura e à função intestinais, já que vilosidades mais curtas e criptas mais profundas representam menor número de células absorptivas e maior número de células secretoras. Dessa forma, o consequente acúmulo de alimento no lúmen intestinal, ocasionado pela digestão e absorção comprometidas, contribui para a criação de um gradiente osmótico e para o aumento da secreção de fluidos no lúmen, podendo levar o animal à diarreia osmótica caso a reabsorção de líquidos pelo intestino grosso não seja satisfatória (BOUDRY et al., 2004).

Além disso, a presença de carboidratos e proteínas não digeridos e o elevado pH estomacal provocam desbalanço da microflora intestinal e propiciam ambiente favorável para o crescimento de bactérias patogênicas, como *Escherichia coli*, *Clostridium* e *Enterobacteriaceae* (MOLLY, 2001; WALSH et al., 2004). Como consequência da adesão bacteriana à mucosa e da fermentação dos nutrientes, ocorre a produção de toxinas que irritam o epitélio intestinal e interferem no processo homeostático de absorção de água e sais, agravando ainda mais o quadro nutricional e desencadeando diarreia infecciosa que pode ser fatal (van BEERS-SCHREURS et al., 1998; MOLLY, 2001).

Frente a todas essas limitações, e considerando que o aumento no consumo voluntário de ração pelos leitões após o desmame contribui para o aumento da atividade das enzimas pancreáticas e intestinais e para a melhora do desempenho (SHIELDS et al., 1980; OWSLEY et al., 1986b), e que o fornecimento de uma dieta altamente digestível pode minimizar os efeitos adversos nas primeiras semanas após o desmame (CERA et al., 1988a), tem sido comum a utilização de ingredientes altamente digestíveis e palatáveis, como os produtos lácteos, além do uso de aditivos, como os acidificantes, nas rações de desmame, com o intuito de estimular o consumo e favorecer o desempenho e a saúde dos leitões.

## **2 Uso de acidificantes nas rações para leitões desmamados**

Com a finalidade de prevenir a diarreia decorrente dos desarranjos digestivos causados pelo estresse do desmame e de melhorar o desempenho dos leitões, é comum o uso de antimicrobianos promotores de crescimento em doses profiláticas nas rações de desmame, com resultados satisfatórios. Porém, a crescente preocupação dos consumidores com o possível desenvolvimento de resistência bacteriana cruzada, tornando menos eficiente o uso terapêutico dos antibióticos e quimioterápicos em

animais e humanos, e com o risco da presença de resíduos nos produtos de origem animal vem fazendo com que tal prática seja cada vez menos aceita mundialmente (RAVINDRAN; KORNEGAY, 1993; PARTANEN; MROZ, 1999; CANIBE et al., 2001). No caso da União Européia, a utilização dos antimicrobianos promotores de crescimento foi proibida a partir de janeiro de 2006 (COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 2003), obrigando técnicos e produtores a buscarem produtos alternativos que sejam eficazes e, ao mesmo tempo, seguros aos consumidores.

Dentre os aditivos nutracêuticos existentes no mercado, os ácidos orgânicos e seus sais têm sido os mais amplamente utilizados nas dietas de suínos em fase de creche. A acidificação de dietas de leitões desmamados com ácidos orgânicos, tais como cítrico, fórmico, fumárico, láctico e propiônico, tem ajudado a contornar os problemas de desempenho que caracterizam a fase imediatamente após o desmame (FALKOWSKI; AHERNE, 1984; GIESTING; EASTER, 1985; HENRY et al., 1985; BURNELL et al., 1988; GIESTING et al., 1991; RADCLIFFE et al., 1998) e mostra-se como medida profilática promotora de crescimento semelhante aos aditivos antimicrobianos (PARTANEN; MROZ, 1999; TSILOYIANNIS et al., 2001; VIOLA; VIEIRA, 2003; NAMKUNG et al., 2004).

Os ácidos orgânicos de cadeia curta, com um a sete átomos de carbono na molécula, são constituintes naturais de diversos alimentos, participam do metabolismo intermediário e ocorrem freqüentemente no trato gastrintestinal dos animais (PARTANEN; MROZ, 1999; VIOLA; VIEIRA, 2003). Na sua forma livre, a maioria apresenta-se no estado líquido e possui natureza corrosiva, características que dificultam seu manuseio e utilização (EIDELSBURGUER, 2001). Por esta razão, muitos deles podem ser encontrados na forma de sais de sódio, cálcio e potássio, sendo seu uso mais vantajoso em função de não apresentarem odor, apresentarem-se no estado sólido (pó), serem pouco voláteis, menos corrosivos e geralmente mais solúveis em água do que as formas livres, características que facilitam a adição durante a confecção das rações (PARTANEN; MROZ, 1999). Entretanto, devem ser empregados em dosagens maiores do que os ácidos para serem eficazes (EIDELSBURGUER, 2001).

De acordo com Ravindran e Kornegay (1993) e Partanen e Mroz (1999), o uso bem sucedido dos acidificantes nas dietas de suínos depende da compreensão dos seus modos de ação. Embora os exatos mecanismos pelos quais os ácidos orgânicos atuam não estejam totalmente elucidados, algumas hipóteses bastante plausíveis são sugeridas: redução ou estabilização do pH estomacal; alterações na microflora

intestinal por meio de controle bactericida ou bacteriostático; redução da taxa de esvaziamento estomacal; aumento da atividade enzimática e estimulação das secreções pancreáticas; melhora na digestibilidade e retenção de nutrientes; redução de alterações na morfologia intestinal e estimulação do metabolismo intermediário (GIESTING et al., 1991; RAVINDRAN; KORNEGAY, 1993; PARTANEN; MROZ, 1999; PARTRIDGE; GILL, 2001; WALSH et al., 2004).

Para que ocorra digestão adequada das proteínas do alimento, é imprescindível que o ambiente estomacal se encontre ácido, uma vez que as pepsinas apresentam atividade máxima nas faixas de pH de 2,0 a 2,2, e de 3,2 a 3,4 (TAYLOR, 1962 apud BURNELL et al., 1988). Como os leitões desmamados não conseguem secretar quantidade suficiente de ácido clorídrico para acidificar adequadamente o conteúdo estomacal (EFIRD et al., 1982), a adição de ácidos orgânicos às rações poderia contribuir para a redução do pH gástrico, resultando em melhor ativação das enzimas e maior digestibilidade da fração protéica (PARTANEN et al., 2002).

Radecki et al. (1988) e Radcliffe et al. (1998) sugeriram que o melhor desempenho dos leitões que receberam dietas suplementadas com ácidos orgânicos foi resultante da acidificação do conteúdo gástrico. Por outro lado, Risley et al. (1992, 1993) não verificaram redução do pH do conteúdo gastrintestinal de leitões com a suplementação de 1,5% de ácido fumárico ou de ácido cítrico, apesar de o pH da ração ter sido significativamente reduzido.

Condições ácidas favorecem, ainda, o crescimento de lactobacilos no estômago, os quais podem inibir a proliferação e a colonização de bactérias patogênicas pelo bloqueio dos sítios de adesão, ou seja, por competição, ou pela produção de ácido láctico (FULLER, 1977), já que a redução do pH causa a destruição de bactérias nocivas, como a *Escherichia coli* (GIESTING; EASTER, 1985).

Segundo Blanchard (2000), na faixa de pH de 3,5 a 4,0, a atividade dos microorganismos benéficos, como os *Lactobacillus*, é maximizada, enquanto a proliferação de bactérias patogênicas é minimizada. Dessa forma, um dos mecanismos pelos quais os ácidos orgânicos atuam sobre a microflora é a seleção de bactérias benéficas, propiciada pela redução do pH gástrico (WALSH et al., 2004).

Outro mecanismo de controle microbiano diz respeito à capacidade que os ácidos orgânicos possuem de alternar entre a forma ionizada e a forma não ionizada, em função do seu pKa e do pH do meio (PARTANEN; MROZ, 1999). O pKa de um ácido é o valor de pH no qual 50% do ácido encontra-se na forma ionizada, sendo determinado pelo logaritmo negativo da constante de ionização do ácido, ou Ka, que,

por sua vez, indica a força do ácido, ou seja, sua tendência em doar prótons. Quanto menor o pH do meio e maior o pKa do ácido, mais eficiente ele é como agente antimicrobiano (PARTANEN, 2001), sendo sua eficácia maior quanto maiores forem sua concentração (PARTANEN, 2001; SCHWARZER, 2005), sua cadeia carbônica (FOEGEDING; BUSTA, 1991 apud PARTANEN; MROZ, 1999; SCHWARZER, 2005) e seu grau de insaturação (FOEGEDING; BUSTA, 1991 apud PARTANEN; MROZ, 1999).

De acordo com Partanen e Mroz (1999), Partanen et al. (2002) e Schwarzer (2005), quando na forma não ionizada, os ácidos orgânicos são lipofílicos e podem atravessar livremente a membrana semipermeável dos microorganismos. No interior da célula, onde o pH é próximo de 7,0, os ácidos se ionizam e liberam prótons que acidificam o citoplasma, suprimindo os sistemas enzimático (descarboxilases e catalases) e de transporte de nutrientes, obrigando a célula a gastar energia para liberar os íons  $H^+$ . Além disso, pode ocorrer, dependendo do gradiente de pH ao longo da membrana, acúmulo de ânions no meio intracelular, fato que parece exercer papel importante na ação antimicrobiana (SCHWARZER, 2005). Segundo Canibe et al. (2001) e Schwarzer (2005), a ocorrência deste tipo de controle microbiano depende da presença do ácido no lúmen gastrointestinal, e seus efeitos sobre a microbiota e o pH são mais evidentes e importantes na porção proximal do trato digestivo, ou seja, no estômago e no intestino delgado.

O fato de a maioria dos ácidos orgânicos possuir pKa entre 3,0 e 5,0, e ser mais efetiva quanto menor o pH do conteúdo gástrico (PARTANEN, 2001), possibilita-lhes exercer considerável poder bactericida mesmo quando não há redução significativa do pH gastrointestinal (CANIBE et al., 2001; SCHWARZER, 2005). Canibe et al. (2001) não observaram redução do pH gastrointestinal de leitões desmamados com a inclusão de 1,8% de diformato de potássio na ração, porém verificaram redução na contagem de bactérias anaeróbicas totais, bactérias lácticas, coliformes e leveduras, sugerindo que a ação antimicrobiana se deu em função da penetração do acidificante não ionizado nas células.

Namkung et al. (2004) verificaram, no quarto dia após o desmame, redução na contagem de coliformes fecais, mas não no número de lactobacilos, com a suplementação de duas misturas de ácidos orgânicos às rações, sugerindo que os ácidos orgânicos, e em especial a combinação do ácido láctico com outros ácidos, constituem-se numa alternativa aos antibióticos e exercem seu efeito primeiramente sobre a microbiota intestinal. Entretanto, Risley et al. (1993) não verificaram redução

da população de *Escherichia coli*, menor incidência ou severidade de diarreia e melhora do desempenho em leitões desafiados oralmente com *E. coli* enterotoxigênica e alimentados com ração suplementada com 1,5% de ácido fumárico ou cítrico.

Giesting et al. (1991) sugeriram que, além da menor competição microbiana por nutrientes e da maior digestão protéica, outro fator resultante da acidificação da dieta que poderia ter contribuído para o melhor aproveitamento das rações à base de milho e farelo de soja pelos leitões seria a menor taxa de passagem do alimento. Entretanto, de acordo com Ravindran e Kornegay (1993), Partanen e Mroz (1999) e Walsh et al. (2004), existe pouca evidência de que a acidificação do conteúdo gástrico possa reduzir a taxa de esvaziamento estomacal.

Estudos feitos por Harada et al. (1988) e Sano et al. (1995) demonstraram que ácidos graxos de cadeia curta exercem efeito estimulatório sobre as secreções pancreáticas endócrina e exócrina em suínos. Harada et al. (1988) verificaram aumento da secreção pancreática exócrina e da secreção biliar quando a liberação de secretina foi estimulada pela acidificação intestinal. Sano et al. (1995) observaram aumento da concentração plasmática de glucagon em leitões de 25 kg após cinco minutos da administração de doses suprafisiológicas ( $2,5 \text{ mmol kg}^{-1}$ ) de n-butilato, acetato e propionato por via intravenosa, mas não verificaram efeito na concentração de insulina. De acordo com Partanen (2001), o aumento da secreção enzimática pelo pâncreas em resposta à acidificação do trato gastrintestinal poderia resultar no aumento da digestibilidade das dietas mais simples, e da digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos.

Dessa forma, o efeito dos ácidos orgânicos sobre a digestibilidade dos nutrientes pode ser relacionado à acidificação do trato digestivo e também à inibição do crescimento bacteriano. De acordo com Burnell et al. (1988), a acidificação do conteúdo gastrintestinal acarreta aumento na atividade da pepsina, melhorando a digestibilidade protéica. Entretanto, a suplementação de 1,0 a 3,0% de ácido cítrico ou fumárico às rações para leitões desmamados não determinou melhora na digestibilidade aparente da proteína e da matéria seca (FALKOWSKI; AHERNE, 1984), e na digestibilidade aparente e retenção de nitrogênio (RADECKI et al., 1988).

Por outro lado, Eckel et al. (1992 apud PARTANEN; MROZ, 1999) verificaram aumento significativo de 2,6 a 4,4% na digestibilidade total aparente da proteína bruta por leitões de 6 a 14 kg alimentados com dietas complexas suplementadas com 6 a 24 g de ácido fórmico por quilograma de ração, e aumento significativo na digestibilidade da energia quando os animais receberam 18 e 24 g do ácido por quilograma de ração.

Blank et al. (1999) não observaram melhora na digestibilidade fecal aparente da matéria seca, matéria orgânica, energia bruta, proteína bruta e aminoácidos por leitões desmamados aos 14 dias de idade e alimentados com rações de baixa capacidade tamponante suplementadas com 1,0 a 3,0% de ácido fumárico. Por outro lado, verificaram digestibilidade ileal aparente da proteína bruta, energia bruta, e da maioria dos aminoácidos significativamente maior para os leitões que receberam as dietas acidificadas, sendo a melhor resposta obtida com a suplementação de 2,0%.

Quanto ao aproveitamento de minerais, Radecki et al. (1988) não observaram efeitos da inclusão de ácidos orgânicos nas dietas sobre o balanço e a retenção de cálcio, fósforo e zinco por leitões desmamados. Entretanto, Radcliffe et al. (1998) verificaram aumento na digestibilidade do cálcio por leitões recém-desmamados alimentados com rações contendo 1,5 e 3,0% de ácido cítrico, fato explicado pela queda do pH estomacal, que proporcionou provável redução na taxa de esvaziamento estomacal, e pela menor formação de sais insolúveis de cálcio graças ao ambiente favorável à atividade enzimática, permitindo que maior quantidade de cálcio fosse absorvida.

Quanto maior a população microbiana do trato gastrintestinal, maior é a competição entre os microorganismos e o hospedeiro pelos nutrientes. Assim, a restrição ao crescimento da microbiota ocasionado pela utilização dos ácidos orgânicos e de seus sais proporciona que mais nitrogênio seja absorvido pelo animal, ao invés de ser incorporado à proteína microbiana (PARTANEN, 2001), e que maior quantidade de carboidratos seja digerida e absorvida pelo animal, ao invés de ser fermentada pelos microorganismos (PARTANEN, 2001; PARTANEN et al., 2002), melhorando a digestibilidade da energia proveniente da proteína, da gordura e dos carboidratos em razão da menor atividade microbiana (CANIBE et al., 2001).

Quanto aos efeitos na morfologia intestinal, sabe-se que os ácidos graxos de cadeia curta, produzidos pela fermentação microbiana dos carboidratos, têm ação estimulante sobre a proliferação das células epiteliais (LUPTON; KURTZ, 1993; MARSMAN; McBURNEY, 1996). Sakata (1987), estudando os efeitos dos ácidos acético, propiônico e butírico (100, 20 e 60 mM, respectivamente), fornecidos por fístula ileal, sobre a proliferação do epitélio intestinal de ratos, verificou aumento de três a quatro vezes na taxa diária de produção celular pelas criptas. Quando forneceu doses crescentes de cada ácido (50, 100 e 200 mM), verificou efeito dose-dependente sobre a criptogênese dos intestinos delgado e grosso, sendo o efeito do ácido butírico mais acentuado que o do propiônico, que, por sua vez, foi maior que do ácido acético.

Lupton e Kurtz (1993), trabalhando com ratos, observaram que o consumo de dietas contendo pectina acarretou aumento na concentração de propionato nas regiões proximal e distal do cólon, e o consumo de dietas contendo farelo de trigo resultou em maior concentração de butirato ao longo do intestino grosso, em comparação aos animais do grupo controle alimentados com dieta sem fibra. Além disso, verificaram alta correlação negativa entre pH (presença de ácidos) e superfície (proliferação celular) do ceco. Entretanto, estudos *in vitro* mostraram inibição ou redução da proliferação das células epiteliais do ceco e do cólon de ratos, sugerindo que os efeitos estimulatórios dos ácidos graxos de cadeia curta verificados *in vivo* são indiretos e mediados por mecanismos sistêmicos (SAKATA, 1987; MARSMAN; McBURNEY, 1996).

Segundo Risley et al. (1992) e Blank et al. (1999), o ácido fumárico constitui-se numa fonte energética prontamente disponível, podendo exercer efeito trófico diretamente sobre a mucosa do intestino delgado, e contribuir para o aumento da superfície e da capacidade de absorção por meio da recuperação mais rápida do epitélio intestinal após o desmame. No entanto, Namkung et al. (2004) não verificaram alteração na morfologia intestinal de leitões desmamados que receberam rações suplementadas com misturas dos ácidos fórmico, acético, láctico, fosfórico e cítrico.

Muitos estudos têm mostrado a eficácia dos ácidos orgânicos em melhorar o desempenho de leitões desmamados. Entretanto, nem sempre os resultados são satisfatórios e a eficiência é comprovada. Melhores ganho de peso e eficiência alimentar foram reportados por Falkowski e Aherne (1984), Giesting e Easter (1985) e Henry et al. (1985). Radecki et al. (1988) observaram melhora no ganho de peso e na eficiência alimentar de leitões recém-desmamados apenas quando foi suplementado ácido fumárico à dieta, não sendo verificados tais efeitos quando da adição de ácido cítrico.

Risley et al. (1993) não verificaram efeito da suplementação de 1,5% de ácido cítrico ou fumárico às rações sobre o ganho diário de peso, consumo diário de ração e conversão alimentar de leitões desafiados ou não com *E. coli*. Já Radcliffe et al. (1998) observaram que a inclusão de 1,5 e 3,0% de ácido cítrico à dieta de leitões, uma semana após o desmame, proporcionou queda no pH da ração e redução linear do pH do conteúdo estomacal, com melhora do ganho de peso e da conversão alimentar.

Tsiloyiannis et al. (2001) constataram que a inclusão de 1,6% de ácido láctico, ou de 1,5% de ácido cítrico, à dieta de leitões recém-desmamados apresentou efeito positivo, e bastante semelhante ao da enrofloxacina, sobre o controle da doença do

edema, aproveitamento da dieta e desempenho dos animais. Namkung et al. (2004) observaram ganho de peso significativamente maior em relação ao grupo controle não medicado, mas semelhante ao grupo controle medicado com lincomicina, para os animais que receberam dieta suplementada com mistura de ácidos orgânicos contendo 50% de ácido láctico, sugerindo que este ácido, em particular, tem efeito positivo sobre o desempenho. Porém, não verificaram diferenças quanto ao consumo de ração e à eficiência alimentar.

Dentre as causas ou fontes de variação existentes quanto à resposta ao uso dos ácidos orgânicos, estão o tipo e a composição da dieta, a dose de acidificante utilizada, a idade e o potencial ou nível de desempenho dos animais em relação a desafios (RAVINDRAN; KORNEGAY, 1993; PARTANEN; MROZ, 1999; WALSH et al., 2004).

Estudos mostram que a resposta dos leitões à suplementação de acidificantes pode ser influenciada pelos ingredientes e pela composição da ração. A adição de ácidos orgânicos proporciona melhor desempenho principalmente quando feita em rações simples ou semi-complexas, baseadas em cereais e farelo de soja, com baixo conteúdo de produtos lácteos (OWSLEY et al., 1988; BURNELL et al., 1988; GIESTING et al., 1991; WEEDEN et al., 1991), uma vez que a fermentação da lactose em ácido láctico pelos lactobacilos diminui a necessidade de acidificação da dieta.

A capacidade tamponante da ração é outro fator de interferência, já que quanto maior o poder tampão da dieta, maior resistência será oferecida à redução de pH. Segundo Jasaitis et al. (1987), dentre os ingredientes utilizados nas formulações, os cereais e seus co-produtos apresentam o menor poder tamponante, os alimentos protéicos possuem poder intermediário a alto, e as fontes minerais, com exceção dos fosfatos monossódico e bicálcico, são as que apresentam maior capacidade tamponante. Dependendo da fonte, quanto maiores forem os níveis de proteína e minerais na ração, maior será seu poder tamponante (MORES et al., 1990; RADCLIFFE et al., 1998; BLANK et al., 1999).

De acordo com Partanen e Mroz (1999), a redução do pH da dieta ocorre curvilinearmente e depende do pKa do ácido e do poder tampão da ração, sendo a eficácia dos ácidos decrescente na seguinte ordem: tartárico, cítrico, málico, fumárico, láctico e fórmico, acético e propiônico. Os sais dos ácidos orgânicos exercem menor influência no pH da dieta, e, em geral, enquanto os ácidos reduzem a capacidade tamponante da ração, alguns sais podem aumentá-la (PARTANEN; MROZ, 1999).

Blank et al. (1999), suplementando dietas de desmame com ácido fumárico e aumentando sua capacidade tamponante com a adição de 3,0% de bicarbonato de sódio, não verificaram melhora na digestibilidade ileal aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, energia bruta e aminoácidos, além do que, nenhuma correlação entre digestibilidade ileal dos aminoácidos e nível de ácido fumárico foi estabelecida para o 11º dia pós-desmame, ao contrário do ocorrido quando a ração possuía baixa capacidade tamponante.

A magnitude da resposta aos acidificantes também sofre influência do nível e do tipo de ácido utilizados. Falkowski e Aherne (1984) testaram a inclusão de 1,0 e 2,0% de ácido cítrico ou fumárico em dietas de desmame, e não verificaram diferenças de desempenho ou digestibilidade em função dos ácidos ou de seus níveis de inclusão. Já Radecki et al. (1988) verificaram que leitões alimentados com rações contendo 1,5 e 3,0% de ácido cítrico ou fumárico apresentaram diferentes respostas quanto ao consumo, ganho de peso e eficiência alimentar em função dos ácidos e dos níveis empregados. Entretanto, há outros fatores que provavelmente podem ter interferido nas respostas e que devem ser considerados, como as dietas utilizadas, que diferiam entre os estudos. De acordo com Ravindran e Kornegay (1993), apesar da tendência de melhores respostas com o aumento dos níveis de inclusão, o custo desses aditivos é um fator limitante.

Segundo Giesting et al. (1991), a resposta à suplementação dos ácidos orgânicos parece ser mais evidente nas primeiras semanas após o desmame, diminuindo com o aumento da idade e a maturação do sistema digestório dos animais. Entretanto, Jongbloed et al. (2000) verificaram efeito positivo da suplementação dos ácidos láctico e fórmico em rações para suínos em crescimento, com melhora no desempenho e na digestibilidade total aparente da matéria seca, matéria orgânica, cinzas, cálcio e fósforo. Da mesma forma, Partanen et al. (2002) verificaram melhora no desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação com a inclusão de ácido fórmico e da mistura ácido fórmico – sorbato de potássio às rações.

Para Ravindran e Kornegay (1993), as condições experimentais a que são submetidos os animais seriam outro fator interferente, de modo que melhores desempenhos, em resposta ao uso dos acidificantes, seriam esperados em situações de desafio. Assim, quando os leitões enfrentam baixo desafio, tendo a possibilidade de expressar todo seu potencial de desempenho, pouca ou nenhuma resposta seria esperada, enquanto em condições desfavoráveis para a expressão desse potencial em função do desafio, o desempenho poderia ser melhorado pela inclusão de ácidos

orgânicos às rações. Porém, no caso de Risley et al. (1993), a utilização de ácidos orgânicos não propiciou melhor desempenho ou prevenção da diarreia em leitões desafiados com *E. coli* enterotoxigênica. Segundo Partanen e Mroz (1999), não há evidências de que o potencial ou nível de desempenho dos leitões possa influenciar na resposta aos ácidos orgânicos.

Embora os ácidos orgânicos e seus sais tenham se revelado como potenciais alternativas ao uso dos antimicrobianos promotores de crescimento nas rações de leitões em fase de creche, seus efeitos sobre o desempenho dos animais ainda são muito variáveis, e mais estudos são necessários para elucidar as condições em que poderiam ser mais eficientes, ou seus modos de ação.

### **3 Lactose e fontes de lactose na alimentação de leitões desmamados**

Nos primeiros dias após o desmame, é comum os leitões apresentarem baixo consumo voluntário de ração e conseqüente ganho de peso reduzido, ou até mesmo negativo, devido ao estresse nutricional, social, ambiental e imunológico. Além disso, a transição para uma produção enzimática que possibilite aos leitões digerir satisfatoriamente os carboidratos e proteínas complexas dos cereais não ocorre antes de oito semanas de vida, e, portanto, é mais demorada nos leitões desmamados mais jovens (LEPINE et al., 1991; MAHAN; NEWTON, 1993). Dessa forma, a tendência em se desmamar os leitões cada vez mais cedo fez com que o uso de produtos lácteos nas rações pré-iniciais e iniciais crescesse consideravelmente e se tornasse prática comum (MAHAN et al., 1993).

O melhor desempenho dos leitões desmamados antecipadamente e alimentados com dietas contendo produtos lácteos pode ser creditado à capacidade que esses animais possuem em utilizar mais eficientemente as frações energética e protéica do leite do que dos componentes vegetais da ração (TURLINGTON et al., 1989). Assim, a utilização desses produtos nas rações de desmame é benéfica ao desempenho dos leitões quando comparado a rações unicamente à base de milho e farelo de soja, com consistente melhora no consumo de ração, na conversão alimentar e no ganho de peso (CERA et al., 1988b; LEPINE et al., 1991; MAHAN, 1992; MAHAN et al., 1993; TOKACH et al., 1995).

Os produtos lácteos mais comumente utilizados nas dietas de desmame são o soro de leite em pó, o soro de leite desproteinado, o leite em pó desnatado e a lactose cristalina. Sewell e West (1965) não verificaram diferenças significativas no ganho de

peso entre leitões desmamados aos 21 dias de idade que receberam rações suplementadas com leite em pó desnatado, soro de leite em pó ou beta-lactose e formuladas para conter a mesma quantidade de lactose. Porém, verificaram diferenças significativas quanto ao ganho de peso, conversão alimentar e digestibilidade da proteína e do extrato etéreo pelos leitões alimentados com rações suplementadas, em comparação aos que não receberam fontes de lactose nas rações.

A adição de soro de leite em pó às rações de leitões desmamados proporcionou aumento no ganho diário de peso e no consumo diário de ração (BURNELL et al., 1988; CERA et al., 1988b), sendo a maior resposta verificada na primeira semana após o desmame (CERA et al., 1988b). Segundo Tokach et al. (1989), o melhor desempenho apresentado em resposta ao uso do soro de leite seria devido às suas frações energética (lactose) e protéica (lactoalbumina). Entretanto, Mahan (1992) demonstrou que, dos constituintes nutricionais do soro de leite, a lactose é o principal responsável pelo aumento no consumo de ração e no ganho de peso dos leitões.

A lactose exerce importante papel fisiológico no organismo dos leitões desmamados, proporcionando maior eficiência na utilização do alimento e melhora na digestibilidade da matéria seca, da proteína e da energia (SEWELL; WEST, 1965; TOKACH et al., 1989). Segundo Powles e Cole (1993), tal fato pode ser explicado pela diminuição do pH intestinal resultante da fermentação da lactose em ácido láctico pelos *Lactobacillus*, com melhora na ação das enzimas.

A fermentação da lactose e a acidificação do trato gastrintestinal favorecem, ainda, o crescimento de bactérias acidófilas benéficas, como os *Lactobacillus* (KRAUSE et al., 1995), e inibe o crescimento de bactérias patogênicas, como a *Escherichia coli*, promovendo balanço adequado da microflora intestinal e melhorando o desempenho dos leitões (POWLES; COLE, 1993).

Por outro lado, a lactose é limitante nas dietas à base de milho e farelo de soja, cujo principal carboidrato é o amido (LEPINE et al., 1991; MAHAN, 1992), pois é fonte energética importante para os leitões após o desmame, quando perdem parte de suas reservas de gordura devido ao baixo consumo de alimento e ao estresse (BERTOL et al., 2000).

Há hipóteses de que a lactose, sendo o principal açúcar do leite da porca, tenha propriedades específicas que contribuam para a integridade da mucosa intestinal dos leitões desmamados. De acordo com Spreeuwenberg et al. (2001), a lactose parece ser fonte de energia fundamental, e mais limitante do que a proteína,

para a manutenção das células epiteliais do intestino de leitões desmamados. Esses autores verificaram que o aumento dos níveis de lactose nas dietas de desmame determinou maior altura de vilosidades na parte proximal do intestino delgado dos leitões. Entretanto, Vente-Spreeuwenberg et al. (2003) não observaram efeito de diferentes fontes de carboidrato (glicose, lactose ou amido), utilizadas nas dietas de desmame, sobre a arquitetura das vilosidades intestinais dos leitões.

Diversos estudos demonstraram os benefícios ao desempenho e à digestibilidade dos nutrientes por leitões desmamados com três a quatro semanas de idade, advindos da inclusão de fontes de lactose às rações (GIESTING et al., 1985; OWSLEY et al., 1986a; TOKACH et al., 1989; LEPINE et al., 1991; MAHAN, 1992; TOKACH et al., 1995; NESSMITH et al., 1997).

Mahan (1992), suplementando dietas à base de milho e farelo de soja com 20% soro de leite, verificou aumento significativo no ganho diário de peso, no consumo diário de ração, na retenção e na digestibilidade aparente do nitrogênio por leitões desmamados aos 23 dias de idade. Quando substituiu o soro de leite por 2,80% de lactoalbumina mais 16,43% de amido de milho, o ganho de peso, o consumo de ração e a retenção de nitrogênio foram menores em relação aos dos animais que receberam soro, mas similares aos dos leitões do grupo controle, enquanto a substituição do soro de leite por 2,80% de uma mistura de aminoácidos mais 16,43% de lactose resultou em maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar em comparação aos animais alimentados com rações suplementadas com soro de leite. Tais resultados demonstram que os efeitos benéficos da adição do soro de leite a rações à base de milho e farelo de soja são devidos principalmente ao seu carboidrato (lactose), e não à sua proteína (lactoalbumina), já que para haver aproveitamento adequado e satisfatório da proteína, é necessária a inclusão de fonte de carboidrato altamente digestível à dieta.

Muitos estudos também foram realizados com o intuito de definir qual o melhor nível de inclusão de lactose, ou fontes de lactose, nas dietas pré-iniciais e iniciais para leitões (DRITZ et al., 1993; OWEN et al., 1993; CHI; MAHAN, 1995; TOUCHETTE et al., 1995; CROW et al., 1995; TOUCHETTE et al., 1996; BERTOL, et al., 2000; MAHAN et al., 2004), demonstrando que os animais respondem bem a níveis de inclusão de 20 a 40% nas duas primeiras semanas após o desmame, sendo que, nas semanas subseqüentes, estes níveis podem ser diminuídos para 10 a 15%, sem prejuízos ao desempenho.

De acordo com Mahan et al. (2004), níveis de inclusão de lactose de 25 a 30% durante a primeira semana pós-desmame, ou até 7 kg de peso vivo, 15 a 20% durante o período de 7 a 21 dias, ou até 12,5 kg de peso vivo, e 10 a 15% durante o período de 21 a 35 dias pós-desmame, ou até 25 kg de peso vivo, otimizam o desempenho dos leitões.

Apesar da inclusão de produtos lácteos nas dietas iniciais ser justificada pelo melhor desempenho dos animais, a possibilidade de substituição, pelo menos parcial, desses produtos por outras fontes de carboidratos é alternativa de interesse prático e econômico na formulação de rações para leitões. Mahan e Newton (1993) verificaram que a adição de lactose e de dextrose às rações oferecidas nos primeiros 14 dias pós-desmame melhorou o consumo diário de ração e o ganho de peso dos leitões quando comparado às dietas controle ou adicionadas de amido de milho, indicando que os leitões desmamados com três semanas de idade são incapazes de digerir adequadamente o amido, mas conseguem aproveitar de maneira semelhante a dextrose e a lactose. Ainda de acordo com os autores, as dietas iniciais devem conter entre 34,5 e 45,0% desses carboidratos menos complexos, podendo ser tanto lactose quanto dextrose.

Richert et al. (1996) observaram que o aumento dos níveis de inclusão de açúcares simples (lactose ou lactose mais dextrose) em dietas para leitões desmamados entre 10 e 14 dias de idade proporcionou aumento no ganho diário de peso no período de 7 a 28 dias pós-desmame e no consumo diário de ração de 21 a 28 dias do período experimental, sendo que a substituição de parte da lactose por dextrose também ocasionou aumento no ganho de peso no período de 7 a 21 dias.

Avaliando os efeitos da substituição parcial ou total da lactose de rações simples e complexas para leitões desmamados por sacarose ou melaço de cana, Mavromichalis et al. (2001) verificaram que os animais utilizaram estas fontes de carboidrato tão eficientemente quanto a lactose, sugerindo que valores de equivalente lactose sejam atribuídos aos açúcares simples para auxiliar na formulação das rações.

Vente-Spreewenbergh et al. (2003) não verificaram diferenças quanto ao ganho de peso, consumo de ração e eficiência alimentar entre leitões desmamados aos 27 dias de idade e alimentados com rações suplementadas com lactose, glicose ou amido.

Por sua vez, Fiumana e Scipioni (1981), substituindo parcialmente o milho e a cevada da ração de leitões desmamados aos 19 dias de idade por amido hidrolisado (5% de dextrose, ou 5% de maltodextrina, ou 5% de dextrose mais 5% de

maltodextrina), verificaram que a dextrose e a maltodextrina sozinhas melhoraram a digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica e principalmente da energia, e que melhor aproveitamento dos minerais foi proporcionado pelas duas fontes de carboidrato juntas.

## **4 Maltodextrina**

### *4.1 Definição e caracterização geral*

Maltodextrina é o produto obtido da hidrólise parcial ácida e/ou enzimática do amido, sendo constituída por unidades de D-glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha(1\rightarrow4)$ , com dextrose equivalente (DE) entre 3 e 20 (LLOYD; NELSON, 1984; ALEXANDER, 1992; KENNEDY et al., 1995) e fórmula geral  $(C_6H_{10}O_5)_nH_2O$  (KENNEDY et al., 1995).

Em 1983, a maltodextrina foi oficialmente definida pelo Food and Drug Administration como sendo um “polímero sacarídeo nutritivo, sem sabor adocicado, constituído por unidades de D-glicose unidas principalmente por ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$  e que possui dextrose equivalente (DE) menor que 20. Apresenta-se como pó branco ou como solução concentrada obtida a partir da hidrólise parcial dos amidos de milho, batata ou arroz com ácidos e enzimas seguras e adequadas” (FDA, 2003).

De acordo com Marchal et al. (1999), as maltodextrinas produzidas industrialmente e que apresentam grau médio de polimerização consistem, normalmente, de sacarídeos tanto lineares (contendo ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$ ) como ramificados (contendo ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$ ).

Todos os produtos derivados da hidrólise do amido, assim como a maltodextrina, são caracterizados pelo seu grau de hidrólise, expresso como DE, que indica a porcentagem de açúcares redutores calculados como dextrose com base na matéria seca (LLOYD; NELSON, 1984; ALEXANDER, 1992; KEARSLEY; DZIEDZIC, 1995; MARCHAL et al., 1999; OLIVER et al., 2002). Assim, a DE indica o grau de polimerização da molécula de amido.

Grau de polimerização (GP) é o termo usado para descrever a composição de açúcares de um produto hidrolisado por meio da indicação do número de unidades de glicose existente em cada componente do produto, de modo que GP1 refere-se ao componente glicose, uma unidade, GP2 refere-se ao componente maltose, com duas unidades de glicose, GP3 indica a componente maltotriose, composta por três unidades de glicose, e assim por diante (KEARSLEY; DZIEDZIC, 1995). Dessa forma,

o GP indica o número de monossacarídeos existente no produto, sendo que a relação entre dextrose equivalente e grau de polimerização ( $DE = 100 \div GP$ ) indica que quanto maior a DE, maior o número de açúcares simples e de polímeros de cadeia curta no produto hidrolisado (KUNTZ, 1997).

De acordo com Kearsley e Dziedzic (1995) e Kuntz (1997), o grau de hidrólise do amido determina a composição do produto final. A hidrólise completa do amido gera dextrose, e sendo o amido e a dextrose, portanto, os extremos do processo, é a esses produtos que se relaciona a escala de DE: ao amido não hidrolisado é atribuído valor zero de DE, enquanto à dextrose é atribuído valor 100. À maltodextrina e aos demais produtos hidrolisados, constituídos por uma mistura de polímeros de diferentes tamanhos, são atribuídos valores intermediários de DE, que representam, justamente, os vários graus de quebra do amido.

Assim, DE é um indicador do peso molecular médio dos polímeros de glicose da maltodextrina. Conforme a hidrólise avança, o peso molecular médio das cadeias de glicose diminui, e o valor de DE aumenta (ALEXANDER, 1992; KEARSLEY; DZIEDZIC, 1995).

As propriedades da maltodextrina como matéria-prima, assim como as dos demais produtos hidrolisados, estão relacionadas com a DE. Segundo Kuntz (1997), maltodextrinas com baixa DE tendem a apresentar características semelhantes às do amido, por conterem grande quantidade de longas cadeias lineares e ramificadas de glicose, enquanto maltodextrinas com alta DE, isto é, com maior número de cadeias de baixo peso molecular, assemelham-se mais aos xaropes de glicose.

Propriedades como escurecimento, devido aos maiores níveis de açúcares redutores, redução do ponto de congelamento, plasticidade, higroscopicidade, doçura, solubilidade e osmolaridade aumentam com o aumento da DE, ao passo que características como peso molecular, viscosidade, aderência e prevenção da formação de cristais aumentam conforme a DE diminui (ALEXANDER, 1992; KUNTZ, 1997).

Entretanto, mais importante que a DE é a composição em carboidratos, ou seja, a porcentagem de polímeros de glicose de baixo e alto peso molecular, para se determinar as propriedades de um hidrolisado, uma vez que a utilização de diferentes técnicas de hidrólise (ácida, enzimática, ou a combinação de ambas) possibilita a obtenção de diversos produtos com mesma DE, mas com diferente composição de carboidratos, o que, conseqüentemente, confere-lhes diferentes propriedades (KEARSLEY; DZIEDZIC, 1995). Assim, a composição de açúcares da maltodextrina determina suas características funcionais tanto físicas como biológicas, tais como

higroscopicidade, fermentabilidade nos produtos alimentícios, viscosidade, estabilidade, doçura, gelatinização, osmolaridade e absorção pelos organismos (MARCHAL et al., 1999).

Segundo Marchal et al. (1999), os fatores que podem influenciar a composição de sacarídeos de um produto durante a hidrólise do amido são: uso de diferentes enzimas hidrolíticas; fonte e concentração do amido; temperatura e pressão durante a hidrólise; adição de solventes orgânicos; imobilização enzimática; extração de produtos durante a hidrólise e suas combinações.

Dentre as características físicas da maltodextrina, a higroscopicidade e a osmolaridade são de interesse na produção de rações para leitões desmamados. Higroscopicidade é a capacidade de uma substância de absorver umidade do meio em que se encontra. Osmolaridade de uma solução refere-se à quantidade de partículas de soluto dissolvidas por litro de solução. Ambas as características estão diretamente relacionadas com a DE, sendo que quanto menor a DE do produto, menores serão a higroscopicidade e a osmolaridade (ALEXANDER, 1992; KEARSLEY; DZIEDZIC, 1995).

Segundo Alexander (1992), todas as maltodextrinas apresentam baixíssima higroscopicidade e são usadas para manter baixo o nível de umidade e o empedramento em produtos em pó, características importantes para boa qualidade e homogeneidade das rações.

Se a osmolaridade no lúmen intestinal dos leitões for elevada, principalmente nos dias subseqüentes ao desmame, quando o estresse é maior, aumenta-se o risco da ocorrência de diarreia osmótica, provocada pela maior passagem de fluido para o lúmen intestinal. Dessa forma, a inclusão de maltodextrina às rações de desmame pode ser interessante, já que, conforme Alexander (1992) e Kearsley e Dzedzic (1995), produtos com baixa DE, como a maltodextrina, apresentam alto peso molecular e, conseqüentemente, baixa concentração molecular, exercendo baixa pressão osmótica. Segundo Marchal et al. (1999), uma solução de glicose a 10% tem osmolaridade 10 vezes maior do que uma solução de maltodextrina, com GP médio de 11, a 10%.

As maltodextrinas têm aplicações em diversas áreas industriais, podendo ser utilizadas como agentes carreadores, provedores de textura, substitutos de gordura, agentes controladores do congelamento para prevenção da cristalização, fontes de energia, entre outros (ALEXANDER, 1992; MARCHAL et al., 1999).

#### 4.2 Processo de obtenção

A maltodextrina, produto derivado da industrialização do milho em grão, é, por definição, obtida a partir da hidrólise parcial do amido. A moagem úmida do milho é o principal processo de produção de amido e de produtos protéicos e com alto teor de óleo. É um processo industrial que separa o grão de milho nos seus componentes básicos: germe, fibra, amido e proteína (glúten), sendo o alto rendimento na extração do amido o mais importante objetivo da moagem úmida (LOPES FILHO, 1997). Por possibilitar maior eficiência na separação das frações do grão, a moagem úmida dá origem a produtos de maior pureza, facilitando a produção de hidrolisados (ZOBEL, 1992).

A maceração é a primeira etapa do processo, sendo realizada numa série de 8 a 16 tanques de aço inoxidável por meio de processo contínuo em contra-corrente (LOPES FILHO, 1997), no qual água sulfitada (0,1 a 0,2% SO<sub>2</sub>) à temperatura de 48-52°C é movimentada de um tanque para outro, deixando o sistema após contato com o milho mais novo (ZOBEL, 1992). Segundo Lopes Filho (1997), a maceração é a etapa mais importante, pois as reações químicas que ocorrem entre o SO<sub>2</sub> e os componentes estruturais do grão são as responsáveis pela separação eficiente entre o amido e a proteína do endosperma. Além disso, as condições de temperatura e pH em que ocorre o processo de maceração permitem, nas primeiras oito horas, o crescimento de *Lactobacillus sp.*, que convertem açúcares provenientes do grão em ácido láctico, mantendo o pH da solução em torno de 4,0 e promovendo o amaciamento dos grãos.

Após a maceração, os grãos passam por duas moagens, sendo reduzidos a pequenos fragmentos para a liberação, e posterior separação do germe pela diferença de densidade entre ele e o restante da massa (água e demais partes do grão), utilizando-se ciclones apropriados (LOPES FILHO, 1997).

A massa sem o germe passa ainda por uma terceira moagem, para liberar todo amido e proteína que estejam aderidos à parte fibrosa (pericarpo). A separação da fibra acontece em seguida, num sistema de peneiras onde o material é lavado várias vezes com água proveniente do processo, para que, ao final, reste o menor teor possível de amido e proteína na fração fibrosa (LOPES FILHO, 1997).

A separação do amido, última etapa do processo da moagem úmida, é realizada por centrifugação, utilizando-se, além de centrífugas, pequenos hidrociclones encapsulados, que promovem a lavagem final do amido, retirando quaisquer resíduos remanescentes (ZOBEL, 1992; LOPES FILHO, 1997). Após a separação, o amido vai

para secadores, e, no caso da produção de maltodextrina, é posteriormente encaminhado para o refinamento (ZOBEL, 1992).

A maltodextrina, portanto, é produzida por meio do processo de hidrólise do amido resultante da moagem úmida, podendo a reação ser catalisada por um ácido (geralmente HCl), por enzima ( $\alpha$ -amilase), ou por ambos. Independentemente do tipo de hidrólise empregada, o processo é controlado para manter a DE abaixo de 20, característica do produto (LLOYD; NELSON, 1984).

Maltodextrinas obtidas por hidrólise ácida possuem forte tendência de retrogradar, isto é, de formar precipitados insolúveis por meio da associação de fragmentos lineares presentes nos hidrolisados ácidos de baixa DE, resultando em soluções de maltodextrina com aspecto opaco ou enevoado, condição não desejável para certas aplicações (LLOYD; NELSON, 1984; KENNEDY, et al., 1995).

De acordo com Lloyd e Nelson (1984), o emprego das hidrólises ácido-enzimática e/ou enzimática previne a retrogradação, uma vez que a enzima utilizada, geralmente a  $\alpha$ -amilase bacteriana, tem maior especificidade em hidrolisar as cadeias lineares de dextrina do que as ramificadas, e permite a obtenção de maltodextrinas com baixa higroscopicidade e alta solubilidade em água.

Dessa forma, o amido pode ser inicialmente submetido a uma hidrólise ácido-enzimática até apresentar DE entre 5 e 15, sendo o hidrolisado, após neutralização do pH, submetido a nova hidrólise, agora enzimática, com o uso de  $\alpha$ -amilase obtida a partir de *Bacillus subtilis* ou *Bacillus mesentericus*. Maltodextrinas derivadas deste processo são livres de opacidade e não apresentam retrogradação durante o armazenamento (ARMBRUSTER; HARJES, 1969, 1971 apud KENNEDY et al., 1995).

A hidrólise enzimática consiste, primeiramente, no tratamento do amido à temperatura de 70-90°C em pH neutro, e na presença de  $\alpha$ -amilase bacteriana, até DE entre 2 a 15. Depois, o hidrolisado é autoclavado à temperatura de 110-115°C para a completa geleificação do amido insolúvel restante, e, então, após resfriamento, submetido à nova hidrólise enzimática até que se obtenha a DE desejada (LLOYD; NELSON, 1984; KENNEDY et al., 1995).

Após o processo de hidrólise, o pH da maltodextrina bruta é estabilizado em aproximadamente 4,5; a solução é filtrada para remoção de possíveis resíduos de fibra, lipídios e proteínas que tenham precipitado, refinada por meio de carbono ativado para remoção de cor ou odores não característicos, e seca por processo "spray-dry" para obtenção da maltodextrina na forma de pó branco com 3 a 5% de umidade (LLOYD; NELSON, 1984; KENNEDY et al., 1995).

#### 4.3 Maltodextrina na alimentação de suínos

São escassos os trabalhos que avaliaram os efeitos da maltodextrina sobre o desempenho de suínos, principalmente leitões desmamados.

Fiumana e Scipioni (1981) substituíram parcialmente o milho e a cevada da ração de leitões desmamados aos 19 dias de idade por amido hidrolisado (5% de dextrose, ou 5% de maltodextrina, ou 5% de dextrose mais 5% de maltodextrina), e verificaram que tanto a dextrose quanto a maltodextrina sozinhas melhoraram a digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica e especialmente da energia, e que, para as duas fontes de carboidrato juntas, houve melhor aproveitamento dos minerais.

Weber e Ehrlein (1998) isolaram um segmento da região proximal do jejuno de mini suínos e forneceram dietas enterais contendo quantidades isocalóricas de glicose ou maltodextrina, e verificaram que a absorção dos carboidratos e da gordura da dieta contendo maltodextrina foi maior do que a da dieta contendo glicose, sendo a mesma tendência observada para a absorção da proteína. Também constataram diminuição na taxa de fluxo e maior absorção líquida de água quando foi administrada solução isotônica de maltodextrina, em comparação à administração de solução hipertônica de glicose, que resultou em secreção de água para o lúmen, fatos que contribuíram para o aumento da absorção dos nutrientes.

Em trabalho realizado para avaliar a eficácia da substituição da lactose por amido de milho submetido a dois níveis de hidrólise parcial, DE igual a 20 e DE igual a 42, na alimentação artificial líquida de leitões até os 20 dias de idade, Oliver et al. (2002) não verificaram alteração no desempenho dos animais, na digestibilidade da matéria seca, na concentração de uréia plasmática, na morfologia intestinal e na atividade enzimática, concluindo ser o uso de amido de milho hidrolisado uma alternativa à lactose nas dietas artificiais líquidas.

Bomba et al. (2002) demonstraram que a maltodextrina pode ser utilizada na ração para aumentar o efeito benéfico dos probióticos no intestino delgado, já que a combinação de *Lactobacillus casei* com maltodextrina reduziu a colonização de *Escherichia coli* no jejuno de leitões gnotobióticos.

De acordo com Mavromichalis (2002), a maltodextrina parece ser excelente fonte de açúcares simples para leitões jovens, podendo substituir a lactose desde que seja de alta qualidade e que cuidados sejam tomados durante o preparo das rações, principalmente das peletizadas, para que não haja prejuízo da palatabilidade devido ao calor excessivo.

Com base nas informações apresentadas, o Capítulo 2, intitulado “Valor nutricional e viabilidade econômica de rações suplementadas com maltodextrina e acidificante para leitões desmamados”, teve por objetivo avaliar os efeitos da suplementação de maltodextrina, em substituição parcial à lactose total, e de acidificante em rações de diferentes complexidades para leitões desmamados, sobre o consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar e viabilidade econômica, e sobre a digestibilidade da matéria seca, do nitrogênio e da energia das rações pré-iniciais menos complexas. A redação deste capítulo foi realizada de acordo com as normas da revista *Acta Scientiarum*.

## 5 Referências Bibliográficas

ALEXANDER, R.J. Maltodextrins: production, properties, and applications. In: SCHENCK, F.W.; HEBEDA, R.E. (Ed.). **Starch Hydrolysis Products: Worldwide Technology, Production and Applications**. New York: VCH Publishers, 1992. p. 233-275.

ARMSTRONG, W.D.; CLAWSON, A.J. Nutrition and management of early weaned pigs: effect of increased nutrient concentrations and (or) supplemental liquid feeding. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, n. 3, p. 377-384, Mar. 1980.

BERTOL, T.M. Alimentação dos leitões no aleitamento e creche. In: CURSO DE SUINOCULTURA, 1997, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1997. p. 93-110.

BERTOL, T.M.; SANTOS FILHO, J.I.; LUDKE, J.V. Níveis de suplementação de lactose na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 1387-1393, set./out. 2000.

BLANCHARD, P. Less buffering... more enzymes and organic acids. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n. 3, p. 23-25, 2000.

BLANK, R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; HUANG, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, n. 11 p. 2974-2984, Nov. 1999.

BOMBA, A.; NEMCOVA, R.; GARCANCIKOVA, S.; HERICH, R.; GUBA, P.; MUDRONOVA, D. Improvement of the probiotic effect of micro-organisms by their combination with maltodextrins, fructo-oligosaccharides and polyunsaturated fatty acids. **British Journal of Nutrition**, London, v. 88 (Suppl. 1), p. S95-S99, Sep. 2002.

BOUDRY, G.; PÉRON, V.; LE HUËROU-LURON, I.; LALLÈS, J.P.; SÈVE, B. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglets intestine. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 134, n. 9, p. 2256-2262, Sep. 2004.

BURNELL, T.W.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 5, p. 1100-1108, May. 1988.

CANIBE, N.; STEIEN, S. H.; OVERLAND, M.; JENSEN, B.B. Effect of K-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, n. 8, p. 2123-2133, Aug. 2001.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; CROSS, R.F.; REINHART, G.A.; WHITMOYER, R.E. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 2, p. 574-584, Feb. 1988a.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; REINHART, G.A. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 6, p. 1438-1445, June. 1988b.

CHI, F.; MAHAN, D.C. Effect of dietary energy source (fat and lactose) on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 73 (Suppl. 1), p. 70, 1995.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. **Council regulation on the authorisation of the additive avilamycin in feedingstuffs**. Brussels, 2003. Disponível em: <<http://register.consilium.eu.int/pdf/en/03/st06/st06120en03.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2006.

CROW, S.D.; TOUCHETTE, K.J.; ALLEE, G.L.; NEWCOMB, M.D. Late nursery pigs respond to lactose (day 7-21 postweaning). **Journal of Animal Science**, v. 73 (Suppl. 1), p. 71, 1995.

DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; KATS, L.J. Optimal dried whey level in starter pig diets containing spray-dried blood meal and comparison of avian and bovine spray-dried blood meals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71 (Suppl. 1), p. 57, 1993.

EFIRD, R.C.; ARMSTRONG, W.D.; HERMAN, D.L. The development of digestive capacity in young pigs: effects of age and weaning system. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, n. 6, p. 1380-1387, Dec. 1982.

EIDELSBURGUER, U. Feeding short-chain organic acids to pigs. In: WISEMAN, J.; GARNSWORTHY, P.C. (Ed.). **Recent Developments in Pig Nutrition 3**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 107-121.

FALKOWSKI, J.F.; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, n. 4, p. 935-938, Apr. 1984.

FIUMANA, D.; SCIPIONI, R. Effects of the presence of hydrolyzed amides in the diets of weaned piglets on the digestive utilization of various nutrients. **Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale**, Napoli, v. 57, n. 16, p. 1731-1737, Aug. 1981. (Resumo).

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **21 Code of Federal Regulations**, Rockville, 2003. v. 3, sec. 184.1444, p. 523. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/FCF184.html>>. Acesso em: 19 abr. 2006.

FOWLER, V.R.; GILL, B.P. Voluntary food intake in the young pig. In: FORBES, J.M.; VARLEY, M.A.; LAWRENCE, T.L.J. (Ed.). **Occasional Publication**, British Society of Animal Production, n. 13, p. 51-60. 1989.

FULLER, R. The importance of lactobacilli in maintaining normal microbial balance in the crop. **British Poultry Science**, London, v. 18, n. 1, p. 85-94, Jan. 1977.

GASKINS, H.R.; KELLEY, K.W. Immunology and neonatal mortality. In: VARLEY, M.A. (Ed.). **The Neonatal Pig: Development and Survival**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 39-55.

GENTRY, J.L.; SWINKELS, J.W.G.M.; LINDEMANN, M.D.; SCHRAMA, J.W. Effect of hemoglobin and immunization status on energy metabolism of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 4, p. 1032-1040, Apr. 1997.

GIESTING, D.W.; EASTER, R.A. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, n. 5, p. 1288-1294, May. 1985.

GIESTING, D.W.; EASTER, R.A.; ROE, B.A. A comparison of protein and carbohydrate sources of milk and plant origin for starter pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61 (Suppl. 1), p. 299, 1985.

GIESTING, D.W.; ROOS, M.A.; EASTER, R.A. Evaluation of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2489-2496, June. 1991.

HAMPSON, D.J.; KIDDER, D.E. Influence of creep feeding and weaning on brush border enzyme activities in the piglet small intestine. **Research in Veterinary Science**, London, v. 40, n. 1, p. 24-31, Jan. 1986.

HAMPSON, D.J. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. **Research in Veterinary Science**, London, v. 40, n. 1, p. 32-40, Jan. 1986.

HARADA, E.; KIRIYAMA, H.; KOBAYASHI, E.; TSUCHITA, H. Postnatal development of biliary and pancreatic exocrine secretion in piglets. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Comparative Physiology**, Oxford, v. 91A, n. 1, p. 43-51, Sep. 1988.

HEDEMANN, M.S.; HØJSGAARD, S.; JENSEN, B.B. Small intestinal morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 87, n. 1/2, p. 32-41, Feb. 2003.

HENRY, R. W.; PICKARD, D. W.; HUGHES, P. E. Citric acid and fumaric acid as food additives for early-weaned piglets. **Animal Production**, Bletchley, v.40, n. 3, p. 505-509, June. 1985.

JASAITIS, D.K.; WOHLT, J.E.; EVANS, J.L. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, n. 7, p. 1391-1403, July. 1987.

JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; VAN DER WEIJ-JONGBLOED, R.; KEMME, P.A. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 113-122, Dec. 2000.

KEARSLEY, M.W.; DZIEDZIC, S.Z. Physical and chemical properties of glucose syrups. In: \_\_\_\_\_ (Ed.). **Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives**. 1st ed. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 129-154.

KELLY, D.; SMYTH, J.A., McCRACKEN, K.J. Effect of creep feeding on structural and functional changes of the gut of early weaned pigs. **Research in Veterinary Science**, London, v. 48, n. 3, p. 350-356, May. 1990.

KELLY, D.; SMYTH, J.A., McCRACKEN, K.J. Digestive development of the early-weaned pig. 1-Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on changes in digestive enzyme activity during the first week post-weaning. **British Journal of Nutrition**, London, v. 65, n. 2, p. 169-180, Mar. 1991a.

KELLY, D.; SMYTH, J.A., McCRACKEN, K.J. Digestive development of the early-weaned pig. 2-Effect of level of food intake on the digestive enzyme activity during the immediate post-weaning period. **British Journal of Nutrition**, London, v. 65, n. 2, p. 181-188, Mar. 1991b.

KELLY, D.; COUTTS, A.G.P. Development of digestive and immunological function in neonates: role of early nutrition. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 161-167, Oct. 2000.

KENNEDY, J.F.; KNILL, C.J.; TAYLOR, D.W. Maltodextrins. In: KEARSLEY, M.W.; DZIEDZIC, S.Z. (Ed.). **Handbook of Starch Hydrolysis Products and Their Derivatives**. 1st ed. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 65-82.

KRAUSE, D.O.; EASTER, R.A.; WHITE, B.A.; MACKIE, R.I. Effect of weaning diet on the ecology of adherent lactobacilli in the gastrointestinal tract of the pig. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 8, p. 2347-2354, Aug. 1995.

KUNTZ, L.A. Making the most of maltodextrins. **Food Product Design**, Phoenix, Aug. 1997. Disponível em: <<http://www.foodproductdesign.com/articles/0897DE.html>>. Acesso em: 20 abr. 2006.

LEPINE, A.J.; MAHAN, D.C.; CHUNG, Y.K. Growth performance of weanling pigs fed corn-soybean meal diets with or without dried whey at various L-lysine-HCl levels.

**Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 5, p. 2026-2032, May. 1991.

LI, F.D.; NELSEN, J.L.; REDDY, P.G.; BLECHA, F.; HANCOCK, J.D.; ALLEE, G.L.; GOODBAND, R.D.; KLEMM, R.D. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 6, p. 1790-1799, June. 1990.

LI, F.D.; NELSEN, J.L.; REDDY, P.G.; BLECHA, F.; KLEMM, R.D.; GIESTING, D.W.; HANCOCK, J.D.; ALLEE, G.L.; GOODBAND, R.D. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 8, p. 3299-3307, Aug. 1991.

LINDEMANN, M.D.; CORNELIUS, S.G.; EL KANDELGY, S.M.; MOSER, R.L.; PETTIGREW, J.E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 5, p. 1298-1307, May. 1986.

LLOYD, N.E.; NELSON, W.J. Glucose- and fructose-containing sweeteners from starch. In: WHISTLER, R.L.; BEMILLER, J.N.; PASCHALL, E.F. (Ed.). **Starch Chemistry and Technology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1984. p. 611-660.

LOPES FILHO, J.F. Moagem úmida do milho para produção de amido e subprodutos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 42-47, jan./fev. 1997.

LUPTON, J.R.; KURTZ, P.P. Relationship of colonic luminal short-chain fatty acids and pH to in vivo cell proliferation in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 123, n. 9, p. 1522-1530, Sep. 1993.

MAHAN, D.C. Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 7, p. 2182-2187, July. 1992.

MAHAN, D.C.; EASTER, R.A.; CROMWELL, G.L.; MILLER, E.R.; VEUM, T.L. Effect of dietary lysine levels formulated by altering the ratio of corn:soybean meal with or without dried whey and L-lysine-HCl in diets for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 7, p. 1848-1852, July. 1993.

MAHAN, D.C.; NEWTON, E.A. Evaluation of feed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3376-3382, Dec. 1993.

MAHAN, D.C.; FASTINGER, N.D.; PETERS, J.C. Effects of diet complexity and dietary lactose levels during three starter phases on postweaning pig performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 9, p. 2790-2797, Sep. 2004.

MAKKINK, C.A.; NEGULESCU, G.P.; GUIXIN, Q.; VERSTEGEN, M.W.A. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. **British Journal of Nutrition**, London, v. 72, n. 3, p. 353-368, Sep. 1994.

MARCHAL, L.M.; BEEFTINK, H.H.; TRAMPER, J. Towards a rational design of commercial maltodextrins. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 10, n. 11, p. 345-355, Nov. 1999.

MARSMAN, K.E.; McBURNEY, M.I. Dietary fiber and short-chain fatty acids affect cell proliferation and protein synthesis in isolated rat colonocytes. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 126, n. 5, p. 1429-1437, May. 1996.

MAVROMICHALIS, I.; HANCOCK, J.D.; HINES, R.H.; SENNE, B.W.; CAO, H. Lactose, sucrose, and molasses in simple and complex diets for nursery pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 93, n. 3, p. 127-135, Oct. 2001.

MAVROMICHALIS, I. Ways to replace lactose in diets for young pigs: a review. 2002. Disponível em: <[www.feedinfo.com](http://www.feedinfo.com)>. Acesso em: 14 mar. 2006.

McCRACKEN, B.A.; GASKINS, H.R.; RUWE-KAISER, P.J.; KLASING, K.C.; JEWELL, D.E. Diet-dependent and diet-independent metabolic responses underlie growth stasis of pigs at weaning. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 125, n. 11, p. 2838-2845, Nov. 1995.

McCRACKEN, B.A.; SPURLOCK, M.E.; ROOS, M.A.; ZUCKERMANN, F.A.; GASKINS, H.R. Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 129, n. 3, p. 613-619, Mar. 1999.

McCRACKEN, K.J. Effect of diet composition on digestive development of early-weaned pigs. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 109A, Sep. 1984.

McCRACKEN, K.J.; KELLY, D. Effect of diet and post-weaning food intake on digestive development of early-weaned pigs. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 110A, Sep. 1984.

MELLOR, S. Alternatives to antibiotics. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n. 1, p. 18-21, 2000a.

MELLOR, S. The way to piglet health is through the gut. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n. 8, p. 28-29, 2000b.

MELLOR, S. Solving the problems of weaning is no mean feat. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 16, n. 9, p. 31-33, 2000c.

MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, Doetinchem, v. 17, n. 8, p. 20-22, 2001.

MORES, N.; MARQUES, J.L.L.; SOBESTIANSKY, J.; OLIVEIRA, A.; COELHO, L.S.S. Influência do nível protéico e/ou da acidificação da dieta sobre a diarréia pós-desmame em leitões causada por *Escherichia coli*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3/4, p. 85-88, jul./dez. 1990.

NABUURS, M.J.A.; HOOGENDOORN, A.; VAN DER MOLEN, E.J.; VAN OSTA, A.L.M. Villous height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. **Research in Veterinary Science**, London, v. 55, n. 1, p. 78-84, Jul. 1993.

NAMKUNG, H.; LI, M.; GONG, J.; YU, H.; COTTRILL, M.; DE LANGE, C.F.M. Impact of feeding blends of organic acids and herbal extracts on growth performance, gut microbiota and digestive function in newly weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 4, p. 697-704, Dec. 2004.

NESSMITH, W.B., Jr.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; BERGSTRÖM, J.R. Effects of substituting deproteinized whey and(or) crystalline

lactose for dried whey on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 12, p. 3222-3228, Dec. 1997.

OLIVER, W.T.; MATHEWS, S.A.; PHILLIPS, O.; JONES, E.E.; ODLE, J; HARREL, R.J. Efficacy of partially hydrolyzed corn syrup solids as a replacement for lactose in manufactured liquid diets for neonatal pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, n. 1, p. 143-153, Jan. 2002.

OWEN, K.Q.; NELSEN, J.L.; TOKACH, M.D.; GOODBAND, R.D.; DRITZ, S.S.; KATS, L.J. The effect of increasing level of lactose in a porcine plasma-based diet for the early weaned pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71 (Suppl. 1), p. 175, 1993.

OWSLEY, W.F.; ORR, D.E., Jr.; TRIBBLE, L.F. Effects of nitrogen and energy source on nutrient digestibility in the young pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 2, p. 492-496, Aug. 1986a.

OWSLEY, W.F.; ORR, D.E., Jr.; TRIBBLE, L.F. Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in the young pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 2, p. 497-504, Aug. 1986b.

OWSLEY, W.F.; HAYDON, K.D.; JONES, R.D. Effects of organic acid addition and diet complexity on performance of pigs weaned at 28d. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66 (Suppl. 1), p. 41, 1988.

PARTANEN, K.H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 117-145, Jun. 1999.

PARTANEN, K. Organic acids – their efficacy and modes of action in pigs. In: PIVA, A.; BACH KNUDSEN, K.E.; LINDBERG, J.E. (Ed.). **Gut Environment of Pigs**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 201-217.

PARTANEN, K.; SILJANDER-RASI, H.; ALAVIHKOLA, T.; SUOMI, K.; FOSSI, M. Performance of growing-finishing pigs fed medium- or high-fibre diets supplemented with avilamycin, formic acid or formic acid-sorbate blend. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 139-152, Jan. 2002.

- PARTRIDGE, G.G.; GILL, B.P. New approaches with pig weaner diets. In: WISEMAN, J.; GARNSWORTHY, P.C. (Ed.). **Recent Developments in Pig Nutrition 3**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 205-237.
- PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X. Nutrition of the neonatal pig. In: VARLEY, M.A. (Ed.). **The Neonatal Pig: Development and Survival**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 187-235.
- PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. **Animal Science**, Penicuik, v. 62, n. 1, p. 131-144, Feb. 1996a.
- PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X. Villous height and crypt depth in piglets in response to increases in the intake of cows' milk after weaning. **Animal Science**, Penicuik, v. 62, n. 1, p. 145-158, Feb. 1996b.
- PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J.; WILLIAMS, I.H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 215-236, Nov. 1997.
- PLUSKE, J.R.; KERTON, D.J.; CRANWELL, P.D.; CAMPBELL, R.G.; MULLAN, B.P.; KING, R.H.; POWER, G.N.; PIERZYNOWSKI, S.G.; WESTROM, B.; RIPPE, C.; PEULEN, O.; DUNSHEA, F.R. Age, sex, and weight at weaning influence organ weight and gastrointestinal development of weanling pigs. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 54, n. 5, p. 515-527, May. 2003.
- POWLES, J.; COLE, D.J.A. Research examines use of lactose in young pig diets. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 65, n. 8, p. 13-16, Feb. 1993.
- RADCLIFFE, J.S.; ZHANG, Z.; KORNEGAY, E.T. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, n. 7, p. 1880-1886, July. 1998.
- RADECKI, S.V.; JUHL, M.R.; MILLER, E.R. Fumaric and citric acids feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 10, p. 2598-2605, Oct. 1988.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T. Acidification of weaner pig diets: a review.

**Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 62, n. 4, p. 313-322, 1993.

RICHERT, B.T.; CERA, K.R.; SCHINCKEL, A.P. Effect of dietary carbohydrate source and level on early-weaned pig growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 74 (Suppl. 1), p. 169, 1996.

RISLEY, C.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D.; WOOD, C.M.; EIGEL, W.N. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 1, p. 196-206, Jan. 1992.

RISLEY, C.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D.; WOOD, C.M.; EIGEL, W.N. Effect of feeding organic acids on gastrointestinal digesta measurements at various times postweaning in pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 73, n. 4, p. 931-940, Dec. 1993.

SAKATA, T. Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine: a possible explanation for trophic effects of fermentable fibre, gut microbes and luminal trophic factors. **British Journal of Nutrition**, London, v. 58, n. 1, p. 95-103, July. 1987.

SANO, H.; NAKAMURA, E.; TAKAHASHI, H.; TERASHIMA, Y. Plasma insulin and glucagon responses to acute challenges of acetate, propionate, *n* – butyrate and glucose in growing gilts (*Sus scrofa*). **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Physiology**, New York, v. 110A, n. 4, p. 375-378, Apr. 1995.

SCHWARZER, K. The role of organic acids and natural principles in animal health and performance. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, IV, 2005, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Embrapa Suínos e Aves, 2005.

Disponível

em:<[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_d7s76u1h.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_d7s76u1h.pdf)>.

Acesso em: 15 mar. 2006.

SEWELL, R.F.; WEST, J.P. Some effects of lactose on protein utilization in the baby pig. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 24, n. 1, p. 239-241, Feb. 1965.

SHIELDS, R.G., Jr.; EKSTROM, K.E.; MAHAN, D.C. Effect of weaning age and feeding method on digestive enzyme development in swine from birth to ten weeks. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, n. 2, p. 257-265, Feb. 1980.

SIJBEN, J.W.C.; VAN VUGT, P.N.A.; SWINKELS, J.W.G.M.; PARMENTIER, H.K.; SCHRAMA, J.W. Energy metabolism of immunized weanling piglets is not affected by dietary yeast. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 79, n. 3/4, p. 153-161, Oct. 1998.

SPREEUWENBERG, M.A.M.; VERDONK, J.M.A.J.; GASKINS, H.R.; VERSTEGEN, M.W.A. Small intestinal epithelial barrier function is compromised in pigs with low feed intake at weaning. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, n. 5, p. 1520-1527, May. 2001.

TOKACH, M.D.; NELSEN, J.L.; ALLEE, G.L. Effect of protein and (or) carbohydrate fractions of dried whey on performance and nutrient digestibility of early weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 5, p. 1307-1312, May. 1989.

TOKACH, M.D.; PETTIGREW, J.E.; JOHNSTON, L.J.; ØVERLAND, M.; RUST, J.W.; CORNELIUS, S.G. Effect of adding fat and(or) milk products to the weanling pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 11, p. 3358-3368, Nov. 1995.

TOUCHETTE, K.J.; CROW, S.D.; ALLEE, G.L.; NEWCOMB, M.D. Weaned pigs respond to lactose (day 0-14 postweaning). **Journal of Animal Science**, v. 73 (Suppl. 1), p. 70, 1995.

TOUCHETTE, K.J.; ALLEE, G.L.; NEWCOMB, M.D. The effects of plasma, lactose, and soy protein source fed in a phase I diet on nursery performance. **Journal of Animal Science**, v. 74 (Suppl. 1), p. 170, 1996.

TSILOYIANNIS, V.K.; KYRIAKIS, S.C.; VLEMMAS, J.; SARRIS, K. The effect of organic acids on the control of post-weaning oedema disease of piglets. **Research in Veterinary Science**, London, v. 70, n. 3, p. 281-285, Jun. 2001.

TURLINGTON, W.H.; ALLEE, G.L. NELSEN, J.L. Effects of protein and carbohydrate sources on digestibility and digesta flow rate in weaned pigs fed a high-fat, dry diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 9, p. 2333-2340, Sep. 1989.

VAN BEERS-SCHREURS, H.M.G.; NABUURS, M.J.A.; VELLENGA, L.; VAN DER VALK, H.J.K.; WENSING, T.; BREUKINK, H.J. Weaning and weanling diet influence the villous height and crypt depth in the small intestine of pigs and alter the concentrations of short-chain fatty acids in the large intestine and blood. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 6, p. 947-953, Jun. 1998.

VENTE-SPREEUWENBERG, M.A.M.; VERDONK, J.M.A.J.; VERSTEGEN, M.W.A.; BEYNEN, A.C. Villus height and gut development in weaned piglets receiving diets containing either glucose, lactose or starch. **British Journal of Nutrition**, London, v. 90, n. 5, p. 907-913, Nov. 2003.

VIOLA, E.S.; VIEIRA, S.L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2003. p. 255-284.

WALSH, M.C.; PEDDIREDDI, L.; RADCLIFFE, J.S. **Acidification of nursery diets and the role of diet buffering capacity**. Ohio: The Ohio State University, 2004. p. 25-36. Disponível em: <<http://porkinfo.osu.edu/2004%20swine%20Doc.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2005.

WEBER, E.; EHRLEIN, H.J. Glucose and maltodextrin in enteral diets have different effects on jejunal absorption of nutrients, sodium and water and on flow rate in mini pigs. **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift**, Hannover, v. 105, n. 12, p. 446-449, Dec. 1998. (Resumo).

WEEDEN, T.L.; NELSEN, J.L.; HANSEN, J.A.; RICHARDSON, K.L. The effect of diet acidification on starter pig performance and nutrient digestibility. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69 (Suppl. 1), p. 105-106, 1991.

ZOBEL, H.F. Starch: sources, production, and properties. In: SCHENCK, F.W.; HEBEDA, R.E. (Ed.). **Starch Hydrolysis Products: Worldwide Technology, Production and Applications**. New York: VCH Publishers, 1992. p. 23-44.

## VALOR NUTRICIONAL E VIABILIDADE ECONÔMICA DE RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM MALTODEXTRINA E ACIDIFICANTE PARA LEITÕES DESMAMADOS

**RESUMO:** Para avaliar os efeitos da suplementação dietética de maltodextrina, substituindo parcialmente a lactose, e de acidificante sobre o desempenho, viabilidade econômica e digestibilidade em leitões desmamados, foram conduzidos dois experimentos, sendo utilizados 144 leitões Dalland, com pesos iniciais médios de  $6,0 \pm 0,45$  e  $5,8 \pm 0,53$  kg nos experimentos I e II, respectivamente. Os delineamentos experimentais foram em blocos ao acaso, com arranjo fatorial dos tratamentos: ausência de maltodextrina e de acidificante; ausência de maltodextrina e presença de acidificante; presença de maltodextrina e ausência de acidificante; presença de maltodextrina e de acidificante. No experimento I foram utilizadas rações mais complexas, e no II, rações menos complexas. Não houve interação maltodextrina x acidificante e efeito de acidificante sobre o desempenho dos leitões nos períodos estudados nos dois experimentos ( $P > 0,05$ ). A maltodextrina determinou melhores consumo diário de ração e ganho diário de peso de 0 a 14 dias do experimento I ( $P = 0,009$ ), não sendo verificados efeitos sobre o desempenho de 0 a 28 dias ( $P > 0,05$ ) e nos períodos de 0 a 16 e 0 a 30 dias do experimento II ( $P > 0,05$ ). Não houve interação maltodextrina x acidificante e efeitos dos fatores ( $P > 0,05$ ) sobre os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das rações pré-iniciais do experimento II. As rações com maltodextrina e maltodextrina mais acidificante proporcionaram maior vantagem econômica. A maltodextrina e o acidificante não influenciaram o valor nutricional das rações, sendo a maltodextrina uma alternativa às fontes de lactose para leitões desmamados. Combinado ou não com o acidificante nas rações, o uso da maltodextrina resultou em maior vantagem econômica em relação à lactose.

**PALAVRAS-CHAVE:** suínos, carboidratos, produtos lácteos, ácidos orgânicos, análise econômica.

**NUTRITIONAL VALUE AND ECONOMICAL VIABILITY OF DIETS  
SUPPLEMENTED WITH MALTODEXTRIN AND ACID MIX FOR WEANLING  
PIGS**

**ABSTRACT:** Two experiments were conducted to evaluate the effects of partial replacement of lactose by maltodextrin and the inclusion of an acid mix in diets for weanling pigs, on performance, digestibility and economical viability. One hundred and forty-four Dalling piglets with average initial weights of  $6.0 \pm 0.45$  and  $5.8 \pm 0.53$  kg were used in experiments I and II, respectively. Both experiments were conducted in a randomized complete block design, with factorial arrangement of treatments: absence of maltodextrin and acid mix; absence of maltodextrin and presence of acid mix; presence of maltodextrin and absence of acid mix; presence of maltodextrin and acid mix. More complex diets were used in experiment I, while less complex diets were employed in experiment II. There were no maltodextrin x acid mix interaction or acid mix effects on piglet performance in all evaluated periods in both experiments ( $P > 0.05$ ). Maltodextrin determined improvement in average daily feed intake and average daily gain from 0 to 14 days of experiment I ( $P = 0.009$ ), however no effect on pig performance was observed from 0 to 28 days ( $P > 0.05$ ) and from 0 to 16 and 0 to 30 days of experiment II ( $P > 0.05$ ). There were no maltodextrin x acid mix interaction and main factors effects ( $P > 0.05$ ) on nutrient apparent digestibility of pre-starter diets used in experiment II. Diets containing maltodextrin and maltodextrin with acid mix provided the best economical results. Neither maltodextrin nor acid mix affected the nutritional values of the diets. Therefore, maltodextrin is an alternative to replace lactose sources in diets for weanling pigs. The use of maltodextrin, associated or not with acid mix, resulted in larger economical advantages than lactose.

**KEY WORDS:** swine, carbohydrates, milk products, organic acids, economical analysis.

## INTRODUÇÃO

A suinocultura moderna tem por objetivos atender à demanda dos consumidores por produtos cárneos de qualidade e seguros do ponto de vista alimentar, aumentar a quantidade de carne produzida por matriz por ano e reduzir os custos de produção, a fim de melhorar a rentabilidade. Embora diversos sejam os fatores que influenciam o resultado financeiro, a nutrição é o de maior importância no custo de produção do animal, já que o gasto com alimentação representa de 60 a 70% do custo total.

O desmame antecipado dos leitões, geralmente por volta dos 21 dias de idade, além de proporcionar melhor aproveitamento das instalações e menor consumo de ração de lactação pelas matrizes, possibilita a diminuição do número de dias não-produtivos por fêmea, e conseqüentemente, o aumento do número de leitões por matriz por ano (Mores *et al.*, 1998). No entanto, o período de creche acaba se tornando o mais crítico na produção de suínos, em virtude dos vários fatores estressantes que ocorrem simultaneamente por ocasião do desmame, principalmente relacionados com a separação dos leitões da matriz, mudança de ambiente e mudança brusca na alimentação (Santos *et al.*, 2003).

Além disso, a imaturidade do sistema digestório (Lindemann *et al.*, 1986; Makkink *et al.*, 1994) e as drásticas alterações que ocorrem na fisiologia intestinal dos leitões com duas a três semanas de idade (Boudry *et al.*, 2004) prejudicam os processos digestivo e absorptivo, comprometem o desempenho e predisõem os leitões a problemas de saúde (Pluske *et al.*, 1997), fazendo com que o período pós-desmame represente um desafio para os nutricionistas.

Frente a todas essas limitações e à dificuldade dos leitões jovens em aproveitar dietas à base de milho e farelo de soja, tem sido comum a utilização de ingredientes altamente digestíveis e palatáveis, como os produtos lácteos, e de aditivos, como os acidificantes, nas rações de desmame, com o intuito de estimular o consumo e favorecer o desempenho e a saúde dos leitões.

A acidificação da dieta de leitões desmamados com ácidos orgânicos tem ajudado a contornar os problemas de desempenho que caracterizam a fase imediatamente após o desmame (Burnell *et al.*, 1988; Giesting *et al.*, 1991; Radcliffe *et al.*, 1998) e mostra-se como medida profilática promotora de crescimento semelhante aos aditivos antimicrobianos (Tsiloyiannis *et al.*, 2001; Namkung *et al.*, 2004), fato importante, considerando a proibição do uso desses produtos como promotores de crescimento nas rações na Europa (Council of the European Union, 2003).

Segundo Ravindran e Kornegay (1993), Partanen e Mroz (1999) e Walsh *et al.* (2004), a melhora no desempenho dos leitões proporcionada pelos ácidos orgânicos estaria relacionada aos seus possíveis modos de ação, tais como redução do pH gástrico, modificações na microflora intestinal, redução da taxa de esvaziamento estomacal, aumento da atividade enzimática e estimulação das secreções pancreáticas, melhora na digestibilidade e retenção de nutrientes, redução de alterações na morfologia intestinal e estimulação do metabolismo intermediário.

Diversos estudos comprovam os benefícios da utilização de produtos lácteos nas rações pré-iniciais e iniciais sobre o desempenho e/ou a digestibilidade por leitões, quando comparado a rações unicamente à base de milho e farelo de soja, com consistente melhora no consumo de ração, na conversão alimentar e no ganho de peso (Mahan, 1992; Mahan *et al.*, 1993; Nessmith *et al.*, 1997; Bertol *et al.*, 2000; Mahan *et al.*, 2004). De acordo com Turlington *et al.* (1989), esse melhor desempenho pode ser creditado à capacidade que os leitões desmamados antecipadamente possuem em utilizar, de forma mais eficiente, as frações energética e protéica do leite do que dos componentes vegetais da ração.

Dos constituintes nutricionais do soro de leite, a lactose é o principal responsável pelo aumento no consumo de ração e no ganho de peso dos leitões desmamados (Mahan, 1992), o que poderia estar relacionado à sua fermentação e à conseqüente acidificação do trato gastrintestinal, melhorando a ação das enzimas digestivas e promovendo o equilíbrio da microflora intestinal por meio da inibição do crescimento de bactérias patogênicas (Powles e Cole, 1993), uma vez que favorece o crescimento de bactérias acidófilas benéficas, como os *Lactobacillus* (Krause *et al.*, 1995).

Entretanto, outras fontes de carboidratos simples, tais como dextrose (Mahan e Newton, 1993; Richert *et al.*, 1996), sacarose e melão de cana (Mavromichalis *et al.*, 2001), e maltodextrina (Fiumana e Scipioni, 1981) têm sido avaliadas nas dietas para leitões desmamados.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de maltodextrina, substituindo parcialmente a lactose, e de acidificante nas rações, sobre o desempenho, viabilidade econômica e digestibilidade em leitões na fase de creche.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na Universidade Estadual Paulista, nas instalações de creche do Setor de Suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, campus de Botucatu, nos períodos de 11 de junho a 09 de julho de 2005 (Experimento I), e de 03 de setembro a 03 de outubro de 2005 (Experimento II), totalizando 28 e 30 dias, respectivamente.

Em cada experimento, foram utilizados 72 leitões da genética Dalland (machos castrados e fêmeas), desmamados, com idade média de 21 dias e com pesos iniciais médios de  $6,0 \pm 0,45$  e  $5,8 \pm 0,53$  kg nos Experimentos I e II, respectivamente. Os leitões foram alojados em galpão de creche construído em alvenaria, com pé direito de 3,5 m e equipado com cortinas nas laterais para o controle da ventilação interna. Os animais foram confinados em baias metálicas suspensas, com área de  $1,70 \text{ m}^2$  e equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula com resistência elétrica para aquecimento dos leitões, sendo a parte anterior do piso, sob o comedouro e a campânula, de concreto compacto, e a parte posterior composta por piso ripado plástico. Sob as baias foi mantida uma lâmina d'água, que era esgotada de uma a duas vezes por semana, dependendo do volume de dejetos produzido.

Um termômetro de máxima e mínima foi instalado na altura do piso das baias para auxiliar no controle diário da temperatura no interior da instalação. As temperaturas médias, mínima e máxima, foram de  $18,5$  e  $25,1^\circ\text{C}$ , e de  $19,5$  e  $25,8^\circ\text{C}$  durante os Experimentos I e II, respectivamente.

Durante os períodos experimentais, os leitões receberam dois tipos de ração, de acordo com o sistema de arrazoamento por fases: ração Pré-inicial, de 0 a 14 (Experimento I) e de 0 a 16 dias pós-desmame (Experimento II), e ração Inicial, de 15 a 28 (Experimento I) e de 17 a 30 dias pós-desmame (Experimento II). As rações foram formuladas segundo adaptação das recomendações de Rostagno *et al.* (2005) em função do peso dos animais ( $\pm 6,0$  a  $11,0$  kg e  $\pm 11,0$  a  $20,0$  kg para as fases pré-inicial e inicial, respectivamente), exceto para cálcio e fósforo total, cujos níveis, e a relação Ca:P, foram mantidos em  $0,48\%:0,46\%$  durante a fase pré-inicial de ambos os experimentos, e em  $0,68\%:0,65\%$  e  $0,66\%:0,66\%$  para a fase inicial dos Experimentos I e II, respectivamente, com o intuito de diminuir o poder tamponante. Tanto as rações quanto a água foram oferecidas à vontade durante os períodos experimentais.

Foram testados quatro tratamentos (T) em ambos os experimentos: T1 – ausência de maltodextrina e de acidificante; T2 – ausência de maltodextrina e presença de acidificante; T3 – presença de maltodextrina e ausência de acidificante; T4 – presença de maltodextrina e de

acidificante. No Experimento I foram utilizadas rações mais complexas (Tabela 1) e no Experimento II, rações menos complexas (Tabela 2), de acordo com os ingredientes utilizados.

Tabela 1: Composição e valores nutricionais calculados das rações pré-iniciais (0 – 14 dias) e iniciais (15 – 28 dias) utilizadas no Experimento I.

Table 1: Composition and calculated nutritional values of the pre-starter (0-14 days) and starter (15-28 days) diets of Experiment I.

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Rações Pré-Iniciais ( <i>Pre-starter diets</i> ) <sup>1</sup>				Rações Iniciais ( <i>Starter diets</i> ) <sup>1</sup>			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	%	%	%	%	%	%	%	%
Milho <i>Corn</i>	53,817	53,817	53,817	53,817	56,021	56,021	56,021	56,021
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	20,000	20,000	20,000	20,000	25,000	25,000	25,000	25,000
Protenose <i>Corn gluten meal</i>	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Plasma sanguíneo <i>Blood plasma</i>	4,000	4,000	4,000	4,000	1,500	1,500	1,500	1,500
Amido <i>Corn starch</i>	0,750	0,700	-	-	0,805	0,595	-	-
Soro de leite <i>Dried whey</i>	5,000	5,000	5,000	5,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Lactose <i>Lactose</i>	9,000	9,000	0,700	0,700	6,855	6,855	0,250	0,250
Maltodextrina <sup>2</sup> <i>Maltodextrin</i> <sup>2</sup>	-	-	9,000	9,000	-	-	7,200	7,200
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Caulim <i>Kaolin</i>	0,210	-	0,260	-	-	-	0,210	-
Calcário <i>Limestone</i>	0,420	-	0,420	-	0,330	-	0,330	-
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,710	0,390	0,710	0,390	1,710	1,450	1,710	1,450
Sal comum <i>Salt</i>	0,250	0,250	0,250	0,250	0,300	0,300	0,300	0,300
L-lisina·HCl <i>L-lysine·HCl</i>	0,628	0,628	0,628	0,628	0,430	0,430	0,430	0,430
DL-metionina <i>DL-methionine</i>	0,115	0,115	0,115	0,115	0,080	0,080	0,080	0,080
L-treonina <i>L-threonine</i>	0,225	0,225	0,225	0,225	0,115	0,115	0,115	0,115
L-triptofano <i>L-tryptophan</i>	0,046	0,046	0,046	0,046	0,029	0,029	0,029	0,029
Óxido de Zinco <i>Zinc oxide</i>	0,314	0,314	0,314	0,314	-	-	-	-

Sulfato de Cobre <i>Copper sulphate</i>	-	-	-	-	0,060	0,060	0,060	0,060
Acidificante <sup>3</sup> <i>Acid mix</i> <sup>3</sup>	-	1,000	-	1,000	-	0,800	-	0,800
Edulcorante <sup>4</sup> <i>Sweetener</i> <sup>4</sup>	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Antibiótico <sup>5</sup> <i>Antibiotic</i> <sup>5</sup>	-	-	-	-	0,250	0,250	0,250	0,250
Supl. vit. + min. <sup>6</sup> <i>Vit. + min. premix</i> <sup>6</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
<b>Valores nutricionais calculados (<i>Calculated nutritional values</i>)</b>								
EM (kcal/kg) <i>ME</i>	3366	3364	3378	3378	3317	3310	3321	3321
PB (%) <i>CP</i>	20,15	20,15	20,15	20,15	20,27	20,27	20,27	20,27
Lisina (%) <i>Lysine</i>	1,55	1,55	1,55	1,55	1,35	1,35	1,35	1,35
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,43	0,43	0,43	0,43	0,40	0,40	0,40	0,40
Treonina (%) <i>Threonine</i>	1,04	1,04	1,04	1,04	0,90	0,90	0,90	0,90
Triptofano (%) <i>Tryptophan</i>	0,28	0,28	0,28	0,28	0,26	0,26	0,26	0,26
Lactose (%) <i>Lactose</i>	12,32	12,32	12,29	12,29	8,12	8,12	8,13	8,13

<sup>1</sup> T1: ausência de maltodextrina e de acidificante (*absence of maltodextrin and acid mix*); T2: ausência de maltodextrina e presença de acidificante (*absence of maltodextrin and presence of acid mix*); T3: presença de maltodextrina e ausência de acidificante (*presence of maltodextrin and absence of acid mix*); T4: presença de maltodextrina e de acidificante (*presence of maltodextrin and acid mix*).

<sup>2</sup> Maltodextrina com 90% de equivalente lactose (*Maltodextrin with 90% of lactose equivalent*).

<sup>3</sup> Cada kg do produto contém (*per kg of product*): 6,3 g ácido propiônico (*propionic acid*); 196 g ácido fórmico (*formic acid*); 196 g ácido acético (*acetic acid*); 8,5 g ácido cítrico (*citric acid*) e 210 g de ácido fosfórico (*fosforic acid*), fornecendo (*providing*) 24,00% Ca e 6,00% P.

<sup>4</sup> Edulcorante (*Sweetener*): *Sucram 150*.

<sup>5</sup> Associação de oxitetraciclina na forma de cloridrato (10%) e de fumarato de tiamulina hidrogenado (3,5%) (*Association of Oxytetracycline (10%) and Tiamulin (3,5%)*).

<sup>6</sup> Cada kg do suplemento vitamínico e mineral fornece (*per kg of vitamin and mineral premix*): 2000000 UI vit. A; 440000 UI vit D3; 4000 mg vit. E; 490 mg vit. K3; 300 mg vit. B1; 1000 mg vit. B2; 600 mg vit. B6; 4000 mcg vit. B12; 100 mg ác. fólico (*folic acid*); 3100 mg ác. pantotênico (*pantothenic acid*); 6000 mg niacina (*niacin*); 30 mg biotina (*biotin*); 80000 mg de colina (*choline*); 47280 mg Ca; 16000 mg Fe; 3000 mg Cu; 4000 mg Mn; 20000 mg Zn; 40 mg I; 20 mg Se; 40 mg Co.



Antibiótico <sup>5</sup> <i>Antibiotic<sup>5</sup></i>	-	-	-	-	0,250	0,250	0,250	0,250
Supl. vit. + min. <sup>6</sup> <i>Vit. + min. premix<sup>6</sup></i>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Valores nutricionais calculados ( <i>Calculated nutritional values</i> )								
EM (kcal/kg) <i>ME</i>	3331	3328	3342	3342	3294	3288	3297	3297
PB (%) <i>CP</i>	19,84	19,84	19,84	19,84	20,06	20,06	20,06	20,06
Lisina (%) <i>Lysine</i>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,31	1,31	1,31	1,31
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,42	0,42	0,42	0,42	0,37	0,37	0,37	0,37
Treonina (%) <i>Threonine</i>	1,01	1,01	1,01	1,01	0,88	0,88	0,88	0,88
Triptofano (%) <i>Tryptophan</i>	0,27	0,27	0,27	0,27	0,24	0,24	0,24	0,24
Lactose (%) <i>Lactose</i>	10,00	10,00	10,00	10,00	6,00	6,00	6,00	6,00

<sup>1</sup> T1: ausência de maltodextrina e de acidificante (*absence of maltodextrin and acid mix*); T2: ausência de maltodextrina e presença de acidificante (*absence of maltodextrin and presence of acid mix*); T3: presença de maltodextrina e ausência de acidificante (*presence of maltodextrin and absence of acid mix*); T4: presença de maltodextrina e de acidificante (*presence of maltodextrin and acid mix*).

<sup>2</sup> Maltodextrina com 90% de equivalente lactose (*Maltodextrin with 90% of lactose equivalent*).

<sup>3</sup> Cada kg do produto contém (*per kg of product*): 6,3 g ácido propiônico (*propionic acid*); 196 g ácido fórmico (*formic acid*); 196 g ácido acético (*acetic acid*); 8,5 g ácido cítrico (*citric acid*) e 210 g de ácido fosfórico (*fosforic acid*), fornecendo (*providing*) 24,00% Ca e 6,00% P.

<sup>4</sup> Edulcorante (*Sweetener*): Sucram 150.

<sup>5</sup> Associação de oxitetraciclina na forma de cloridrato (10%) e de fumarato de tiamulina hidrogenado (3,5%) (*Association of Oxytetracycline (10%) and Tiamulin (3,5%)*).

<sup>6</sup> Cada kg do suplemento vitamínico e mineral fornece (*per kg of vitamin and mineral premix*): 2000000 UI vit. A; 440000 UI vit D3; 4000 mg vit. E; 490 mg vit. K3; 300 mg vit. B1; 1000 mg vit. B2; 600 mg vit. B6; 4000 mcg vit. B12; 100 mg ác. fólico (*folic acid*); 3100 mg ác. pantotênico (*pantothenic acid*); 6000 mg niacina (*niacin*); 30 mg biotina (*biotin*); 80000 mg de colina (*choline*); 47280 mg Ca; 16000 mg Fe; 3000 mg Cu; 4000 mg Mn; 20000 mg Zn; 40 mg I; 20 mg Se; 40 mg Co.

A inclusão do acidificante às rações experimentais foi feita de acordo com as recomendações do fabricante. No Experimento I, a maltodextrina substituiu 65,9 e 79,7% da lactose total nas rações pré-iniciais e iniciais, respectivamente, e no Experimento II, 81,0% em ambas as rações. As substituições foram feitas com base no valor de equivalente lactose especificado pelo fabricante. Para a maltodextrina utilizada, o valor considerado foi de 90%.

O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos, seis repetições e três animais por unidade experimental, segundo arranjo fatorial dos tratamentos (ausência ou presença de maltodextrina x ausência ou presença de acidificante). Os critérios adotados para formação dos blocos foram o peso e o sexo dos leitões.

Amostras das rações utilizadas em cada experimento foram coletadas e submetidas à análise de pH. Para tanto, 20 g de cada amostra foram suspensas em 30 mL de água deionizada, formando uma massa homogênea que foi agitada por barra magnética em agitador elétrico por 10 minutos, sendo imediatamente realizada a leitura em peagômetro. Para cada amostra foram feitas duas repetições, e a média foi considerada como valor do pH.

Para a avaliação dos dados de desempenho (consumo médio diário de ração, ganho médio diário de peso e conversão alimentar) nos períodos de 0 a 14 e 0 a 28 dias do Experimento I, e de 0 a 16 e 0 a 30 dias do Experimento II, foram registradas as quantidades de ração consumidas e realizadas pesagens dos leitões no início, no 14º e 28º dias, e no início, no 16º e 30º dias dos Experimentos I e II, respectivamente. A incidência de diarreia foi avaliada diariamente, pela manhã e à tarde (7:00h e 17:00h), de acordo com o seguinte escore: 0 – fezes normais; 1 – fezes pastosas; 2 – fezes líquidas.

Para o estudo de viabilidade econômica, foi calculado o custo de ração por quilograma de peso vivo ganho pelos leitões para cada tratamento, durante as fases de 0 a 14 e 0 a 28 dias do Experimento I, e de 0 a 16 e 0 a 30 dias do Experimento II, por meio da fórmula proposta por Bellaver *et al.* (1985).

O ensaio de digestibilidade foi realizado durante a primeira fase do Experimento II, empregando-se o método da coleta parcial de fezes e utilizando-se o óxido de crômio III ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) como marcador, na concentração de 0,1% nas rações. As rações marcadas foram oferecidas a partir do 7º dia do período experimental, sendo as coletas das fezes realizadas entre o 11º e o 14º dias, de manhã e à tarde (7:30h e 17:30h), e as amostras acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e imediatamente congeladas. Posteriormente às coletas, as fezes remanescentes nas baias foram descartadas. Tomou-se o cuidado de coletar amostras de fezes localizadas na parte central das baias, para não correr o risco de amostrar fezes dos animais das baias vizinhas, e que não estivessem embaixo dos bebedouros, ou aparentemente molhadas com urina.

Ao final do experimento, as amostras de cada baia foram descongeladas e levadas à estufa com circulação forçada de ar à 65°C por 48 horas. Após secagem, foram moídas em moinho de facas tipo Willye, em peneira de Mesh 30 (0,595 mm), para posteriores análises. Amostras das rações também foram moídas da mesma forma antes de serem analisadas.

A concentração de crômio nas rações e nas fezes foi quantificada pela técnica de espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) após digestão das amostras em ácido nítrico e perclórico, de acordo com as condições operacionais descritas no manual do fabricante do equipamento (Cookbook Shimadzu, 2002), no Laboratório de Química do

Instituto de Biociências da UNESP, Botucatu-SP. Todas as amostras foram analisadas em duplicata. As análises de matéria seca e proteína bruta das rações e das fezes foram realizadas de acordo com a AOAC (1995), no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Botucatu-SP, e a determinação da energia bruta foi realizada em bomba calorimétrica automática PARR, no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, Pirassununga-SP. Todas as amostras foram analisadas em duplicata.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e energia bruta foram calculados com base nos teores de óxido de cromo III e do nutriente na ração e nas fezes, de acordo com a seguinte fórmula:

$$CDA (\%) = 100 - [100 \times (\% Cr_2O_{3R} \div \% Cr_2O_{3F}) \times (\% N_F \div \% N_R)]$$

Onde:

$\% Cr_2O_{3R}$  = Porcentagem de óxido de cromo III na ração;

$\% Cr_2O_{3F}$  = Porcentagem de óxido de cromo III nas fezes;

$\% N_F$  = Porcentagem de matéria seca, proteína bruta ou energia nas fezes;

$\% N_R$  = Porcentagem de matéria seca, proteína bruta ou energia na ração.

Os dados de desempenho e digestibilidade foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do SAS (Statistical Analysis System, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH das rações utilizadas nos experimentos são apresentados na Tabela 3. As médias de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar dos leitões nos Experimentos I e II são apresentadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Na Tabela 6 encontram-se os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta das rações pré-iniciais utilizadas no Experimento II. Na Tabela A.1 do Apêndice são mostrados os teores médios de óxido de cromo III, matéria seca, proteína bruta e energia bruta, determinados nas rações pré-iniciais do Experimento II e nas amostras de fezes de cada parcela experimental. Não foi verificada ocorrência de diarreia nos leitões em ambos os experimentos.

Tabela 3: Valores médios de pH das rações pré-iniciais e iniciais utilizadas nos Experimentos I e II.

Table 3: Average pH values of pre-starter and starter diets of Experiments I and II.

Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>	Acidificante <i>Acid mix</i>	Experimento I ( <i>Experiment I</i> )		Experimento II ( <i>Experiment II</i> )	
		Rações Pré- Iniciais <i>Pré-starter diets</i>	Rações Iniciais <i>Starter diets</i>	Rações Pré- Iniciais <i>Pré-starter diets</i>	Rações Iniciais <i>Starter diets</i>
Ausente <i>Absent</i>	Ausente <i>Absent</i>	6,35	5,63	6,03	5,60
	Presente <i>Present</i>	5,97	5,32	5,73	5,34
Presente <i>Present</i>	Ausente <i>Absent</i>	6,21	5,54	5,94	5,55
	Presente <i>Present</i>	5,86	5,28	5,68	5,32

O uso do acidificante determinou reduções médias de 0,37 e 0,29, e de 0,28 e 0,25 unidade no pH das rações pré-iniciais e iniciais utilizadas nos Experimento I e II, respectivamente.

Não foi verificada interação maltodextrina x acidificante no consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar dos leitões nos períodos estudados em ambos os experimentos ( $P > 0,05$ ) e sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta das rações pré-iniciais utilizadas no Experimento II ( $P > 0,05$ ), evidenciando independência entre os fatores.

A suplementação de acidificante não proporcionou melhora no desempenho dos leitões durante as fases estudadas em ambos os experimentos ( $P > 0,05$ ), bem como nas variáveis avaliadas no ensaio de digestibilidade ( $P > 0,05$ ). Os resultados de desempenho concordam com os obtidos por Risley *et al.* (1992), que, apesar de terem observado redução no pH das rações, não verificaram queda no pH gastrintestinal e melhora no desempenho de leitões desmamados alimentados com rações contendo 1,5% de ácido cítrico ou fumárico. Entretanto, diferem dos obtidos por Falkowski e Aherne (1984) e Giesting e Easter (1985), que observaram queda no pH das rações e melhora na eficiência alimentar de leitões desmamados com a suplementação de 1,0 a 2,0% de ácidos orgânicos às rações.

Tabela 4: Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões de 0 a 14 e de 0 a 28 dias do Experimento I.

Table 4: Daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed:gain ratio (F:G) of pigs from 0 to 14 and 0 to 28 days of Experiment I.

		Variáveis (Item)					
		CDR (g) DFI, g		GDP (g) DWG, g		CA F:G	
Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>	Acidificante <i>Acid mix</i>	0-14 dias <i>0-14 days</i>	0-28 dias <i>0-28 days</i>	0-14 dias <i>0-14 days</i>	0-28 dias <i>0-28 days</i>	0-14 dias <i>0-14 days</i>	0-28 dias <i>0-28 days</i>
Ausente <i>Absent</i>	Ausente <i>Absent</i>	433	740	307	470	1,42	1,58
	Presente <i>Present</i>	441	779	323	498	1,37	1,56
Presente <i>Present</i>	Ausente <i>Absent</i>	489	817	354	504	1,38	1,62
	Presente <i>Present</i>	469	787	341	505	1,38	1,56
Médias dos fatores <i>Averages of factors</i>							
Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>							
	Ausente <i>Absent</i>	437 <sup>a</sup>	759	315 <sup>a</sup>	484	1,39	1,57
	Presente <i>Present</i>	479 <sup>b</sup>	802	347 <sup>b</sup>	504	1,38	1,59
Acidificante <i>Acid mix</i>							
	Ausente <i>Absent</i>	461	779	330	487	1,40	1,60
	Presente <i>Present</i>	455	783	332	501	1,37	1,56
Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>							
	X	NS <sup>1</sup>	NS	NS	NS	NS	NS
Acidificante <i>Acid mix</i>							
	CV (%)	7,50	8,55	8,10	8,00	5,13	4,54

<sup>a, b</sup> Valores seguidos de letras distintas na coluna diferem entre si (P=0,009). <sup>1</sup> Não significativo (P>0,05).

<sup>a, b</sup> Averages with different superscripts on the same column differ (P=0.009). <sup>1</sup> Non significant (P>0.05).

Tabela 5: Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões de 0 a 16 e de 0 a 30 dias do Experimento II.<sup>1</sup>

Table 5: Daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed:gain ratio (F:G) of pigs from 0 to 16 and 0 to 30 days of Experiment II.<sup>1</sup>

Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>	Acidificante <i>Acid mix</i>	Variáveis (Item)					
		CDR (g) <i>DFI, g</i>		GDP (g) <i>DWG, g</i>		CA <i>F:G</i>	
		0-16 dias <i>0-16 days</i>	0-30 dias <i>0-30 days</i>	0-16 dias <i>0-16 days</i>	0-30 dias <i>0-30 days</i>	0-16 dias <i>0-16 days</i>	0-30 dias <i>0-30 days</i>
Ausente <i>Absent</i>	Ausente <i>Absent</i>	399	721	263	458	1,53	1,58
	Presente <i>Present</i>	384	667	259	434	1,48	1,54
Presente <i>Present</i>	Ausente <i>Absent</i>	420	731	268	452	1,57	1,62
	Presente <i>Present</i>	384	706	252	444	1,53	1,59
Médias dos fatores <i>Averages of factors</i>							
Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>							
	Ausente <i>Absent</i>	392	694	261	446	1,50	1,56
	Presente <i>Present</i>	402	719	260	448	1,55	1,60
Acidificante <i>Acid mix</i>							
	Ausente <i>Absentee</i>	410	726	265	455	1,55	1,60
	Presente <i>Present</i>	384	686	255	439	1,51	1,56
Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>							
	X	NS <sup>2</sup>	NS	NS	NS	NS	NS
Acidificante <i>Acid mix</i>							
	CV (%)	10,76	7,21	11,88	7,13	6,28	3,85

<sup>1</sup> Não se observaram diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre as médias dos fatores. <sup>2</sup> Não significativo ( $P>0,05$ ).

<sup>1</sup> No significant differences ( $P>0.05$ ) were observed among averages of factors. <sup>2</sup> Non significant ( $P>0.05$ ).

Tabela 6: Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDA MS), proteína bruta (CDA PB) e energia bruta (CDA EB) das rações pré-iniciais do Experimento II.<sup>1</sup>

Table 6: Apparent digestibility coefficients of dry matter (ADC DM), crude protein (ADC CP) and gross energy (ADC GE) of pre-starter diets used in Experiment II.<sup>1</sup>

Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>	Acidificante <i>Acid mix</i>	Variáveis (Item)		
		CDA MS (%) <i>ADC DM (%)</i>	CDA PB (%) <i>ADC CP (%)</i>	CDA EB (%) <i>ADC GE (%)</i>
Ausente <i>Absent</i>	Ausente <i>Absent</i>	80,61	72,27	79,75
	Presente <i>Present</i>	80,33	71,04	79,11
Presente <i>Present</i>	Ausente <i>Absent</i>	79,67	71,35	78,78
	Presente <i>Present</i>	80,46	72,57	79,18
Médias dos fatores <i>Averages of factors</i>				
Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>				
	Ausente <i>Absent</i>	80,47	71,66	79,43
	Presente <i>Present</i>	80,07	71,96	78,98
Acidificante <i>Acid mix</i>				
	Ausente <i>Absent</i>	80,14	71,81	79,26
	Presente <i>Present</i>	80,40	71,81	79,14
Maltodextrina <i>Maltodextrin</i>				
	X	NS <sup>2</sup>	NS	NS
Acidificante <i>Acid mix</i>				
	CV (%)	1,10	2,59	1,28

<sup>1</sup> Não se observaram diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre as médias dos fatores. <sup>2</sup> Não significativo ( $P>0,05$ ).

<sup>1</sup> No significant differences ( $P>0.05$ ) were observed among averages of factors. <sup>2</sup> Non significant ( $P>0.05$ ).

Quanto aos resultados de digestibilidade, outras pesquisas também não verificaram alterações nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (Falkowski e Aherne, 1984; Radcliffe *et al.*, 1998; Blank *et al.*, 1999), proteína bruta (Falkowski e Aherne, 1984; Blank *et al.*, 1999), matéria orgânica, energia bruta e dos aminoácidos (Blank *et al.*, 1999)

quando as rações de leitões desmamados foram suplementadas com ácido cítrico e/ou fumárico.

Radecki *et al.* (1988) e Radcliffe *et al.* (1998) sugeriram que o melhor desempenho dos leitões alimentados com rações contendo ácidos orgânicos seria devido à acidificação do conteúdo gástrico. De acordo com Radecki *et al.* (1988), a acidificação da dieta compensaria o baixo nível de secreção de ácido clorídrico apresentado pelos leitões desmamados, auxiliando-os nos processos digestivos e minimizando o comprometimento no crescimento, característico dessa fase.

Entretanto, a magnitude da resposta aos acidificantes é influenciada pelos níveis de inclusão utilizados. Giesting e Easter (1985) observaram redução linear no pH das rações e aumento linear no ganho de peso e na eficiência alimentar dos leitões com o aumento da suplementação de fumarato de 1,0 até 4,0%. Radecki *et al.* (1988), suplementando 1,5 e 3,0% de ácido fumárico, e Tsiloyiannis *et al.* (2001), incluindo 1,6% de ácido láctico ou 1,5% de ácido cítrico à dieta de leitões desmamados, verificaram melhora significativa quanto ao ganho de peso e à eficiência na utilização da ração.

Dessa forma, os níveis de inclusão de 1,0% do acidificante nas rações pré-iniciais de ambos os experimentos, e de 0,8 e 0,6% nas rações iniciais dos Experimentos I e II, respectivamente, podem não ter sido suficientes para reduzir satisfatoriamente o pH gastrintestinal, e conseqüentemente, melhorar o desempenho, uma vez que acarretaram pequena redução no pH das rações.

Ravindran e Kornegay (1993), Radcliffe *et al.* (1998) e Eidelsburguer (2001) levantaram a hipótese de que desafios impostos pelas condições ambientais e de alojamento existentes, tais como temperatura, higiene, doenças, entre outros fatores estressantes, poderiam favorecer a ação dos ácidos orgânicos e potencializar sua resposta sobre o desempenho dos leitões desmamados. Considerando que os experimentos foram conduzidos em instalação adequadamente limpa e submetida a período mínimo de quinze dias de vazio após desinfecção, que as rações continham óxido de zinco (fase pré-inicial), sulfato de cobre e antibiótico (fase inicial) e que a temperatura foi mantida na zona de conforto térmico dos animais, o desafio imposto aos leitões foi mínimo, fator que pode ter contribuído para que a inclusão dos ácidos orgânicos às rações não acarretasse melhora no desempenho.

Outro fator que pode ter interferido na resposta aos ácidos orgânicos foram os ingredientes e a composição das dietas utilizadas, conforme sugerido por Ravindran e Kornegay (1993), Partanen e Mroz (1999) e Partanen (2001). A adição de ácidos orgânicos é mais efetiva em melhorar o desempenho dos leitões desmamados quando realizada em dietas

simples, à base de cereais e farelo de soja, do que em rações de maior complexidade, contendo proteínas de origem animal (Owsley *et al.*, 1988) e produtos lácteos (Owsley *et al.*, 1988; Burnell *et al.*, 1988; Giesting *et al.*, 1991), em função de serem mais digestíveis, além do que a fermentação da lactose em ácido lático reduz a necessidade de acidificação da dieta.

Dessa forma, a complexidade das rações utilizadas neste estudo, inclusive as do segundo experimento, apesar de menos complexas que as do primeiro por conterem menores quantidades de soro de leite e lactose, e maior quantidade de proteínas de menor valor nutricional, pode não ter permitido a ação favorável dos ácidos orgânicos sobre o desempenho dos leitões, resultados que concordam com os obtidos por Weeden *et al.* (1991), e sobre a digestibilidade dos nutrientes das rações pré-iniciais do Experimento II.

De acordo com Radecki *et al.* (1988), a disponibilidade de ração aos leitões na maternidade poderia afetar a resposta aos ácidos orgânicos, já que, conforme relatado por Shields *et al.* (1980) e Lindemann *et al.* (1986), o consumo de ração auxiliaria no desenvolvimento da atividade das enzimas digestivas, melhorando o aproveitamento da dieta pelos leitões desmamados. Considerando que os animais utilizados neste estudo receberam ração pré-inicial na maternidade, este pode ter sido um fator que contribuiu para a ausência de efeitos do acidificante.

No período de 0 a 14 dias do Experimento I, os leitões alimentados com rações contendo maltodextrina apresentaram maior consumo diário de ração ( $P=0,009$ ) e maior ganho diário de peso ( $P=0,009$ ). Não houve efeito de maltodextrina na conversão alimentar ( $P>0,05$ ) em ambos os períodos estudados, bem como no consumo diário de ração e no ganho diário de peso de 0 a 28 dias ( $P>0,05$ ). No Experimento II, não foi verificado efeito de maltodextrina ( $P>0,05$ ) sobre o desempenho nos primeiros 16 dias e no período total, bem como sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta das rações pré-iniciais ( $P>0,05$ ).

A inclusão de produtos lácteos como fontes de lactose às rações pré-iniciais e iniciais é prática comum entre os nutricionistas, e diversos estudos comprovam sua eficácia em melhorar o desempenho (Sewell e West, 1965; Tokach *et al.*, 1989; Lepine *et al.*, 1991; Mahan, 1992; Tokach *et al.*, 1995; Nessmith *et al.*, 1997; Bertol *et al.*, 2000) e a digestibilidade dos nutrientes (Sewell e West, 1965; Tokach *et al.*, 1989; Turlington *et al.*, 1989) por leitões desmamados antecipadamente. Entretanto, o custo desses produtos acaba, muitas vezes, onerando o custo das rações, tornando interessante a opção de ingredientes que possam substituir as fontes de lactose sem causar prejuízos ao desempenho dos animais e à qualidade das rações.

Os resultados obtidos demonstram que a maltodextrina é uma fonte de carboidrato adequada para substituir, pelo menos parcialmente, a lactose total das rações pré-iniciais e iniciais, não afetando a digestibilidade dos nutrientes na fase pré-inicial do Experimento II e sendo capaz de manter, ou mesmo melhorar o desempenho de leitões desmamados aos 21 dias de idade. Esses resultados concordam parcialmente com aqueles obtidos por Oliver *et al.* (2002) com leitões entre um e 20 dias de idade alimentados com dietas artificiais líquidas suplementadas com amido de milho parcialmente hidrolisado (dextrose equivalente igual a 20) em substituição à lactose.

De acordo com Bertol *et al.* (2000), a lactose atua como palatilizante, estimulando o consumo de ração pelos leitões desmamados. Embora seja um sacarídeo sem sabor adocicado, pode-se afirmar que a maltodextrina não diminuiu a palatabilidade das rações ao substituir parte da lactose, uma vez que não prejudicou, e até mesmo estimulou o consumo de ração pelos leitões. O maior ganho diário de peso apresentado, na fase pré-inicial do primeiro experimento, pelos leitões alimentados com dietas contendo maltodextrina ocorreu, justamente, em função do maior consumo de ração em relação aos que não receberam essa fonte de carboidrato.

Embora os leitões desenvolvam adequadamente a capacidade de produção e ativação das enzimas envolvidas na digestão dos alimentos de origem vegetal somente ao redor da sexta a oitava semanas de vida (Mahan e Newton, 1993; Bertol, 1997) e a falta de apetite após o desmame seja problema freqüente, fatores que estimulem o consumo podem contribuir para o aumento da atividade das enzimas intestinais (Shields *et al.*, 1980; McCracken, 1984) e pancreáticas (Shields *et al.*, 1980; Lindemann *et al.*, 1986), resultando em melhora do desempenho dos animais. Assim, pode-se supor que o melhor desempenho, em termos de ganho diário de peso, apresentado pelos leitões que receberam maltodextrina nas rações durante o período de 0 a 14 dias do primeiro experimento pode estar relacionado ao aumento na atividade das enzimas digestivas, proporcionado pelo maior consumo de ração por esses animais.

Além disso, vários trabalhos relatam a indução da atividade das carboidrases intestinais maltase e glicoamilase pela presença de substrato específico no lúmen intestinal de leitões desmamados aos 14 dias de idade (McCracken, 1984; McCracken; Kelly, 1984; Kelly *et al.*, 1990, 1991; Pluske *et al.*, 2003). De acordo com Kelly *et al.* (1991), o aumento acentuado na atividade dessas enzimas já no terceiro dia após o desmame é de interesse tanto fisiológico quanto prático, em função das dietas de desmame conterem grandes quantidades de carboidratos de origem vegetal e baixo teor de lactose em comparação ao leite materno.

Dessa forma, o fato de os leitões alimentados com rações contendo maltodextrina terem apresentado consumo igual, ou mesmo superior ao dos que não receberam essa fonte de carboidrato pode ter contribuído para a indução da atividade das carboidrases intestinais, o que possibilitou aos leitões aproveitar de maneira semelhante tanto as rações que não continham quanto as que continham maltodextrina.

Outro fator que pode ter contribuído para a resposta favorável dos leitões e para a ausência de diarreia com a suplementação de maltodextrina é a menor osmolaridade dessa fonte de carboidrato em comparação à lactose. Considerando que a maltodextrina tem maior massa, porém menor concentração molar, e, conseqüentemente, menor poder osmótico que a lactose, isto poderia ter proporcionado menor secreção de fluidos para o lúmen intestinal dos leitões e maior absorção de água e nutrientes, possibilitando que os leitões alimentados com rações suplementadas com maltodextrina apresentassem desempenho semelhante ou superior, sem a ocorrência de diarreia osmótica. De acordo com Marchal *et al.* (1999), uma solução de glicose a 10% apresenta osmolaridade 10 vezes maior em relação a uma solução de maltodextrina, com grau de polimerização em torno de 11, a 10%. Weber e Ehrlein (1998) verificaram maior absorção dos carboidratos e da gordura de dietas enterais contendo maltodextrina do que das dietas contendo glicose administradas a mini suínos, em função da menor taxa de fluxo e da maior absorção de água, favorecidas pela menor osmolaridade das dietas com maltodextrina.

Os resultados da análise econômica (custo por quilograma de ração e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho) para os Experimentos I e II são apresentados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

O tratamento contendo apenas maltodextrina foi o mais eficiente economicamente, com exceção para o período de 0 a 28 dias do Experimento I, em que o uso da ração contendo maltodextrina e acidificante acarretou redução de 4,30% no custo por quilograma de peso vivo ganho em relação ao tratamento sem maltodextrina e com acidificante.

Para os períodos de 0 a 14 dias do Experimento I, e de 0 a 16 e 0 a 30 dias do Experimento II, a substituição parcial da lactose por maltodextrina proporcionou economia de, respectivamente, 7,10, 4,00 e 2,60% no custo por unidade de peso vivo ganho em relação ao tratamento sem maltodextrina e acidificante. Tais reduções no gasto com ração por quilograma de peso vivo ganho pelos leitões são importantes e de interesse, uma vez que podem representar grande economia no caso de produções comerciais em larga escala.

Tabela 7: Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg GP) nas fases de 0 a 14 e de 0 a 28 dias do Experimento I.

Table 7: Cost per kilogram of feed (R\$/kg feed) and cost of feed per kilogram of weight gain (R\$/kg WG) for the phases of 0 to 14 and 0 to 28 days of Experiment I.

Maltodextrina <i>Maltodextrina</i>	Acidificante <i>Acid mix</i>	Fases (Phases)			
		0 – 14 dias <i>0 – 14 days</i>		0 – 28 dias <i>0 – 28 days</i>	
		R\$/kg ração <i>R\$/kg feed</i>	R\$/kg GP <i>R\$/kg WG</i>	R\$/kg ração <i>R\$/kg feed</i>	R\$/kg GP <i>R\$/kg WG</i>
Ausente <i>(Absent)</i>	Ausente <i>(Absent)</i>	R\$ 1,1885	R\$ 1,6864	R\$ 0,9934	R\$ 1,5642
	Presente <i>(Present)</i>	R\$ 1,2134	R\$ 1,6601	R\$ 1,0088	R\$ 1,5785
Presente <i>(Present)</i>	Ausente <i>(Absent)</i>	R\$ 1,1351	R\$ 1,5670	R\$ 0,9464	R\$ 1,5322
	Presente <i>(Present)</i>	R\$ 1,1603	R\$ 1,5996	R\$ 0,9676	R\$ 1,5104

<sup>1</sup> Calculado com base no preço das matérias-primas em 09/02/06, com o dólar a R\$ 2,1956.

<sup>1</sup> Calculated according to the price of raw material in 09/02/06, US\$1.00 = R\$ 2.1956.

Tabela 8: Custo por quilograma de ração (R\$/kg ração) e custo de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg GP) nas fases de 0 a 16 e de 0 a 30 dias do Experimento II.

Table 8: Cost per kilogram of feed (R\$/kg feed) and cost of feed per kilogram of weight gain (R\$/kg WG) for the phases of 0 to 16 and 0 to 30 days of Experiment II.

Maltodextrina <i>Maltodextrina</i>	Acidificante <i>Acid mix</i>	Fases (Phases)			
		0 – 16 dias <i>0 – 16 days</i>		0 – 30 dias <i>0 – 30 days</i>	
		R\$/kg ração <i>R\$/kg feed</i>	R\$/kg GP <i>R\$/kg WG</i>	R\$/kg ração <i>R\$/kg feed</i>	R\$/kg GP <i>R\$/kg WG</i>
Ausente <i>(Absent)</i>	Ausente <i>(Absent)</i>	R\$ 0,8132	R\$ 1,2423	R\$ 0,7499	R\$ 1,1819
	Presente <i>(Present)</i>	R\$ 0,8378	R\$ 1,2440	R\$ 0,7682	R\$ 1,1786
Presente <i>(Present)</i>	Ausente <i>(Absent)</i>	R\$ 0,7600	R\$ 1,1931	R\$ 0,7120	R\$ 1,1508
	Presente <i>(Present)</i>	R\$ 0,7852	R\$ 1,2029	R\$ 0,7290	R\$ 1,1612

<sup>1</sup> Calculado com base no preço das matérias-primas em 09/02/06, com o dólar a R\$ 2,1956.

<sup>1</sup> Calculated according to the price of raw material in 09/02/06, US\$1.00 = R\$ 2.1956.

## CONCLUSÕES

A maltodextrina e o acidificante não influenciaram o valor nutricional das rações. Conseqüentemente, a maltodextrina pode ser considerada como alternativa às fontes de lactose para leitões desmamados.

A utilização da maltodextrina, combinada ou não com o acidificante nas rações, resultou em maior vantagem econômica.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. *Official methods of analysis*. 16th ed. Arlington: AOAC International, 1995. 2 v.

BELLAVER, C. *et al.* Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v. 20, n. 8, p. 969-974, 1985.

BERTOL, T.M. Alimentação dos leitões no aleitamento e creche. *In: CURSO DE SUINOCULTURA*, 1997. Concórdia. *Anais...* Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1997. p. 93-110.

BERTOL, T.M. *et al.* Níveis de suplementação de lactose na dieta de leitões desmamados. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 1387-1393, 2000.

BLANK, R. *et al.* Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 77, n. 11, p. 2974-2984, 1999.

BOUDRY, G. *et al.* Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglets intestine. *J. Nutr.*, Bethesda, v. 134, n. 9, p. 2256-2262, 2004.

BURNELL, T.W. *et al.* Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 66, n. 5, p. 1100-1108, 1988.

COOKBOOK SHIMADZU – *Operation manual: atomic absorption spectrophotometer AA 6800*, 2002. 157p.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. *Council regulation on the authorisation of the additive avilamycin in feedingstuffs*. Brussels, 2003. Disponível em: <<http://register.consilium.eu.int/pdf/en/03/st06/st06120en03.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2006.

EIDELSBURGUER, U. Feeding short-chain organic acids to pigs. In: WISEMAN, J.; GARNSWORTHY, P.C. (Ed.). *Recent Developments in Pig Nutrition 3*. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. cap. 6, p. 107-121.

FALKOWSKI, J.F.; AHERNE, F.X. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 58, n. 4, p. 935-938, 1984.

FIUMANA, D.; SCIPIONI, R. Effects of the presence of hydrolysed amides in the diets of weaned piglets on the digestive utilization of various nutrients. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper.*, Napoli, v. 57, n. 16, p. 1731-1737, 1981. (Resumo).

GIESTING, D.W.; EASTER, R.A. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 60, n. 5, p. 1288-1294, 1985.

GIESTING, D.W. *et al.* Evaluation of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2489-2496, 1991.

KELLY, D. *et al.* Effect of creep feeding on structural and functional changes of the gut of early weaned pigs. *Res. Vet. Sci.*, London, v. 48, n. 3, p. 350-356, 1990.

KELLY, D. *et al.* Digestive development of the early-weaned pig. 1-Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on changes in digestive enzyme activity during the first week post-weaning. *Br. J. Nutr.*, London, v. 65, n. 2, p. 169-180, 1991.

KRAUSE, D.O. *et al.* Effect of weaning diet on the ecology of adherent lactobacilli in the gastrointestinal tract of the pig. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 73, n. 8, p. 2347-2354, Aug. 1995.

LEPINE, A.J. *et al.* Growth performance of weanling pigs fed corn-soybean meal diets with or without dried whey at various L-lysine-HCl levels. *J. Anim.Sci.*, Champaign, v. 69, n. 5, p. 2026-2032, 1991.

LINDEMANN, M.D. *et al.* Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 62, n. 5, p. 1298-1307, 1986.

MAHAN, D.C. Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 70, n. 7, p. 2182-2187, 1992.

MAHAN, D.C. *et al.* Effect of dietary lysine levels formulated by altering the ratio of corn:soybean meal with or without dried whey and L-lysine-HCl in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 71, n. 7, p. 1848-1852, 1993.

MAHAN, D.C.; NEWTON, E.A. Evaluation of feed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weanling pig performance. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3376-3382, 1993.

MAHAN, D.C. *et al.* Effects of diet complexity and dietary lactose levels during three starter phases on postweaning pig performance. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 82, n. 9, p. 2790-2797, 2004.

MAKKINK, C.A. *et al.* Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. *Br. J. Nutr.*, London, v. 72, n. 3, p. 353-368, 1994.

MARCHAL, L.M. *et al.* Towards a rational design of commercial maltodextrins. *Trends Food Sci. Techn.*, Cambridge, v. 10, n. 11, p. 345-355, 1999.

MAVROMICHALIS, I. *et al.* Lactose, sucrose, and molasses in simple and complex diets for nursery pigs. *Anim. Feed Sci. Techn.*, Amsterdam, v. 93, n. 3, p. 127-135, 2001.

McCRACKEN, K.J. Effect of diet composition on digestive development of early-weaned pigs. *Proc. Nutr. Soc.*, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 109A, 1984.

McCRACKEN, K.J.; KELLY, D. Effect of diet and post-weaning food intake on digestive development of early-weaned pigs. *Proc. Nutr. Soc.*, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 110A, 1984.

MORES, N. *et al.* Manejo do leitão desde o nascimento até o abate. *In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. (Ed.). Suinocultura Intensiva – Produção, manejo e saúde do rebanho.* Brasília: Embrapa-SPI, 1998. cap. 7, p. 135-161.

NAMKUNG, H. *et al.* Impact of feeding blends of organic acids and herbal extracts on growth performance, gut microbiota and digestive function in newly weaned pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 84, n. 4, p. 697-704, 2004.

NESSMITH, W.B., Jr. *et al.* Effects of substituting deproteinized whey and(or) crystalline lactose for dried whey on weanling pig performance. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 75, n. 12, p. 3222-3228, 1997.

OLIVER, W.T. *et al.* Efficacy of partially hydrolyzed corn syrup solids as a replacement for lactose in manufactured liquid diets for neonatal pigs. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 80, n. 1, p. 143-153, 2002.

OWSLEY, W.F. *et al.* Effects of organic acid addition and diet complexity on performance of pigs weaned at 28d. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 66 (Suppl. 1), p. 41, 1988.

PARTANEN, K.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr. Res. Rev.*, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 117-145, 1999.

PARTANEN, K. Organic acids – their efficacy and modes of action in pigs. *In: PIVA, A.; BACK KNUDSEN, K.F.; LINDEBERG, J.E. (Ed.). Gut Environment of Pigs.* Nottingham: Nottingham University Press, 2001. cap. 13, p. 201-217.

PLUSKE, J.R. *et al.* Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livest. Prod. Sci.*, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 215-236, 1997.

PLUSKE, J.R. *et al.* Age, sex, and weight at weaning influence organ weight and gastrointestinal development of weanling pigs. *Austr. J. Agric. Res.*, Victoria, v. 54, n. 5, p. 515-527, 2003.

POWLES, J.; COLE, D.J.A. Research examines use of lactose in young pig diets. *Feedstuffs*, Minnetonka, v. 65, n. 8, p. 13-16, 1993.

- RADCLIFFE, J.S. *et al.* The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn-soybean meal-based diet for weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 76, n. 7, p. 1880-1886, 1998.
- RADECKI, S.V. *et al.* Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 66, n. 10, p. 2598-2605, 1988.
- RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T. Acidification of weaner pig diets: a review. *J. Sci. Food Agric.*, London, v. 62, n. 4, p. 313-322, 1993.
- RICHERT, B.T. *et al.* Effect of dietary carbohydrate source and level on early-weaned pig growth performance. *J. Anim. Sci.*, v. 74 (Suppl. 1), p. 169, 1996.
- RISLEY, C.R. *et al.* Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 70, n. 1, p. 196-206, 1992.
- ROSTAGNO, H.S. *et al.* *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2. ed. Viçosa:UFV, 2005. 186 p.
- SANTOS, W.G. *et al.* Manose na alimentação de leitões na fase de creche (desempenho, pH do trato gastrointestinal e peso dos órgãos). *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, MG, v.27, n.3, p.696-702, 2003.
- SAS INSTITUTE. SAS Language Reference. Version 8, Cary: 2001. 1042p.
- SEWELL, R.F.; WEST, J.P. Some effects of lactose on protein utilization in the baby pig. *J. Anim. Sci.*, Albany, v. 24, n. 1, p. 239-241, 1965.
- SHIELDS, R.G., Jr. *et al.* Effect of weaning age and feeding method on digestive enzyme development in swine from birth to ten weeks. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 50, n. 2, p. 257-265, 1980.
- TOKACH, M.D. *et al.* Effect of protein and (or) carbohydrate fractions of dried whey on performance and nutrient digestibility of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 67, n. 5, p. 1307-1312, 1989.

TOKACH, M.D. *et al.* Effect of adding fat and(or) milk products to the weanling pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 73, n. 11, p. 3358-3368, 1995.

TSILOYIANNIS, V.K. *et al.* The effect of organic acids on the control of post-weaning oedema disease of piglets. *Res. Vet. Sci.*, London, v. 70, n. 3, p. 281-285, 2001.

TURLINGTON, W.H. *et al.* Effects of protein and carbohydrate sources on digestibility and digesta flow rate in weaned pigs fed a high-fat, dry diet. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 67, n. 9, p. 2333-2340, 1989.

WALSH, M.C. *et al.* *Acidification of nursery diets and the role of diet buffering capacity.* Ohio: The Ohio State University, 2004. p. 25-36. Disponível em:  
<<http://porkinfo.osu.edu/2004%20swine%20Doc.pdf>>. Acesso em 13 abr. 2005.

WEBER, E.; EHRLEIN, H.J. Glucose and maltodextrin in enteral diets have different effects on jejunal absorption of nutrients, sodium and water and on flow rate in mini pigs. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.*, Hannover, v. 105, n. 12, p. 446-449, 1998. (Resumo).

WEEDEN, T.L. *et al.* The effect of diet acidification on starter pig performance and nutrient digestibility. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 69 (Suppl. 1), p. 105-106, 1991.

## IMPLICAÇÕES

A maltodextrina mostrou-se como alternativa viável, tanto do ponto de vista prático quanto econômico, às fontes de lactose nas rações para leitões desmamados, sendo de interesse, portanto, a realização de novos estudos, com o objetivo de avaliar até que ponto a maltodextrina pode substituir a lactose nas rações de desmame, de modo a garantir bons resultados de desempenho e econômico.

Nas condições experimentais utilizadas, o fato do uso do acidificante não ter determinado melhora no valor nutricional das rações sugere a necessidade de novas pesquisas, a fim de melhor elucidar os fatores que podem interferir na resposta aos ácidos orgânicos, como os níveis de inclusão empregados e o grau de desafio imposto aos animais.

## APÊNDICE

Tabela A.1: Médias dos teores de óxido de cromo III ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) das rações pré-iniciais do Experimento II e das amostras de fezes de cada unidade experimental.

Tratamento	Baia	Amostra	$\text{Cr}_2\text{O}_3$ (%)	MS (%)	PB (%)	EB (kcal)
T1 Ausência de maltodextrina e de acidificante		Ração	0,098	92,47	20,45	4111
	21	Fezes	0,519	94,29	32,16	4429
	28	Fezes	0,473	95,43	30,48	4451
	30	Fezes	0,500	94,08	26,78	4315
	33	Fezes	0,551	96,30	29,00	4388
	37	Fezes	0,533	93,41	31,86	4418
	42	Fezes	0,546	95,25	29,61	4401
T2 Ausência de maltodextrina e presença de acidificante		Ração	0,098	93,28	19,89	4125
	22	Fezes	0,486	93,97	30,39	4521
	24	Fezes	0,484	95,04	29,42	4515
	26	Fezes	0,475	94,13	28,83	4347
	31	Fezes	0,503	94,70	28,54	4342
	35	Fezes	0,545	92,69	29,57	4406
	39	Fezes	0,516	94,22	30,64	4401
T3 Presença de maltodextrina e ausência de acidificante		Ração	0,098	92,90	20,66	4110
	20	Fezes	0,519	94,18	29,03	4425
	27	Fezes	0,459	93,86	29,10	4245
	29	Fezes	0,479	94,25	29,20	4319
	36	Fezes	0,468	94,78	31,47	4435
	38	Fezes	0,496	93,54	30,18	4371
	41	Fezes	0,504	93,21	27,60	4249
T4 Presença de maltodextrina e de acidificante		Ração	0,099	93,28	19,82	4127
	19	Fezes	0,515	94,40	28,84	4458
	23	Fezes	0,551	91,34	25,93	4375
	25	Fezes	0,456	94,29	26,98	4294
	32	Fezes	0,513	94,75	27,67	4388
	34	Fezes	0,516	94,11	28,51	4483
	40	Fezes	0,519	93,33	29,85	4532