

O que se Conhece Sobre a Alimentação de Sub-Produtos Líquidos para Suínos

Título original: What We Know About Feeding Liquid By-Products to Pigs

Dr. Jerry Shurson
Professor
Department of Animal Science
University of Minnesota

Versão para o Português: Luiz W O Souza

Introdução

Sistemas de alimentação líquida tem sido usados extensivamente por muitos anos para o fornecimento de sub-produtos nos sistemas de produção na Europa Ocidental. Entretanto, o uso desta tecnologia tem sido limitado na América do Norte e outras regiões ao redor do mundo até recentemente. A crescente popularidade da utilização de sistemas de alimentação líquida na América do Norte vem sendo direcionada pelos preços extremamente elevados dos alimentos sólidos convencionais, um tremendo aumento na disponibilidade e baixo custo de sub-produtos líquidos da produção de biocombustíveis e inúmeras vantagens no desempenho, saúde e bem-estar animal que os sistemas de alimentação líquida proporcionam em comparação com os sistemas de fornecimento de alimentos sólidos. De fato, aproximadamente 2% dos animais em crescimento-terminação em Ontário, Canadá, são alimentados com dietas líquidas (SLFA, 2007).

Os sistemas de alimentação líquida envolvem a produção de alimentos controlada por computadores e fornecimento frequente das dietas líquidas que podem ser utilizados com sucesso em todas as fases da produção. Normalmente, as dietas líquidas contém de 20 a 30% de MS. Em alguns desses sistemas, permite-se a fermentação parcial dos ingredientes ou dietas, resultando na produção de ácidos orgânicos e proliferação de bactérias benéficas, tais como o *Lactobacillus acidophilus* (de Lange et al., 2006). Um dos aspectos mais importantes do sucesso do uso da alimentação líquida é assegurar que uma relação água : MS e frequência de fornecimento adequados sejam alcançados para as fases específicas da produção.

Benefícios da dieta líquida vs. alimentos sólidos

Há muitas vantagens em se utilizar os sistemas de alimentação líquida, em comparação com o uso de alimentos sólidos na produção de suínos. Estas incluem melhora utilização de nutrientes, flexibilidade e controle dos programas de arraçamento, utilização de sub-produtos líquidos mais baratos, redução do impacto ambiental e melhoria no desempenho dos animais (and Mikkelsen, 1998; Russell et al., 1996; Canibe and Jensen, 2003; Brooks et al., 2001; Lawlor et al., 2002). Os alimentos líquidos também contribuem com a sanidade do sistema digestivo, reduzem a necessidade do uso de rações medicadas e melhoram o bem-estar animal (Brooks et al., 2001; Canibe and Jensen, 2003).

O fornecimento de dietas líquidas contendo ingredientes fermentados tem resultado em melhora no desempenho do crescimento e reduções da mortalidade e morbidade na creche e crescimento-terminação (Geary et al., 1996;1999; Canibe and Jensen, 2003; Scholten et al., 1999). Estes benefícios parecem ser devidos ao aumento na disponibilidade de nutrientes e redução no crescimento e eliminação de bactérias patogênicas tais como *Yersinia*, *Salmonella*, e *E. coli*, em função da diminuição do pH (Geary et al., 1996;1999; Scholten et al., 1999; van Winsen et al., 2001; Demeckova et al., 2001). Além disso, a atividade da pepsina é aumentada devido ao pH mais baixo, resultando em melhora na digestão protéica (Scholten et al., 1999). A presença de lactobacilos e ácidos orgânicos (lático e butírico) nos alimentos líquidos fermentados também pode ter efeitos positivos sobre as funções digestivas e sistema imune (Simon et al., 2003; Mroz, 2003).

Desafios do Uso da Alimentação Líquida

Consistência do fornecimento de sub-produtos

É essencial que se firme acordos formais com os fornecedores de sub-produtos para se obter ingredientes utilizados em quantidade e qualidade adequados. Isto é importante porque os premixes e suplementos secos são formulados especificamente para os sub-produtos utilizados nas dietas líquidas e porque a troca entre alguns sub-produtos pode reduzir o desempenho de crescimento devido às necessidades do sistema digestivo do suíno em se adaptar à alteração da composição nutricional quando da substituição dos sub-produtos.

Elevado teor de água dos sub-produtos

Muitos dos sub-produtos possuem alto teor de umidade (70-90%) e, portanto, baixo teor de matéria seca. O resultado é que torna-se difícil justificar o transporte destes sub-produtos líquidos por longas distâncias, devido ao alto custo por kg de matéria seca. Além do mais, a quantidade de água fornecida aos suínos utilizando alimentação líquida é maior do que a aquela provida em sistemas de alimentação seca. Em consequência, o volume de dejetos pode ser aumentado juntamente com o aumento dos níveis de umidade nas instalações.

Variabilidade no conteúdo de nutrientes

O conteúdo de nutrientes dos sub-produtos pode variar substancialmente para cada lote e para as diferentes fontes (Braun and de Lange, 2004). Amostragens frequentes e análise de nutrientes permitem maior precisão nos ajustes de formulação para se evitar excessos ou deficiências de nutrientes nos sistemas de alimentação líquida. O ideal seria se obter certificados de de qualidade e perfil de nutrientes dos fornecedores que garantissem que estes sub-produtos são livres de contaminantes e atendem às exigências regulatórias (Braun and de Lange, 2004).

Alto conteúdo de sal de alguns sub-produtos

Soro de leite e resíduos líquidos de panificação podem conter quantidades significativas de sal. Soro doce é o sub-produto remanescente após a produção de queijos frescos, enquanto soro ácido é produzido a partir da prensagem de queijos curados e possui pH mais baixo. Visto que adiciona-se sal aos queijos antes da prensagem, o soro líquido remanescente pode conter teores em torno de 10% de sal com base na matéria seca. Por esta razão, os suínos devem ter livre acesso à água, além da água contida na alimentação líquida, pra se evitar intoxicação por sal. O alto conteúdo de sal e o baixo pH podem acelerar a deterioração dos pisos de concreto and comedouros metálicos e outros equipamentos nas instalações de suínos. Da mesma forma, o conteúdo de sal de alguns sub-produtos pode exigir a redução ou eliminação de sal suplementar na formulação e pode limitar a quantidade a se adicionar do sub-produto em questão.

Perda de aminoácidos durante a estocagem de alimentos líquidos

Pesquisa conduzida na Dinamarca mostrou que em torno de 17% da lisina sintética adicionada à dieta é perdida após 24 horas de estocagem de alimentos líquidos fermentados (Pedersen et al., 2002). Esta perda é devida provavelmente à utilização preferencial dos aminoácidos livres pelos microorganismos encontrados nos alimentos fermentados (de Lange et al., 2006). Niven et al. (2006) mostraram que estas perdas são devidas primeiramente à presença de coliformes e que, quando grandes quantidades de lactobacilos estão presentes, pouca lisina é perdida. Portanto, para minimizar as perdas de aminoácidos sintéticos, estes devem ser adicionados às dietas líquidas após a estabilização da fermentação ter sido alcançada, quando os alimentos líquidos contiverem mais do que 75 mMol de ácido lático ou quando o pH for menor que 4,5 (Braun and de Lange, 2004).

Homogeneidade dos alimentos misturados

Braun and de Lange (2004) mostraram que houve diferenças substanciais no conteúdo de minerais de amostras de alimentos colhidas na segunda ou penúltima válvula na linha de comedouros em algumas granjas comerciais. Os pesquisadores notaram que a falta de mistura das dietas é menos preocupante quando se usa equipamentos para alimentação líquida modernos, bem como quando se utiliza sub-produtos líquidos com alta viscosidade como resíduos solúveis de destilaria condensados (“condensed distillers solubles”) e água residual de cozimento do milho (“corn steep water”) (sub-produtos da indústria do etanol) para manter as partículas minerais em suspensão por maior tempo.

Sub-produtos comumente usados nos sistemas de alimentação líquida

Há inúmeros sub-produtos líquidos produzidos na indústria de alimentos e de biocombustíveis que são economicamente aplicáveis para uso nos sistemas de alimentação líquida de suínos. Contudo, alguns dos desafios do uso de sub-produtos líquidos envolvem a variabilidade no conteúdo nutricional, consistência no fornecimento

e proximidade da produção do ingrediente com a granja para se minimizar o frete. Braun and de Lange (2004) resumiram e descreveram alguns dos sub-produtos mais comumente usados nos sistemas de alimentação líquida. Estão incluídos aqueles originários do processamento do leite (soro doce, soro ácido, leite gorduroso), resíduos de panificação (pão, biscoitos, bolachas e outros confeitados), doces (açúcar líquido), levedura úmida de cerveja (sub-produtos da fabricação de cerveja), e sub-produtos líquidos da produção de etanol (resíduos solúveis de destilaria condensados e água residual de cozimento do milho).

O soro líquido é altamente palatável. O soro ácido contém cerca de 15% de proteína, a qual é altamente digestível se não passar por um tratamento térmico com temperatura muito elevada. É também excelente fonte de energia digestível para leitões porque contém aproximadamente 60% de lactose. Porém, devido ao fato de o suíno perder rapidamente a habilidade de digerir efetivamente a lactose com a idade, podem ocorrer distúrbios digestivos em animais mais velhos se incluído abruptamente em dietas líquidas ou se fornecido em níveis dietéticos mais elevados. O elevado conteúdo de sal pode resultar em toxicidade se não houver livre acesso do animal à água.

O soro de leite contém cerca de 30-35% de proteína e 5-6% de gordura com base na matéria seca. É um excelente sub-produto para se usar em sistemas de alimentação líquida por causa de seu alto valor protéico e energético.

Resíduos de panificação podem variar substancialmente quanto ao conteúdo de nutrientes dependendo do tipo de produto alimentício na mistura. Pão possui alto teor de energia mas pode exigir equipamento especial para remover a casca. Farinha de pão deve ser limitada a não mais do que 30% da ingestão de matéria seca para suínos. Biscoitos e bolachas contém altas quantidades de gorduras e açúcar, tornando-os excelente fonte de energia. Dependendo do tipo de produto de panificação, o conteúdo de sal pode ser relativamente alto e deve ser levado em consideração na formulação de suplementos alimentares líquidos.

O resíduo úmido contendo levedura de cervejaria contém cerca de 11-16% de matéria seca e contém leveduras ativas que podem provocar fermentação e espumabilidade adicionais. Ácidos orgânicos devem ser adicionados à este resíduo para se reduzir o pH e eliminar a levedura antes do envio à granja. Levedura de cerveja úmida é uma excelente fonte de proteína com alta digestibilidade e contém enzimas e co-fatores que beneficiam a saúde e o desempenho dos suínos. É geralmente adicionada em 2-5% em dietas de suínos mas pode ser utilizada para substituir até 80% da proteína se for economicamente viável. Pode se alcançar um bom desempenho do crescimento com a adição de levedura úmida às dietas, mas a resposta parece variar dependendo da fase de produção em que for usada. O fornecimento deste resíduo à matrizes em lactação pode causar diarreia em leitões na creche.

O açúcar líquido geralmente possui um conteúdo de matéria seca de aproximadamente 65% e é altamente energético, mas essencialmente desprovido de proteínas, vitaminas e minerais. Alto teor de açúcar pode causar distúrbios digestivos em suínos e, portanto, deve-se limitar a não mais do que 5% da dieta.

Sub-Produtos Líquidos da Indústria de Etanol

A produção de biocombustíveis, particularmente o etanol, está expandindo rapidamente ao redor do mundo em resposta à necessidade de se reduzir a dependência do petróleo e favorecer o meio ambiente. Nos E.U.A., a maioria do etanol é produzido por destilarias com processamento de moagem a seco, utilizando o processo mostrado na Figura 1. Os sub-produtos destas destilarias incluem os resíduos de destilaria secos e úmidos, resíduos de destilaria secos e úmidos com solúveis, “torta úmida” modificada (uma mistura de resíduos de destilaria com solúveis com 50% de umidade) e resíduos de destilaria condensados. Aproximadamente 30% dos resíduos de destilarias são comercializados como sub-produtos líquidos para uso em operações com gado de corte e leite localizadas próximas das destilarias. Os 70% restante são secos (DDGS) e comercializados nacionalmente ou internacionalmente para uso em rações de gados de corte e leite, suínos e aves. Alternativamente, a o processamento com moagem úmida é também realizado para produzir etanol e este processo envolve a separação de componentes do grão de milho antes da fermentação, como mostrado na Figura 2. Os sub-produtos resultantes são farinha de gluten de milho, gluten de milho, farinha de gérmen e extrato fermentado condensado (“condensed fermented extractive”). A água de conzimento do milho (“corn steep water”) é um sub-produto líquido que é outro interessante ingrediente para se utilizar nos sistemas de alimentação para suínos.

Destilarias de etanol preferem comercializar seus sub-produtos na forma líquida devido aos crescentes custos dos combustíveis e aos desafios associados com a secagem dos solúveis condensados. Por outro lado, os produtores de suínos dos E.U.A. estão à procura de modos de reduzir os custos de alimentação devidos aos custos sem precedentes dos ingredientes de rações. Como resultado, os produtores de suínos norte-americanos estão começando a utilizar os sistemas de alimentação que empregam os sub-produtos líquidos da indústria do etanol relativamente mais baratos.

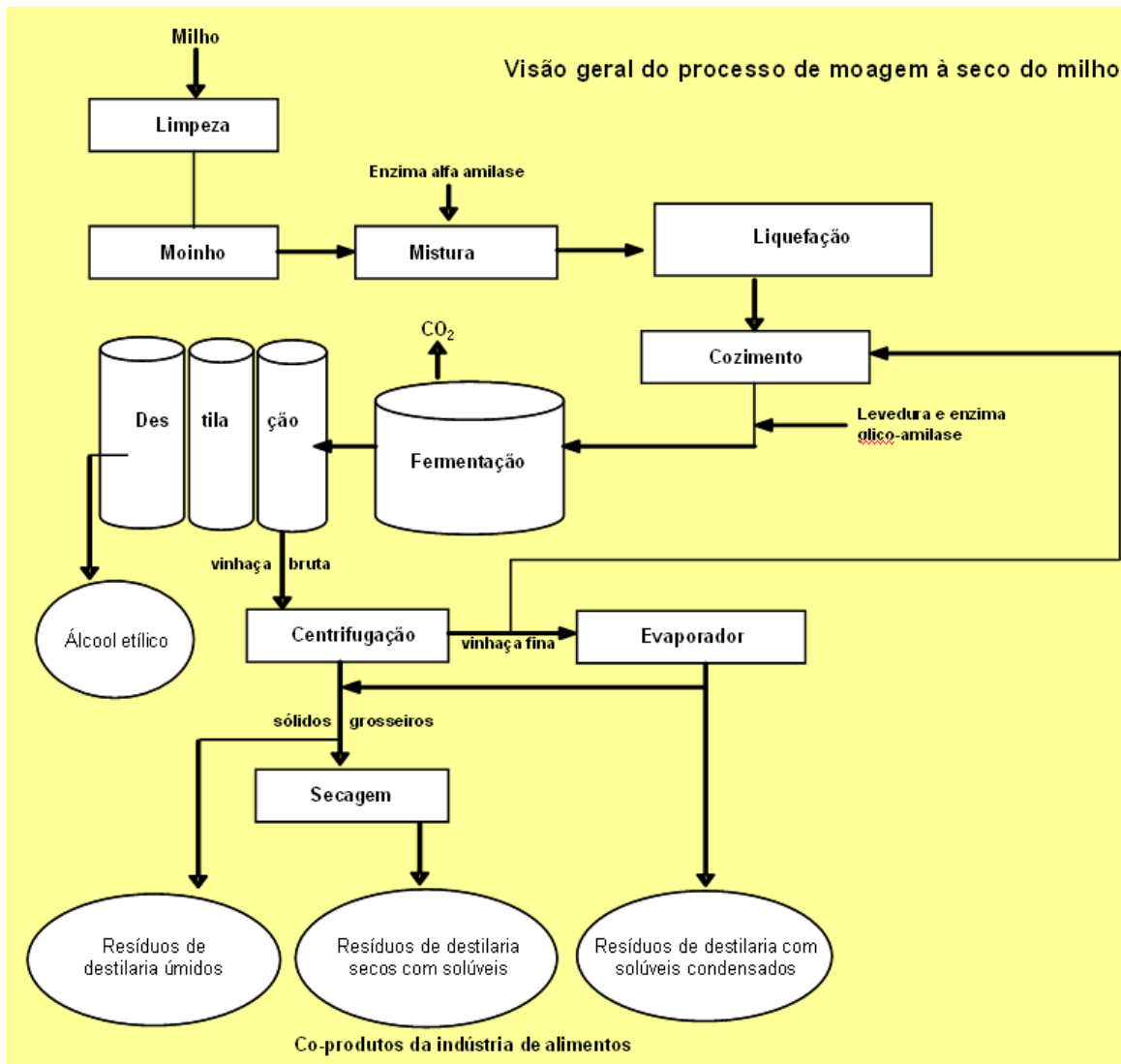


Figura 1. O Processo de Moagem a Seco da Produção de Etanol e Resíduos de Destilarias.

Os dois sub-produtos úmidos da indústria do etanol que tem sido avaliados para uso na alimentação líquida de suínos são os resíduos de destilaria solúveis condensados (“condensed distillers solubles”, CDS) e a água de cozimento do milho (“corn steep water”, SW) (de Lange et al., 2006). Braun e de Lange (2004) analisaram a composição nutricional do CDS de amostras colhidas em granjas comerciais que utilizaram sistemas de alimentação líquida em 2003 e os resultados são apresentados na Tabela 1. O armazenamento do CDS por pelo menos um dia na granja, sem controle da fermentação, resultou em um aumento na concentração de ácidos acético, propiônico e láctico, os quais contribuíram para um ligeiro decréscimo no pH. Como mostrado na Tabela 2, a SW possui teor substancialmente mais elevado em proteína bruta, cinzas, fósforo e ácido láctico do que o CDS. Contudo, aproximadamente 80% do fósforo nesta SW está ligado ao fitato e é inutilizável pelo suíno, a não ser que a enzima fitase seja adicionada para

melhorar a digestibilidade. Além do mais, este resíduo possui menos energia do que o CDS devido ao baixo teor de gordura.

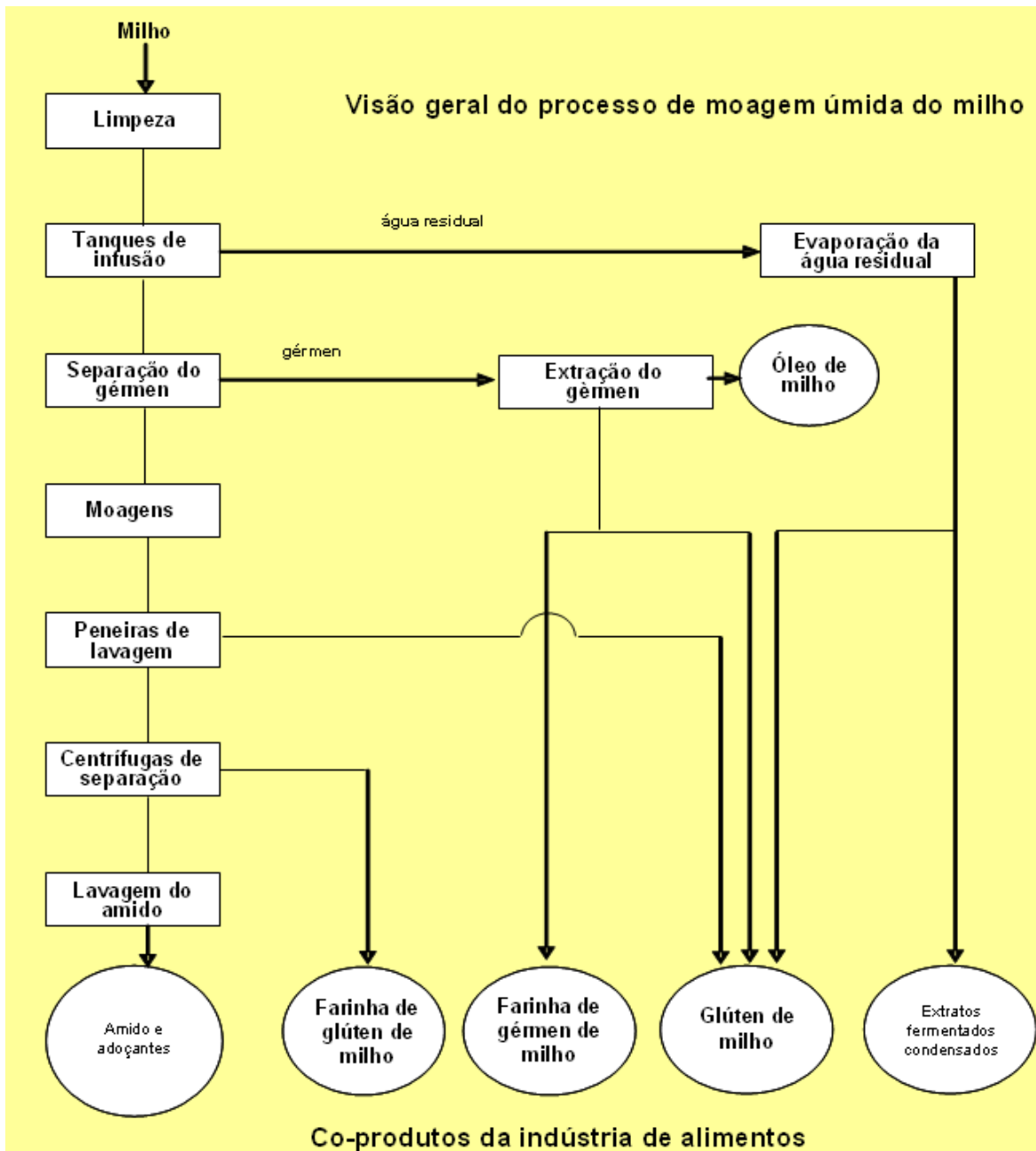


Figure 2. O Processo de Moagem Úmida da Produção de Etanol do Milho e Resíduos de Destilarias.

Tabela 1. Composição nutricional (total, média, desvio padrão e amplitude) de amostras de resíduos de destilaria solúveis condensados (CDS) colhidas em granjas comerciais em Ontário, Canadá (base em 100% MS).

Nutriente	CDS fresco	CDS armazenado
No. amostras	5	5
Matéria seca, %	30,5 ± 0,58 (29,7-31,1)	27,2 ± 3,58 (22,5-31,2)
Proteína bruta, %	22,3 ± 1,28 (20,8-24,1)	25,2 ± 1,63 (23,5-27,8)
Lipídios, %	18,9 ± 1,36 (17,4-20,9)	22,4 ± 1,23 (20,7-23,7)
Cinzas, %	8,4 ± 0,59 (7,8-9,1)	10,0 ± 1,09 (9,0-11,8)
Ca, %	0,04 ± 0,01 (0,02-0,06)	0,06 ± 0,01 (0,04-0,07)
P, %	1,43 ± 0,12 (1,25-1,58)	1,64 ± 0,15 (1,47-1,85)
Na, %	0,21 ± 0,04 (0,15-0,27)	0,21 ± 0,03 (0,18-0,25)
pH	3,7 ± 0,2 (3,5-3,9)	3,5 ± 0,1 (3,4-3,6)
Ácido acético, %	0,11 ± 0,02 (0,08-0,13)	1,66 ± 1,67 (0,32-4,53)
Ácido propiônico, %	0,63 ± 0,10 (0,50-0,76)	0,88 ± 0,27 (0,69-1,33)
Ácido butírico, %	0,01 ± 0 (0,01-0,01)	0,01 ± 0,01 (0,01-0,01)
Ácido láctico, % ¹	9,8	15,4
Polissacarídeos não-amiláceos totais, %	6,1 ± 0,2 (5,9-6,3)	5,5 ± 1,2 (3,5-6,7)
Amido, %	9,9 ± 2,0 (7,7-12,2)	6,8 ± 1,1 (5,1-7,9)
Açúcares totais, %	3,5 ± 0,3 (3,2-4,0)	1,2 ± 1,2 (0-2,7)

¹Ácido láctico foi determinado a partir de pool de amostras.

Fonte: Braun and de Lange (2004)

Tabela 2. Composição nutricional da água residual do cozimento do milho (base em 100 % MS).

Nutrient	SW
No. samples	3
Dry matter, %	45
Crude protein, %	50
Crude fat, %	0.5
Ash, %	18.0
K, %	5.0
P, %	3.3 (~ 80% bound in phytate)
Mg, %	1.5
pH	4.3
Lysine, %	2.0
Lactic acid, % ¹	20.0

¹Ácido láctico foi determinado a partir de pool de amostras.

Fonte: Niven et al. (2006)

Um dos desafios enfrentados ao se adicionar o CDS à alimentos líquidos é a subestimação dos efeitos negativos sobre a palatabilidade (de Lange et al., 2006). Porém,

quando o pH inicial foi padronizado em 6.0 e o *Lactobacillus acidophilus* e o *Bacillus subtilis* foram utilizados como inoculantes, o pH caiu e o ácido lático e outros ácidos graxos voláteis foram produzidos, resultando em um alimento mais palatável (de Lange et al., 2006). Squire et al. (2005) forneceram dietas contendo 0, 7, 15 e 22,5% de CDS para suínos em crescimento e mostraram que a palatabilidade do alimento foi reduzida quando mais de 15% de CDS foi incluído na dieta. Fornecendo o CDS não fermentado na dieta resultou em redução na taxa de crescimento, consumo de ração e conversão alimentar em comparação com suínos alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja, enquanto o desempenho do crescimento dos suínos tratados com o CDS fermentado não foi diferente dos suínos alimentados com a dieta controle (Tabela 3). A digestibilidade da proteína e da energia foram reduzidas quando se utilizam dietas contendo CDS fermentado em comparação com dietas contendo CDS não fermentado ou dietas controle. Contudo, a digestibilidade da gordura das dietas contendo CDS fermentado ou não é maior que a observada para a dieta controle. Neste estudo, somente os suínos das dietas controle e CDS não fermentado foram alimentados até o peso de abate. A alimentação com o CDS não fermentado resultou em rendimento de carcaça, espessura de toucinho, área de olho de lombo e rendimento de carne magra semelhantes àqueles observados aos animais alimentados com a dieta controle, indicando que uma qualidade de carcaça aceitável pode ser alcançada quando se utiliza o CDS não fermentado na alimentação líquida de suínos em crescimento-terminação. É importante notar que o pH do lombo foi maior nos animais alimentados com CDS em comparação com os animais alimentados com a dieta controle, o que provavelmente resultou em uma tendência em reduzir a perda por gotejamento. A redução da perda por gotejamento é um benefício significativo para os processadores de carne.

Tabela 3. Desempenho de crescimento, digestibilidade de nutrientes e qualidade de carcaça de suínos alimentados com dietas contendo milho e farelo de soja com resíduos de destilaria solúveis condensados fermentados ou não fermentados com 15% de matéria seca.

	Controle	CDS não fermentado	CDS fermentado
No. de baias	6	6	6
Peso inicial, kg	23,5	23,3	23,4
Peso final, kg	50,1 ^a	47,5 ^b	48,6 ^{ab}
Ganho de peso diário, g/d	952 ^a	858 ^b	898 ^{ab}
Consumo diário, kg/d ¹	1,62 ^a	1,49 ^b	1,61 ^a
Consumo:ganho ¹	1,70	1,73	1,80
Digestibilidade de energia, %	81,6 ^{ab}	82,5 ^a	79,9 ^b
Digestibilidade de proteína, %	72,5 ^a	73,2 ^a	69,3 ^b
Digestibilidade de gordura, %	80,9 ^b	85,4 ^a	85,4 ^a
Peso final, kg	106,5	107,0	
Redimento de carcaça, %	82,1	82,6	
Espessura de toucinho, mm	16,6	17,1	
Profundidade de lombo, mm	54,3	53,7	
Rendimento de carne magra, kg	61,1	60,9	

pH de lombo	5,74 ^b	5,80 ^a	
Perda por gotejamento, %	9.63	8.83	

[†] Base na material seca

^{a,b} Médias dentro da mesma linha com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0.05$).

Fonte: de Lange et al. (2006)

Niven et al. (2006) relataram resultados de um estudo preliminary que mostrou que a taxa de crescimento e a conversão alimentar forma numericamente melhorados quando os suínos foram alimentados com dietas líquidas contendo 5% de SW, mas a adição de 10% de SW reduziu numericamente o desempenho dos suínos. Em um segundo estudo, mais amplo, de Lange et al. (2006) mostraram que o ganho de peso médio, o consumo médio diário de ração e a relação consumo:ganho de peso não foram significativamente afetados quando os animais foram alimentados com dietas líquidas contendo 0, 7,5 ou 15% de SW tratada com fitase, mas a adição de 22,5% de SW resultou em redução do desempenho (Tabela 4). Não foram observados efeitos significativos para o percentual de inclusão dietético de SW sobre o peso da carcaça, profundidade de lombo, espessura de toucinho e rendimento de carne magra.

Tabela 4. Desempenho de crescimento e características de carcaça de suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de água residual de cozimento do milho(SW) contendo fitase.

	Inclusão de SW			
	0%	7,5%	15%	22,5%
No. de baias	4	4	4	4
Peso inicial, kg	69,1	68,8	68,8	69,3
Peso final, kg	108,3	104,6	107,7	103,1
Ganho de peso médio, g/d	1191 ^a	1080 ^a	1063 ^a	899 ^b
Consumo médio, kg/d	2,76 ^a	2,49 ^{ab}	2,58 ^{ab}	2,29 ^b
Consumo:ganho	2,33 ^a	2,30 ^a	2,42 ^{ab}	2,55 ^b
Peso de carcaça, kg	86,3	82,7	83,4	80,5
Profundidade de lombo, mm	58,2	58,9	56,4	58,3
Espessura de toucinho, mm	18,1	18,7	18,0	17,1
Rendimento de carne magra, %	60,3	60,3	60,5	60,1

^{a,b} Médias dentro da mesma linha com diferentes sobrescritos são diferentes ($P < 0.05$).

Fonte: de Lange et al. (2006)

Em síntese, os resultados do fornecimento de dietas contendo 15% de resíduos de destilaria solúveis de condensados do milho fermentados são comparáveis àqueles obtidos quando se fornece dietas líquidas a base de milho e farelo de soja típicas, mas o uso de dietas contendo 15% destes resíduos não fermentados podem resultar em redução do desempenho devido à redução na palatabilidade. Porém, o uso destas dietas líquidas contendo 15% destes resíduos não fermentados resultam em composição de carcaça semelhante em comparação com as dietas líquidas típicas. Da mesma forma, o

fornecimento de até 15% de água residual de cozimento do milho em dietas líquidas à base de milho e farelo de soja resulta em desempenho aceitável e composição de carcaça comparável àqueles observados com o uso de dietas típicas à base de milho e farelo de soja. Os resíduos de destilaria solúveis condensados e a água residual do cozimento do milho podem ser utilizados com sucesso nos sistemas de alimentação líquida para suínos em crescimento e terminação para se alcançar desempenho satisfatório e qualidade de carcaça com uma substancial redução de custos.

Referências

Braun, K. and K. de Lange. 2004. Liquid swine feed ingredients: Nutritional quality and contaminants. Proc. ANAC Eastern Nutrition Conference, May 11-12, 2004, Ottawa, Ontario, Canada. 17 pp.

Brooks, P.H., J.D. Beal, and S. Niven. 2001. Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. Recent Adv. Anim. Nutr. 13:49-63.

Canibe, J. and B.B. Jensen. 2003. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: effects on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. J. Anim. Sci. 81:2019-2031.

de Lange, C.F.M, C.H. Zhu, S. Niven, D. Columbus, and D. Woods. 2006. Swine liquid feeding: Nutritional considerations. Proc. Western Nutrition Conference, Winnipeg, MB, Canada. P. 1-13.

Demeckova, V., D. Kelly, A.G. P. Coutts, P.H. Brooks, and A. Campbell. 2001. The effect of fermented liquid feeding on the fecal microbiology and colostrum quality of farrowing sows. Int. J. Feed Micro. 79:85-97.

Geary, T.M., P.H. Brooks, D.T. Morgan, A. Campbell, and P.J. Russell. 1996. Performance of weaner pigs fed *ad libitum* with liquid feed at different dry matter concentrations. J. Sci. Food Agric. 72:17-24.

Geary, T.M., P.H. Brooks, J.D. Beal, and A. Campbell. 1999. Effect on weaner pig performance and diet microbiology of feeding a liquid diet acidified to pH 4 with either lactic acid or through fermentation with *Pedicoccus acidilactici*. J. Sci. Food Agric. 72:17-24.

Jensen, B.B. and L.L. Mikkelsen. 1998. Liquid feeding diets to pigs. In: Recent Advances in Animal Nutrition. P.C. Garnsworth and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press. Nottingham. pp. 107-126.

Lawlor, P.G., P.B. Lynch, G.E. Gardiner, P.J. Caffrey, and J.V. O'Doherty. 2002. Effect of liquid feeding weaned pigs on growth performance to harvest. J. Anim. Sci. 80:1725-1735.

Mroz, Z. 2003. Organic acids of various origin and physio-chemical forms as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. In: VX International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. R.O. Ball, ed. May 14-17, Banff, Alberta, Canada. Vol. 1 pp. 267-293.

- Niven, S.J., C. Zhu, D. Columbus, and C.F.M. de Lange. 2006. Chemical composition and phosphorus release of corn steep water during phytase steeping. *J. Anim. Sci.* 84(Suppl. 1).
- Pedersen, A.O., N. Canibe, I.D. Hansen, and M.D. Aaslyng. 2002. Fermented Liquid feed for Finishers – Pelleted Feed. The National Committee for Pig Production, Copenhagen, Denmark. Vol. 1.
- Russell, P.J., T.M. Geary, P.H. Brooks, and A. Campbell. 1996. Performance, water use and effluent output of weaner pigs fed ad libitum with either dry pellets or liquid feed and the role of microbial activity in the liquid feed. *J. Sci. Food Agric.* 72:8-16.
- Scholten, R.H., C.M. van der Peet-Schwering, M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, J.W. Schrama, and P.C. Vesser. 1999. Fermented co-products and fermented compound diets for pigs: A review. *Anim. Feed sci. Technol.* 82:1-19.
- Simon, O., W. Vahjen, and L. Scharck. 2003. Micro-organisms as feed additives – Probiotics. In: VX International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. R.O. Ball ed., May 14-17, Banff, Alberta, Canada. Vol. 1 pp. 295-318.
- SLFA (Swine Liquid Feeding Association, 2007). www.slfa.ca
- Squire, J.M., C.L. Zhu, E.A. Jeaurond, and C.F.M. de Lange. 2005. Condensed corn distiller's solubles in swine liquid feeding: growth performance and carcass quality. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 1):165.
- Van Winsen, R.L., B.A.P. Urlings, L.J.A. Lipman, J.M.A. Snijders, D. Keuzenkamp, J.H.M. Verheijden, F. Van Knapen. 2001. Effect of fermented feed on the microbial population of the gastrointestinal tracts of pigs. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:3071-3076.