

APLICAÇÕES DOS ÁCIDOS ORGÂNICOS NA PRODUÇÃO DE AVES DE CORTE¹

Claudio Bellaver ² e Gerson Scheuermann ³

1. Introdução

A globalização da avicultura tem ocasionado mudanças importantes na produção de frangos. O comércio internacional de produtos finais vem acompanhado da crescente influência da opinião pública, a qual é formada por pressão de grupos organizados, televisão, acesso à Internet entre outros aspectos. São conhecidas as necessidades de consumo da Europa, Japão e países árabes e a influência que causam nos aspectos relativos a produção de frangos, tais como: o não uso de antibióticos promotores de crescimento, sem uso de drogas restritivas na produção (e.g. nicarbazina, nitrofuranos), com restrições ao uso de material derivado de OGM, ou ainda, com abate orientado para crenças religiosas. Muitas vezes a pressão que ocorre é do próprio cliente ou de ONGs, os quais tem forçado as redes de *fast-food* e supermercados de bandeira transnacional a optarem para suas necessidades de consumo (e.g. nicho orgânico, sem antibióticos). É paradoxal o fato de que o sucesso da indústria avícola, ao mesmo tempo traz conseqüências de excesso de oferta, fazendo com que se reduzam os preços internacionais da carne, que como conseqüência, traz a necessidade de aumento da produtividade e que vem sempre acompanhada da necessidade de menores custos de produção. Para redução de custos e aumento da eficácia econômica é imprescindível o uso de tecnologias modernas, nas quais os insumos que melhoram a produtividade devem ser usados. Os antibióticos e quimioterápicos foram por muito tempo utilizados com finalidades profiláticas e melhoradores do desempenho animal, cujos resultados podem ser comprovados na revisão de Cromwell (1999) (Tabela 1). Porém, em função das tendências de consumo, voltadas para satisfazer a necessidade de alimentos seguros com menores riscos à saúde humana, os antibióticos devem ser completamente banidos da Europa em Janeiro de 2006 para uso como promotores do crescimento.

Na retirada dos antibióticos com finalidade não terapêutica deve-se avaliar as opções que existem como alternativas e que podem ser: *a)* estabilização da flora intestinal normal (e.g. pré e probióticos); *b)* redução da carga bacteriana no trato digestivo (e.g. ácidos orgânicos); *c)* melhoria da vitalidade dos enterócitos e vilos (e.g. ácidos orgânicos em vitaminas); *d)* redução da ingestão de substâncias imunossupressoras como micotoxinas (e.g. sequestrantes, alumino-silicatos); *e)* otimização da digestão (e.g. enzimas, extratos herbais); *f)* controle efetivo da Coccidiose. As alternativas devem considerar também que os produtos substitutivos precisam ser seguros, efetivos, baratos e fáceis de usar, sem descuidar-se que há necessidade de melhoria do manejo geral da produção nos aspectos de climatização, higiene das instalações, adequado suprimento de nutriente nas dietas, compra de material genético de incubatórios certificados com programas mínimos de saúde aviária. No caso dos ácidos orgânicos há um efeito antibacteriano específico à

¹ Palestra apresentada na Conferencia AVISUI 2004. Florianópolis SC

² Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Méd. Veterinário, PhD

³ Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves,

semelhança dos antibióticos, principalmente para ácidos orgânicos de cadeia curta, sendo particularmente efetivos contra *E. coli*, *Salmonella* e *Campylobacter* (Dibner e Buttin, 2002; Ricke, 2003).

Segundo Adams (1999) as funções dos ácidos orgânicos são variadas e amplas, nem todas relacionadas à nutrição. Produzem acidez, a qual por sua vez age como flavorizante e também retarda a degradação enzimática. Atuam como agentes quelantes que se ligam a metais formando os quelatos metálicos, os quais previnem ou reduzem a oxidação oriunda da catálise dos metais-ions. Agem diretamente como fortes inibidores do crescimento microbiano podendo ter uso na preservação de grãos e rações, sanitização da carne e como aditivo promotor de crescimento na ração. Muitas vezes há falta de consistência nos resultados dos ácidos orgânicos devido à falta de controle das variáveis intervenientes, tais como: pH do trato digestivo, capacidade tampão dos ingredientes da dieta, presença de outros antimicrobianos na dieta, condição higiênica do ambiente produtivo e heterogeneidade da flora intestinal (Dibner e Buttin, 2002; Ricke, 2003) e resistência inerente dos microrganismos às substâncias químicas estressantes, como os ácidos orgânicos (Davidson (2001) e Archer (1996) citados por Ricke, 2003).

2. Preservação de grãos e rações

Os ácidos orgânicos tem sido usados para preservar grãos de cereais contendo alta umidade e como preventivo de fungos nos alimentos (Dixon e Hamilton, 1981). Porém, a redução da incidência de Salmonela na produção de frangos e na descontaminação das rações é dependente do nível de contaminação inicial, do tipo de aditivo químico utilizado e de sua concentração e do manejo empregado para sua utilização. Uma consideração importante feita por Duncan e Adams (1972), é que a efetividade dos ácidos orgânicos para reduzir contaminação em rações é baixa devido a menor atividade em rações secas, exercendo melhor suas funções após a ingestão e hidratação no sistema digestivo. Albuquerque et al. (1998), verificaram que não há redução da contaminação por Salmonela de rações secas pela utilização de ácidos orgânicos de cadeia curta. Porém, houve efetividade do tratamento com uma mistura de ácidos orgânicos (fórmico e propiônico) na ração, reduzindo a transmissão horizontal de bactérias altamente patogênicas, como a *Salmonella gallinarum* (Berchieri e Barrow, 1996).

3. Acidificação da cama de aviário

O pH, temperatura, deficiência na ventilação e umidade da cama criam condições ambientais favoráveis que suportam o desenvolvimento bacteriano e aumento da população de cascudinho negro. Além dos patógenos que podem causar doenças, certas bactérias benignas podem utilizar-se através de seus complexos enzimáticos o ácido úrico e produzir amônia. Níveis de 40-70 ppm de amônia são deletérios e podem reduzir o crescimento, sendo recomendado que não excedam a 25 ppm. Embora sendo um ácido inorgânico, o H_2SO_4 concentrado foi usado no tratamento granular de um composto a ser adicionado na cama de aviário, sendo obtido um efeito benéfico na melhoria do ganho de peso, conversão alimentar, qualidade de carcaça e na redução do cascudo escuro na cama, devido à redução do pH e controle

da amônia (McWard e Taylor, 2000). Resultados na mesma linha de acidificação da cama de aviário foram reportados por Line (2002), que conclui que a acidificação contribui para reduzir a população de *Campylobacter* e diminuir a transmissão horizontal de patógenos.

Pode-se inferir que uma nebulização inicial sobre a cama, com ácidos inorgânicos ou orgânicos, na dependência de seus preços e das suas características e a posterior incorporação de ácidos orgânicos na dieta, resulta numa combinação de ácidos inorgânicos e resíduos de ácidos orgânicos excretados pelos frangos sobre a cama, os quais devem reduzir a população de micróbios, com conseqüente melhoria na performance dos frangos. Entretanto, Bolton e Dewar (1964) sugerem que os ácidos propiônico e acético encontrados na excreta sejam produtos da fermentação bacteriana ocorrida após a excreção.

4. Sanitização da carne

A sanitização das carcaças não deve ser utilizada como forma de mascarar as falhas higiênicas que possam ocorrer durante a criação e o abate dos animais, como também no processamento das carcaças. As condições higiênicas das rações e dos criadouros também podem ter influência decisiva na incidência desses microrganismos em carnes. Portanto, a sanitização das carcaças de aves pode ser utilizada em complementação às boas práticas de produção animal, visando reduzir ainda mais a presença de microrganismos patogênicos na carne. Entre os métodos para aumentar o tempo de conservação da carne resfriada está a utilização de ácidos orgânicos. O método consiste em aplicar, por jato ou banho, ácidos orgânicos naturais dissolvidos na água aumentando assim a vida útil das carcaças (Tecnologia, 1998). O aumento da vida-de-prateleira da carne resfriada deve-se a redução da contaminação pela microbiota presente na parte externa, coberta por penas, pêlos, cerdas, e a parte interna, onde se localiza o trato digestivo. A maioria dos microrganismos que alteram a carne fresca são bactérias aeróbias mesófilas e algumas delas são causadoras de toxinfecções alimentares. Entre esses microrganismos podem ser incluídos *Salmonella* spp., *Clostridium botulinum*, *C. perfringens*, *Campylobacter* spp., *Escherichia coli* enterohemorrágica, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*.

Em todos os tratamentos que foram realizados pela aspensão das soluções de ácidos acético, láctico ou cítrico a 1 ou 2 % (v/v), houve redução da contagem total de bactérias encontradas na superfície das carcaças de frango (Silva et al. 2001). Na revisão feita por esses autores, entende-se que o ácido láctico exerce tanto efeito bactericida, imediatamente após a sua aplicação, como efeito bacteriostático, de ação prolongada, na extensão da vida-de-prateleira da carne. Miller et al. (1993), citados por Adams (1999), mostram alguns ácidos orgânicos com diferentes concentrações e seus efeitos sobre a produção de toxina botulínica em carne de peru inoculadas com *C. botulinum* (Tabela 2). Há que se considerar entretanto, que os ácidos orgânicos (acético, cítrico, láctico, málico, mandélico, ou tartárico) com exceção do propiônico, decrescem o brilho e vermelho e aumentam o amarelo da pele, quando usados no *chiller* (Bilgili et al. 1998).

Outra forma de reduzir a contaminação das carcaças é pela administração de ácido láctico na água durante o período de retirada de ração imediatamente antes do abate (Byrd et al. 2001). Nesse período, a possibilidade de ingestão de excreta

(coprofagia) aliada à redução significativa da acidez do papo, pela falta de alimento, possibilita o aumento da contaminação bacteriana e que pode ser efetivamente diminuída pela acidificação da água de beber com 0,5% de ácido láctico. Os ácidos orgânicos são referidos como acidulantes em alimentos humanos ou acidificantes em rações, sendo amplamente usados como agentes antimicrobianos com capacidade de preservação da carne (Adams, 1999).

5. Utilização dos ácidos orgânicos nas dietas das aves

O procedimento de adicionar ácidos orgânicos nas dietas tem sido empregado em dietas de leitões há mais de uma década, como por exemplo, os trabalhos de Giesting et al. (1991), com ácido fumárico e bicarbonato e de Krause e Easter (1994), com ácidos fumárico, málico, cítrico e uma base inorgânica. Atualmente pode ser considerado como uma prática comum nas dietas para leitões (Adams, 1999). Para o uso de ácidos orgânicos em dietas de frangos há necessidade de *adaptações*, visto que existem diferenças anatômicas e fisiológicas essenciais nos sistemas digestivos das aves. Devem ser considerados os aspectos ligados aos menores comprimento e tempo de passagem do alimento no trato digestivo das aves, a maior capacidade secretória de pepsinogênio e ácido clorídrico no proventrículo (Long, 1967, citado por Rutz, 1994), a atividade das enzimas desde o primeiro dia de vida (Protected, 2004) e ainda devido à capacidade de refluxo de alimentos para adicioná-los de doses extras de enzimas e ácido clorídrico (Klasing, 1998). Diferentemente dos mamíferos, o HCl e o pepsinogênio são ambos secretados pelas glândulas exócrinas principais do proventrículo (Rutz, 1994). Uma vez que em aves a acidificação é feita naturalmente a partir do primeiro dia de idade, a estratégia da acidificação deve ser fornecer uma concentração adequada de ácido orgânico visando acidificar para reduzir a microbiota patogênica do trato digestivo até a fase final de produção (e.g. 42 dias), utilizando-se ainda dos efeitos adicionais, como proposto a seguir em modos de ação dos ácidos orgânicos.

5.1. O que são e onde atuam os ácidos orgânicos nas aves?

Ácidos orgânicos são substâncias que contêm uma ou mais carboxilas em sua molécula Hart e Schuetz citados por Penz et al. 1993. Nessa classificação podem ser incluídos os aminoácidos e os ácidos graxos. Em geral, quando o termo *ácido orgânico* é empregado na produção animal, refere-se aos ácidos fracos, de cadeia curta (C1-C7) (Dibner e Buttin, 2002) que produzem menor quantidade de prótons por molécula ao se dissociarem. Por serem expressos logaritmicamente, uma unidade de pH acima do pKa de um ácido, indica que 90% do ácido encontra-se na forma não dissociada e, com 2 unidades de pH acima do pKa, 99% do ácido estará não dissociado. Isso é particularmente importante no processo digestivo, pois na dependência do pH dos compartimentos digestivos haverá ação ou não do ácido em questão.

Em aves, as bactérias patogênicas (e.g. *Salmonella*) atingem o trato digestivo após vencerem a barreira do papo (inglúvio). A existência de um ambiente ácido com pH baixo no papo é muito importante para impedir ou diminuir a colonização de patógenos no trato digestivo. A quantidade alta de *Lactobacillus* e pH baixo no papo têm mostrado reduzir a ocorrência de *Salmonella* (Hinton et al., 2000). O efeito antibacteriano tem efeito maior na parte anterior do trato digestivo, sendo que no

trabalho de Thompson e Hinton (1997), houve recuperação dos ácidos fórmico e propiônico principalmente no papo e moela, mostrando maior ação nesses compartimentos. Isso confirma o trabalho de Bolton e Dewar (1964) que mostra que os ácidos acético, propiônico e butírico usados no nível de 2,5% na forma de sais de cálcio, são completamente digeridos antes do divertículo de Meckel. Foi visto também que apenas uma pequena porção de ácido propiônico da dieta alcança os cecos e final trato digestivo (Hume et al., 1993).

5.2. Modo de ação dos ácidos orgânicos

As razões que fazem com que os ácidos orgânicos tenham influencia nutricional em frangos estão associadas à produção insuficiente de HCl para dietas de alta capacidade tamponante (alta proteína e macroelementos) e também devido à carga microbiana atuante sobre os animais. Por isso, segundo Eidelsburger (2001), os ácidos orgânicos atuam pelos seguintes mecanismos: *a*) efeito antimicrobiano nos alimentos em si e, cuja concentração ótima, para higienizar os alimentos, é menor do que a necessária para acidificar o trato digestivo; *b*) pela diminuição do pH na parte inicial do trato digestivo e conseqüentes efeitos sobre a produção de pepsina e na digestão, bem como pela ação bactericida e bacteriostática na microflora (bactérias, fungos e leveduras) do trato digestivo. A ação antimicrobiana se dá porque o ácido diminui a capacidade de aderência da bactéria com fimbria à parede intestinal, tendo ainda forte capacidade de desnaturação sobre as proteínas; *c*) pela sua capacidade aniônica tamponante com cátions das dietas (Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Cu^{++} , Zn^{++}), aumentando a digestibilidade e retenção desses elementos e *d*) pela utilização da energia do ácido no metabolismo demonstrado por Hume et al. (1993) com ácido propiônico.

Entretanto, para Corlett Jr. e Brown (1980), citados por Silva et al. (2001), a ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos na higienização de carnes resulta de sua ação lipofílica, durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do microrganismo, acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes. Para Adams (1999) a eficácia dos ácidos orgânicos puros ou combinados é o resultado da concentração, pKa e da capacidade de quelação dos ácidos. Segundo o autor os ácidos orgânicos tem sido considerados como responsáveis pela quebra no metabolismo de aminoácidos, síntese do DNA e metabolismo energético dos microrganismos. Os ácidos diminuem o pH intracelular e podem causar alteração na permeabilidade da membrana com o bloqueio do substrato do sistema de transporte de elétrons. Os ácidos lipofílicos fracos como láctico, acético ou propiônico são capazes de passar através da membrana celular de microrganismos em seu estado não dissociado e dissociam-se no interior da célula, produzem íons H^+ que diminuem o pH da célula. As células reagem eliminando os prótons tentando manter o pH constante e esse mecanismo faz com que o gasto energético seja maior, reduzindo o crescimento celular microbiano. Por sua vez os ânions RCOO^- do ácido, impedem a síntese de DNA fazendo com que a proteína não se replique (Nursey, 1997), citado por Choct (2004).

5.3. Anions e sais de ácidos orgânicos

Eidelsburger (2001), com base no trabalho de Kirchgessner e Roth (1987), define que a maior parte do efeito nutricional dos ácidos orgânicos em suínos, acontece devido à influência do anion ácido sobre a microflora intestinal. Similarmente o efeito que pode ser conseguido pelos sais de ácidos orgânicos é dado pelo anion do ácido orgânico. É possível determinar a proporção atribuída ao anion ácido dentro do efeito geral dos ácidos orgânicos estudando os ácidos e seus sais (e.g. ácido fórmico e sais como, formato de Ca ou Na), com igual quantidade fornecida de anions ácidos em ambos os casos. Em um estudo com uso de 1,2 % de ácido fórmico e 1,8% de formato de sódio, obteve-se para o formato, uma resposta no ganho de peso e eficiência alimentar de aproximadamente metade da resposta do ácido fórmico. Já a resposta foi praticamente igual na redução de bactérias do duodeno de leitões com base no equivalente formato proporcionado pelo ácido ou pelo sal do ácido.

Assim, se a quantidade de anions de ácidos orgânicos é importante para eficiência do ácido, aqueles com menor peso molecular (eg. fórmico, propiônico) tem maior efeito nutricional do que ácidos orgânicos com peso molecular maior (eg. fumárico, cítrico), conforme indicado por Eidelsburger (2001) na Tabela 3. É importante no entanto, ressaltar que a dieta pode ter um valor tamponante alto (mais bases) e podem diminuir a ação dos ácidos na medida em que as dietas variam na composição de seus ingredientes (Dibner e Buttin, 2002). O efeito obtido com ácidos orgânicos não é observado quando do uso de ácidos inorgânicos e a razão disso, pode ser o fato de que os anions inorgânicos (eg. cloreto, sulfato, fostato) não tem influencia positiva no processo de digestão no intestino.

5.4. Resultados com ácidos orgânicos puros ou misturados

A seguir são apresentados alguns resultados obtidos com aves quando da utilização de ácidos orgânicos misturados ou puros.

5.4.1. Mistura de ácidos orgânicos

Uma mistura de ácidos fumárico (0,5%), láctico (5,1%), cítrico (5,4%) e ascórbico (1,2%) foi utilizada por Maiorka et al. (2002) nas fases preinicial e inicial de frangos na proporção de 0,05% da dieta, não tendo proporcionado melhoria até os 21 dias de idade; havendo no entanto, melhoria na conversão a alimentar até os 7 dias pelo uso de ácidos orgânicos. A falta de efeito mais nítido de melhoria na performance pode ter sido devida ao baixo nível de adição à dieta.

Um composto de 45 % de ácido propiônico e 15% de ácido fórmico foi testada por Henrique et al. (1998) com frangos até os 42 dias de idade com inclusão de 0,05% na dieta tendo sido constatado a falta de efeito significativo sobre o performance e características de carcaça. Também não foram encontrados efeitos no performance quando avaliadas as fases de crescimento e total (40dias) de frangos recebendo 0,2% de uma mistura de 1:1 de ácidos fórmico e propiônico (Garcia et al.2000). Entretanto, uma mistura de 0,46% e 0,14% de ácidos propiônico e fórmico, respectivamente usada até 1,2% na dieta de galinhas promoveu ação bactericida em salmonelas no papo, podendo diminuir a colonização de bactérias no ceco (Thompson e Hinton, 1997).

Porém, para Waldroup *et al.* (1995) uma combinação de ácidos fórmico e propiônico (ratio ?) na concentração de 1% da dieta não oferece uma opção confiável para proteção da colonização nos cecos por *Salmonella typhimurium* em aves desafiadas oralmente.

A mistura de ácidos acético, benzóico, propiônico e sórbico ou, esses ácidos isoladamente, foram testadas por Dixon e Hamilton (1981) com a finalidade de impedir a atividade fúngica no milho ou ração em vários graus de umidade. Foi observado que na maior concentração de inibição testada (0,2%), o ácido sórbico, o propiônico, o benzóico e o acético pela ordem, inibiram a atividade microbiológica no milho ou ração contendo 35% de umidade.

et al. (2003) testaram níveis de 0 a 1,6% de inclusão de uma mistura de ácido láctico (80%), acético (10%) e orto-fosfórico (10%), em dieta de frangos alimentados em fases de 1 a 42 dias. As aves foram inoculadas com eimerias para simular condições de estresse e os resultados indicaram que a mistura usada 0,8% na fase inicial, 0,4% na fase de crescimento e 0,2% na fase final, promoveram melhoria no desempenho. Também foi verificado que a altura da vilosidade do jejuno proximal foi maior no tratamento com a mistura de ácidos orgânicos, e que em fêmeas o aumento foi ainda maior do que nos machos ($p \leq 0,04$). No jejuno distal houve efeito de tratamentos onde a mistura de ácidos promoveu o aumento significativo (0,0476) da altura da vilosidade do jejuno distal.

5.4.2. Ácido Fórmico

As propriedades químicas do ácido fórmico são mostradas na Tabela 4.

Uma combinação de ácido fórmico com ácido propiônico que resulte em 2% de inclusão na dieta de pintos de postura com 1 dia, reduziu a colonização por *Salmonella pullorum* no papo e cecos, bem como a excreção dessa bactéria, havendo também redução da mortalidade após 3 semanas de tratamento em aves experimentalmente desafiadas no terceiro dia com 104 UFC/ml/ave de *S. pullorum* (Al-Tarazi e Alshawabkeh, 2003). Níveis de 1% de ácido fumárico ou 1,45% de formato de Ca não tiveram efeito prejudicial no performance de frangos até os 42 dias, mas o efeito da redução de *Salmonella* na carcaça, com 0,36% de formato de Ca, obtido em um dos experimentos não foi confirmado para coliformes e microrganismos totais nos dois experimentos adicionais realizados por Izat *et al.* (1990b). Esses autores não mostraram as dietas, mas reportam o uso de 66 ppm de salinomicina, o que pode mascarar o efeito dos ácidos orgânicos, já que essa droga pode reduzir o número total de bactérias do trato digestivo.

Níveis testados de 0,5% a 1,2% de ácido fórmico mostraram que 0,9% desse ácido leva a uma completa redução de *enterobacteriaceae* nos alimentos com até 16% de umidade, após 3 dias, em temperatura ambiente; sendo que menores efeitos foram encontrados para os ácidos acético, propiônico e láctico (Vanderwal, 1979).

Uma combinação de 0,46% de ácido fórmico e 0,13% de ácido propiônico na dieta de aves SPF de 1 a 49 dias. Cerca de um terço das aves foram infectadas com *S. gallinarum* tendo sido encontrado que essa concentração diminuiu a transmissão de ave para ave, reduzindo a morbidade e mortalidade em relação ao controle sem uso de drogas e de ácidos orgânicos (Berchieri and Barrow, 1996).

O formato de cálcio foi testado por Patten e Waldroup (1988), tendo sido constatado que níveis acima de 0,72% na dieta conduzem a piora no desempenho das aves de corte.

5.4.3. Ácido Acético

As propriedades químicas do ácido acético são mostradas na Tabela 4.

Mizubuti et al. (1998) não encontraram nenhum efeito significativo ($P > 0,05$) nas características de carcaça de frangos de 1 a 42 dias de idade, com dietas contendo até 1% de ácido acético.

5.4.4. Ácido Propiônico

As propriedades químicas do ácido propiônico são mostradas na Tabela 4.

Cave (1984) estudaram em frangos níveis de inclusão de até 10% de ácido propiônico na ração, tendo encontrado diminuição linear do consumo não havendo efeito sobre o desempenho das aves. Izat et al. (1990a) testaram ácido propiônico tamponado até as concentrações de 0,8%, encontrando que não houve efeito no performance e que 0,4% usado continuamente nos últimos 7 dias de acabamento, reduzem o número de salmonelas nas carcaças após o processamento no chiller. A falta de efeito no desempenho pode estar relacionada com a concentração e o tamponamento do ácido, cujo pH foi entre 6,8 e 7,1 em dietas de milho, f. de soja, calcário comum, f. bicálcico e salinomicina em todas as dietas.

5.4.5. Ácido Láctico

As propriedades químicas do ácido láctico são mostradas na Tabela 4.

O ácido láctico não alterou consumo e ganho de peso dos frangos quando usado até 3% na ração (Cave, 1984). Em experimento com frangos alimentados com níveis crescentes de até 2% de ácido láctico foi visto por Waldroup et al. (1995) que o ácido não protegeu da colonização cecal ou contaminação das carcaças seguindo-se um desafio oral com *Salmonella typhimurium*.

5.4.6. Ácido Fumárico

As propriedades químicas do ácido fumárico são mostradas na Tabela 4.

Skinner et al (1991) encontraram efeito positivo do ácido fumárico usado a 0,125% usados continuamente até os 49 dias, havendo redução linear da mortalidade de machos em um dos experimentos com o uso até 0,50% na dieta. Por sua vez, Henrique et al. (1998) estudaram o ácido fumárico e não encontraram efeitos sobre o performance e características de carcaça em frangos alimentados com 0,5% de ácido fumárico na dieta. Níveis crescentes de até 2% de ácido fumárico não protegeu da colonização cecal ou contaminação das carcaças seguindo-se um desafio oral com *Salmonella typhimurium* (Waldroup et al., 1995).

Ácido fumárico utilizado até 1,5% na dieta de frangos mostrou que há melhoria nos ganhos de peso até os 21 dias em frangos alimentados com 0,5 ou 1 % de ácido

fumárico e sem efeito na eficiência alimentar, sendo que não houve interação desse ácido com o formato de Ca (Patten e Waldroup, 1988).

5.4.7. Ácido Cítrico

As propriedades químicas do ácido cítrico são mostradas na Tabela 4.

Boling-Frankenbach et al. 2001. indicaram uma redução de 0,10% na exigência de fósforo quando do uso de ácido cítrico a 4 ou 6%, por aumentar a diaponibilidade de P do milho e farelo de soja. Porém, o ácido cítrico a 1% não ofereceu proteção para colonização dos cecos e contaminação das carcaças com *Salmonella typhimurium* inoculada oralmente (Waldroup et al., 1995).

5.4.8. Outros ácidos orgânicos

Outros ácidos como butírico, sórbico, málico e tartárico são referidos por Viola e Vieira (2003), Eidelsburger (2001) e Adams (1999); este último, incluindo o ácido fosfórico que mesmo sendo um ácido inorgânico, é amplamente usado na indústria de alimentos humanos juntamente com outros ácidos orgânicos. Eventualmente o ácido benzóico também pode ser considerado para redução da microflora do trato digestivo, porém não foram encontrados trabalhos sobre performance com esse ácido para aves, sabendo-se no entanto, que em aves a via preferencial de excreção do ácido benzóico é o ácido ornitoúrico e pequenas quantidades de ácido hipúrico Bridges et al. (1970).

5.5. Adaptação das bactérias aos ácidos

A tolerância induzida ou adaptação ao ambiente ácido aparece em gram-positivos e gram-negativos. Nos trabalhos de Ricke (2003) e Canibe et al (2004) há citações dos trabalhos abaixo referidos e que definem que a adaptação aos ácidos envolve a síntese de proteínas específicas, cuja função é o reparo macromolecular frente ao ambiente de estresse ácido sobre as bactérias. Kwon e Ricke (1998a b) sugerem que os ácidos graxos de cadeia curta em alta concentração podem contribuir com o aumento da virulência da *S. typhimurium* no trato gastro intestinal ou em alimentos, devido ao aumento da tolerância aos ácidos. A tolerância pode ser aumentada pelo pH do meio, anaerobiose e exposição longa ao ácido. Mecanismos de adaptação ao *Streptococcus mutants* (Quivey et al., 2000) mostram que o crescimento no pH 5 resultou em mudanças significativas na composição de ácidos graxos quando comparados com células crescidas em pH 7. A mudança na relação de saturados e insaturados da membrana sugere isso possa ser parte do fenômeno adaptativo ao ambiente ácido. A mudança pode afetar a permeabilidade da membrana aos prótons, quer na entrada ou saída dos mesmos na camada lipídica dupla da membrana celular. A adaptação da *L. monocytogenes* foi estudada por Saklani-Jusforgues et al. (2000) que confirmam a maior sobrevivência de *L. monocytogenes* crescidos em pH 5,5 do que em bactérias criadas em ambiente não-ácido com pH 7,2.

6. Conclusões

- A utilidade dos ácidos orgânicos compreende a sanitização de carcaças, preservação de grãos e melhoria no desempenho animal devido aos efeitos digestivos, controladores da microbiota intestinal e metabólicos;
- O efeito dos ácidos orgânicos está relacionado com a capacidade de ceder anions e portanto, com o seu peso molecular e valência;
- Os ácidos atuam diminuindo o pH intracelular e podem causar alteração na permeabilidade da membrana com o bloqueio do substrato do sistema de transporte de elétrons;
- Há variação nos resultados encontrados na literatura, os quais são dependentes da concentração e combinações dos ácidos orgânicos empregados, bem como da capacidade tampão das dietas utilizadas;
- O principal efeito da redução da microbiota se dá no ingluvívio e cecos;
- A redução do pH ocorre principalmente até o divertículo de Meckel;
- Devido as características anatomo-fisiológicas das aves a estratégia de uso deve incluir todo o período de produção dos frangos;
- Há que se considerar a adaptação de bactérias aos ácidos após longos períodos de utilização;
- Rever...

7. Referências

- Adams, C. A. 1999. Nutricines. Food components in Health and Nutrition. Nottingham. Nottingham Univ. Press.
- Albuquerque, R., Ito, N.M.K., Miyaji, C.I. 1998. Tratamento de rações de aves com ácidos orgânicos: estudo da atividade bactericida e avaliação de técnicas de recuperação de *Salmonella spp.* Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci., São Paulo, v. 35, n. 6, p. 279-282.
- Al-Tarazi, Y. H. e Alshawabkeh, K. 2003. Effect of Dietary Formic and Propionic Acids on Salmonella Pullorum Shedding and Mortality in Layer Chicks after Experimental Infection. J.Vet. Med. B 50 (3):112-117.
- Bellaver, C.; Jaeneski, F.R.; Costa, C.F.; ÁVILA, V.S. 2003. Relatório de projeto de pesquisa sobre a acidificação de dietas para frangos de corte com ácido láctico. Contrato PURAC / Embrapa Suínos e Aves. Concórdia. Embrapa Suínos e Aves.
- Berchieri, A., Jr. E Barrow, P. A. 1996. Reduction in incidence of experimental fowl typhoid by incorporation of a commercial formic acid preparation into poultry feed. Poultry Science, 75:339-341.
- Boling-Frankenbach, S. D.; Snow, J. L., Parsons, C. M., Bakern, D. H. 2001. The Effect of Citric Acid on the Calcium and Phosphorus Requirements of Chicks Fed Corn-Soybean Meal Diets. Poultry Science 80:783-788.
- Bolton, W. e Dewar, W.A. 1964. The digestibility of acetic, propionic and butyric acids by the fowl. British Poultry Science, 6:103-105.
- Bridges, J.W., French, M.R. et al. 1970. The fate of benzoic acid in various species. Biochem. J. 118:47-51.

- Byrd JA, Hargis, B.M., Caldwell, D.J. et al. 2001. Effect of lactic acid administration in the drinking water during preslaughter feed withdrawal on *Salmonella* and *Campylobacter* contamination of broilers. Poultry Science. v. 80 (3) p. 278-283.
- Canibe, N.; Engberg, R.M.; Jensen, B.B. 2004. An overview of the effect of organic acids on gut flora and gut health. Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Foulum, Denmark. Consultado em 20-01-04 http://www-afac.slu.se/Workshop%20Norge/organic_acids_canibe_et_al.pdf
- Cave, N.A.G. Effect of Dietary Propionic and Lactic Acids on Feed Intake by Chicks. Poultry Sci., v.63, p.131-134, 1984.
- Choct M. 2004. Effects of Organic Acids, Prebiotics and Enzymes on Control of Necrotic Enteritis and Performance of Broiler Chickens. University of New England Armidale, NSW. Consultado em 27-01-04 http://www.jcu.edu.au/school/bms/avpa/avpa_conf_apr_2002/abstracts/choct.pdf
- Cromwell, G.L., 1999. Safety issues, performance benefits of antibiotics for swine examined. Feedstuffs, 7 June 1999, p.18.
- Dibner, J. J. e Buttin, P. 2002. Use of Organic Acids as a Model to Study the Impact of Gut Microflora on Nutrition and Metabolism. J. Appl. Poult. Res. 11:453-463
- Dixon, R.C., Hamilton, P.B. 1981. Evaluation of Some Organic Acids as Mold Inhibitors by Measuring CO₂ Production from Feed and Ingredients. Poultry Sci., v.60, p.2182-88.
- Duncan, M.S.; Adams, A.W. 1972. Effects of a chemical additive and of formaldehyde gas fumigation on *Salmonella* in poultry feeds. Poultry Science, v.51, n.3, p.797-802,
- Eidelsburger, U. 2001. Feeding short-chain organic acids to pigs. Nottingham. Nottingham University Press. p.107-121.
- Garcia, R.G., Arika J. et al. 2000. Ação isolada ou combinada de ácidos orgânicos e promotor de crescimento em rações de frangos de corte. Rev. Brás. de Ciência **Avícola 2(2)**.
- Giesting, D. W.; Roos M. A. e Easter, R. A. 1991. 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, Vol 69(6):2489-2496.
- Henrique, A.P.F., Faria, D.E. et al. 1998. Efeito de ácido orgânico, probiótico e antibiótico sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. Botucatu/SP. Anais da XXXV Reunião da SBZ - 27 a 31 de Julho de 1998 - Botucatu/SP. CD room.
- Hinton, A. Jr. , Buhr, R: J. e Ingram, K. D. 2000. Reduction of *Salmonella* in the crop of broiler chickens subjected to feed withdrawal. Poultry Science, 79:1566-1570.
- Hume, M. E., Corrier, D. E., Ivie, G. W. e Deloach, J. R. 1993. Metabolism of [14 C] propionic acid in broiler chicks. Poultry Science, 72:786-793.
- Izat, A. L., Tidwell, N. M., Thomas, R. A., Reiber, M. A., Adams, M. H., Colberg, M. e Waldroup, P. W. 1990a. Effects of a buffered propionic acid in diets on the performance of broiler chickens and on the microflora of the intestine and carcass. Poultry Science, 69:818-826.
- Izat, A. L., Adams, M. H., Cabel, M. C., Colberg, M., Reiber, M. A., Skinner, J. T. e Waldroup, P.W. 1990b. Effect of formic acid or calcium formate in feed on performance and microbiological characteristics of broilers. Poultry Science, 69:1876-1882.

- Kirchgessner, M. e Roth, F.X. 1987. Einsatz von formiaten in der ferkelfutterung. 2. Mitteilung: Natriumformiat. Landwirtsch. Forsch. 40:287-294.
- Klasing, K.C. 1998. Comparative avian nutrition. New Yoirk, CAB International. 350p.
- Krause, D. O.; Harrison P. C. e Easter R. A. 1994. Characterization of the nutritional interactions between organic acids and inorganic bases in the pig and chick. Journal of Animal Science, Vol 72(5):1257-1262.
- Kwon, Y. M. e S. C. Ricke. 1998a. Induction of acid resistance of *Salmonella typhimurium* by exposure to short-chain fatty acids. Appl. Environ. Microbiol. 64:3458–3463.
- Kwon, Y. M. e S. C. Ricke. 1998b. Survival of a *Salmonella typhimurium* poultry isolate in the presence of propionic acid under aerobic and anaerobic conditions. Anaerobe 4:251–256.
- Line, J. E. 2002. *Campylobacter* and *Salmonella* Populations Associated with Chickens Raised on Acidified Litter. Poultry Science 81:1473-1477
- Maiorka, A., Laurentiz, A.C., et al. 2002. Efeito do nível de energia e ácidos orgânicos em dietas iniciais de frangos de corte. U.F.Pernambuco. Anais da XXXIX Reunião da SBZ. 29/7/02 – Recife/PE. CD room.
- McWard, G. W. e Taylor, D. R. 2000. Acidified clay litter amendment J. Appl. Poultry Res. 9:518–529.
- Mizubuti, I.Y., Ribeiro, E.L.A. et al. 1998. Avaliação do rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de ácido acético na ração. Botucatu/SP. Anais da XXXV Reunião da SBZ - 27 a 31 de Julho de 1998 - Botucatu/SP. CD room.
- Moran E.T.. Comparative Nutrition of Fowl and Swine, The Gastrointestinal Systems. Ontario Agricultural College, University of Guelph, 1982.
- Patten, J. D., Waldroup, P. W. 1988. Use of organic acids in broiler diets. Poultry Science, v. 67(8)1178-1182.
- Penz JR., A. M., Silva, A. B., Rodrigues, O . 1993. Ácidos orgânicos na alimentação de aves. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, p.111-119.
- Protected. 2004. Protected organic acids for poultry feeds. Consultado em 27-01-2004. http://www.jefo.ca/pdf/galliacid_eng.pdf
- Quivey, R. G., Faustoferri, R., Monahan, K. e Marquis, R. 2000. Shifts in membrane fatty acid profiles associated with acid adaptation of *Streptococcus mutans*. FEMS Microbiol. Letters. 189: 89-92.
- Ricke, S. C. 2003. Perspectives on the Use of Organic Acids and Short Chain Fatty Acids as Antimicrobials. Poultry Science 82:632–639.
- Rutz, F. 1994. Secreções digestivas. In: Fisiologia da digestão e absorção das aves. Campinas Fundação APINCO de Ciencia e Tecnologia. p. 19-26.
- Saklani-Jusforgues, H., Fontan, E. e Goossens, P. L. 2000. Effect of acidadaptation on *Listeria monocytogenes* survival and translocation in a murine intragastric infection model. FEMS Microbiol. Letters. 193: 155-159.
- Silva, J. A.; Soares L. F.; Costa, E. L. 2001. Sanitização de Carcaças de Frango com Soluções de Ácidos Orgânicos Comerciais e Suco de Limão - Revista Tec. Carnes. Campinas, SP, v.3, n.1, p.19-26.
- Skinner, J. T., Izat, A. L., Waldroup, P. W. 1991. Research note: fumaric acid enhances performance of broiler chickens. Poultry Science, v.70, n. 6, p.1444-1447.

- Tecnologia. 1998. Método aumenta vida útil da carne. Sistema natural de conservação de produto rende prêmio a pesquisador da UFSM. Zero Hora: Campo e Lavoura, 13 novembro ,1998
- Thompson, J. L. e Hinton, M. 1997. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on salmonellas in the crop. *British Poultry Science* 38: 59-65.
- Vanderwal, P. 1979. Salmonella control of feedstuffs by pelleting or acid treatment. *World's Poultry Sci. J.* 35: 70-78.
- Viola E.S. e Vieira, S. L. 2003. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suínos. Campinas. CBNA. 12-14 de Nov.2003. 255-284.
- Waldroup, A., Kaniawato, S. e Mauromoustakos, A. 1995. Performance characteristics and microbiological aspects of broiler fed diets supplemented with organic acids. *Journal of Food Protection*, 58: 482-489.

Tabela 1. Efeitos de agentes antimicrobianos sobre a performance de suínos nas fases inicial, crescimento e terminação^a.

	Controle	Com antibióticos	Melhoria (%)
Fase Inicial (7-25 kg)			
Ganho diário, kg	0.39	0.45	16.4
Conversão alimentar	2.28	2.13	6.9
Fase de Crescimento (17-49 kg)			
Ganho diário, kg	0.59	0.66	10.6
Conversão alimentar	2.91	2.78	4.5
Fase de Crescimento-Terminação (24-89 kg)			
Ganho diário, kg	0.69	0.72	4.2
Conversão alimentar	1.50	1.47	2.2

^a Dados de 453, 298 e 443 experimentos, envolvendo 13.632, 5.783 e 13.140 suínos nas três fases, respectivamente.

Fonte: Cromwell (1999)

Tabela 2. Ocorrência de toxina botulínica em carne de peru inoculada com *C. botulinum* e tratada com diferentes ácidos orgânicos em duas concentrações.

Tratamentos	Concentração do ácido	Ocorrência em dias (máximo = 18 dias)
Controle	0%	2
Pirúvico	2%	2
Pirúvico	6%	7
Cítrico	2%	2
Cítrico	6%	18
Láctico	2%	4
Láctico	6%	Sem toxina
Acético	2%	5
Acético	6%	Sem toxina
Propiônico	2%	5
Propiônico	6%	Sem toxina

Adams (1999)

Tabela 3. Relação entre a dosagem ótima de ácidos orgânicos e seus pesos moleculares

Ácidos	Dose ótima na ração, kg/t	Peso molecular, g/mol
Fórmico	6 a 8	46
Propiônico	8 a 10	74
Fumárico	12 a 15	116
Cítrico	20 a 25	190

Eidelsburger (2001)

Tabela 4. Propriedades químicas de diferentes ácidos orgânicos.

Nomes	Fórmula	pKa ¹	Solubilidade em H ₂ O	Massa g/mol	Valência	Densidade	Forma	Atividade tamponante relativa	Energia bruta MJ/kg
Fórmico	HCOOH	3,75	Muito boa	46,03	1	1,220	Líquido	1,96	5,8
Acético	CH ₃ COOH	4,76	Muito boa	60,05	1	1,049	Líquido	1,50	14,8
Propiônico	CH ₃ CH ₂ COOH	4,87	Muito boa	74,08	1	0,993	Líquido	1,22	20,8
Láctico	CH ₃ CH(OH)COOH	3,86	Boa	90,08	1	1,206	Líquido	1,00	15,1
Fumarico	COOHCH:CHCOOH	3,03 e 4,47	Baixa	116,07	2	1,635	Sólido	1,55	11,5
Cítrico	COOHCH ₂ C(OH)(COOH)CH ₂ COOH	3,14; 5,95; 6,39	Boa	192,12	3	1,665	Sólido	1,41	10,3

¹ pKa é o potencial de dissociação de um ácido, sendo expresso pelo logaritmo negativo da constante de dissociação (Ka) do ácido (- log Ka). O pH no qual metade de um ácido monocarboxilado está na forma dissociada (cedendo prótons do grupo carboxílico) é o pKa desse ácido. Adaptado de Viola e Vieira (2003), Eidelsburger (2001) e Adams (1999).