

Uso do Ácido Orgânico (Ácido Fumárico) nas Rações de Frangos de Corte¹

Richard Cesar Runho², Nilva Kazue Sakomura³, Sioji Kuana⁴, David Banzatto³, Otto Mack Junqueira³, José Henrique Stringhini⁵

RESUMO - Este experimento foi conduzido para avaliar o efeito da adição do ácido fumárico às rações de frangos de corte sobre o desempenho das aves. Foram utilizados 1080 pintos da linhagem Hubbard, distribuídos em delineamento em blocos completamente casualizados, com seis tratamentos e duas repetições de machos e quatro de fêmeas. Formularam-se três rações basais para atender às exigências nutricionais, em cada fase de criação, de 1 a 21, 21 a 37 e 37 a 45 dias de idade. Os tratamentos consistiram em testar primeiro a adição de um promotor de crescimento à dieta basal, segundo, dieta basal isenta de promotor de crescimento e ácido fumárico e, finalmente, os demais tratamentos com adições de 0,25; 0,5; 0,75; e 1,0% de ácido fumárico. O grupo tratado com ração isenta de antibiótico e ácido fumárico apresentou consumo superior e pior conversão alimentar em relação aos grupos tratados com ácido fumárico. Entretanto, não houve diferenças entre os grupos tratados com antibiótico e ácido. Os contrastes não revelaram diferenças para ganho de peso, rendimento de carcaça e porcentagem de gordura abdominal. A adição dos níveis de ácido fumárico às rações proporcionou redução no consumo, sem influir no ganho de peso, melhorando, assim, a conversão alimentar. Um ensaio de digestibilidade foi conduzido com 30 galos Hy-Line, para determinar a energia metabolizável aparente, corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) das rações, contendo 0,0; 0,5; e 1,0% de ácido. Verificou-se aumento na EMAn das rações com a adição de ácido fumárico.

Palavras-chave: ácido fumárico, frangos de corte

Use of an Organic Acid (Fumaric Acid) in Broiler Rations

ABSTRACT- This experiment was carried out to evaluate the effect of the addition of fumaric acid to broiler diet on birds performance. One thousand and eighty Hubbard day-old broiler chicks were allotted in a randomized block design, six treatments with two replicates of males, and four replicates of females. Three basal diets were formulated to meet the nutritional requirements in each growing phase: from 1 to 21 days, 21 to 37 days and 37 to 45 days. Treatments consisted first in the addition of growth promoter to basal diets; second, the basal diet without growth promoter and fumaric acid; and finally the treatments with additions of 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0%, of fumaric acid. The group treated without of both growth promoter and fumaric acid presented a higher intake and a smaller feed:gain ratio in relation to the fumaric acid treated groups. However, there were no differences among groups treated with growth promoter and fumaric acid. The contrasts did not show any difference among weight gain, carcass yield and abdominal fat. The addition of fumaric acid levels to the diets promoted reduction of feed intake, without any effect on weight gain, improving, therefore, the feed/gain ratio. A digestibility experiment was carried out, using 30 Hy-Line roosters, to determine apparent metabolized energy (AME), corrected by nitrogen of the diets containing 0.0, 0.5 and 1.0% of the acid. An increase on the AME of the diets was observed with fumaric acid addition.

Key Words: fumaric acid, broilers

Introdução

O uso dos ácidos orgânicos na alimentação das aves tem sido discutido por nutricionistas e patologistas, contudo, os resultados são contestados por alguns e aceitos por outros. Para as aves, existem três hipóteses que sustentam a aplicabilidade dos ácidos orgânicos; a primeira está relacionada ao efeito inibidor

do desenvolvimento de fungos nas matérias primas e rações, a outra ao efeito inibidor da proliferação de enterobactérias, como as do gênero *Salmonella* e *Escherichia*, e a terceira como potencializador dos ganhos nutricionais das dietas promovidos pelo aumento da disponibilidade dos nutrientes para as aves (PENS JR. et al., 1993).

Existem controvérsias sobre o modo de ação dos

¹ Trabalho realizado pelo primeiro autor para graduação em Zootecnia na FCAVJ-UNESP.

² Zootecnista formado pela FCAV-UNESP - 14870-000 - Jaboticabal, SP.

³ Professores da FCAV-UNESP- 14870-000 - Jaboticabal, SP.

⁴ Empresa Oxypar.

⁵ Aluno do curso de pós-graduação da FCAV-UNESP - Jaboticabal, SP.

ácidos orgânicos; entretanto, baseando-se no conceito de dissociação dos ácidos, ou seja, na capacidade de doação de prótons em diferentes meios, essas substâncias podem atuar contra os microrganismos e favorecer o aproveitamento dos nutrientes pelo animal.

Apesar de não terem sido demonstradas razões conclusivas para a melhora na performance de frangos e leitões, vários autores, citados por WALDROUP et al. (1988), têm sugerido que as possíveis formas de ação dos ácidos orgânicos sejam alteração no pH intestinal e modificações na microflora intestinal. MILLER (1987) relatou que microrganismos entéricos constituem preocupação para indústria de aves domésticas. Eles competem com a ave por nutrientes disponíveis no alimento; além disso, alguns deles são patogênicos para as aves e até para o homem.

Os ácidos orgânicos têm potencial para controlar todas as bactérias entéricas, tanto patogênica quanto não-patogênica. Adicionalmente, podem melhorar o desempenho e a eficiência alimentar por meio da eliminação dos organismos que competem com a ave por nutrientes, benefício que também é atribuído aos antibióticos. Segundo MILLER (1987), os ácidos orgânicos não deixam resíduos e evitam o aparecimento de organismos resistentes; daí os problemas com a utilização de antibióticos. Além disso, os antibióticos diminuem o crescimento microbiano de todas as bactérias, estimulando, desse modo, a neutralidade do pH na região intestinal - exceto aquelas cepas que são resistentes a uma droga usada em particular. Essa contenção da multiplicação bacteriana no intestino promove maior eficiência alimentar para o animal.

Segundo Smith (1965), citado por MILLER (1987), a maior parte da multiplicação bacteriana ocorre no papo dos frangos - e não na moela e no intestino delgado como comumente acreditavam. A presença de bactérias na moela e no intestino delgado é uma indicação da rápida multiplicação no papo. Esse autor constatou ainda que, quando se abaixou o pH do conteúdo do papo das aves, a moela e o intestino delgado estiveram perto da acidez normal. Entretanto, a alimentação ácida inibiu a multiplicação microbiana no papo, reduzindo acentuadamente as bactérias na moela e no intestino delgado.

A ação promotora do ácido fumárico pode ser atribuída não apenas ao efeito gastrointestinal, mas também à melhora na utilização da proteína e energia no metabolismo intermediário (KIRCHGESSNER e

ROTH, 1982). Assim, o efeito do ácido fumárico parece não estar limitado ao trato gastrointestinal dos animais, pois pode também exercer influência no metabolismo intermediário. Segundo Bersin (1963), citado por KIRCHGESSNER e ROTH (1982), o uso do ácido fumárico em rações também pode ter influência no balanço nutricional, melhorando a digestibilidade dos nutrientes. Este efeito pode ser devido ao fato de o ácido fumárico estar complexado com vários cátions, assim como, num complexo mineral que contém fumarato, a absorção de minerais deve ser maior e mais rápida. KIRCHGESSNER e ROTH (1982) também constataram que o ácido fumárico atua como melhorador da utilização de energia, aumenta a retenção de nitrogênio em 5 a 7% e de Ca e P em 13 e 14%.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a influência do uso ácido fumárico no desempenho de frangos de corte e avaliar seu efeito sobre a energia metabolizável aparente nas rações.

Material e Métodos

Realizaram-se dois ensaios: um com frangos de corte para se verificar o efeito do ácido fumárico sobre o desempenho das aves e outro de digestibilidade para se determinar a EMAn das rações contendo ácido fumárico, no Aviário Experimental do Departamento de Zootecnia de Não-Ruminantes da FCAV-UNESP/ Campus de Jaboticabal.

Ensaio de produção

Foram utilizados 1080 pintos de corte de um dia de idade, da linhagem "Hubbard", sendo 360 machos e 720 fêmeas.

As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria, coberto com telhas de barro, piso de cimento liso e muretas laterais de 50 cm de altura, com tela de arame e cortinado móvel. A instalação possuía divisões internas (boxes) com dimensões de 1,40 x 2,60 m, sendo alojadas 30 aves por box.

As leituras das temperaturas máximas e mínimas foram feitas diariamente em um termômetro de máxima e mínima colocado no galpão, sendo as médias das temperaturas máximas, mínimas e médias de 33,2; 20,9; e 27,0°C, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados, para se controlar o efeito de sexo, com duas repetições de machos e quatro de fêmeas, 30 aves por unidade experimental e seis tratamentos. Os tratamentos foram:

T1-ração basal adicionada de antibiótico-Nitrovin-Testemunha positiva;

T2-ração basal isenta de antibiótico e ácido fumárico- Testemunha negativa;

T3-ração basal adicionada de 0,25% de ácido fumárico;

T4-ração basal adicionada de 0,50% de ácido fumárico;

T5-ração basal adicionada de 0,75% de ácido fumárico; e

T6-ração basal adicionada de 1,0% de ácido fumárico.

Foram formuladas três rações basais para atender às exigências nutricionais, para cada fase de criação de 1 a 21 dias, 21 a 37 dias e 37 a 45 dias de idade, cujas composições são apresentadas na Tabela 2.

Os parâmetros avaliados foram: ganho de peso por ave, consumo de ração por ave e conversão alimentar nas fases de 1 a 21, 21 a 37 e 37 a 45 dias. O fator de produção foi determinado, aos 45 dias, multiplicando-se o ganho médio diário (kg) pela porcentagem de viabilidade, divididos pela conversão alimentar, sendo este resultado multiplicado por 100.

Aos 45 dias de idade, três aves de cada parcela foram sacrificadas para se determinarem o rendimento de carcaça (sem pés, vísceras e cabeça) e a porcentagem de gordura abdominal.

A análise estatística dos parâmetros estudados foi realizada conforme a Tabela 1.

Ensaio de metabolismo

Foi realizado um ensaio de metabolismo para se verificar a influência do ácido sobre a EMAn, utilizando-se 30 galos da linhagem Hy-Line com 35 semanas de idade e peso médio de 2190 ± 187 g, pela metodologia de coleta de excreta total. O ensaio teve duração de sete dias, sendo três dias de adaptação às rações experimentais e quatro dias para coleta de excretas. As coletas de excretas eram realizadas duas vezes ao dia, em intervalos de aproximadamente 12 horas.

Os galos foram alojados em gaiolas de metabolismo, com bandejas colocadas abaixo da gaiola, para coleta das excretas.

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (rações com 0,0; 0,5; e 1,0% de ácido fumárico), cinco repetições e duas aves por repetição.

As rações avaliadas foram as mesmas usadas no ensaio de produção, da fase de crescimento (21 a 37 dias), contendo 0,0; 0,5; e 1,0% de ácido fumárico.

Logo após o término do período de adaptação das aves à ração experimental, iniciou-se a coleta de excretas, a qual foi realizada por um período de quatro dias. Foram realizadas duas coletas por dia - as excretas eram recolhidas das bandejas e armazenadas em sacos plásticos em congelador. Simultaneamente foi feito o controle no fornecimento de ração. No final do ensaio, foram pesadas as excretas produzidas e as rações para se determinar o consumo de ração.

As excretas foram homogeneizadas por repetição e colocadas em estufa de ventilação forçada, à temperatura de $55 \pm 5^\circ\text{C}$, por 72 horas, para se proceder à pré-secagem (determinação da amostra seca ao ar), sendo, posteriormente, moídas e encaminhadas ao laboratório para análises.

Foram realizadas análises laboratoriais de energia bruta (EB), matéria seca (MS) e nitrogênio (N) das rações e excretas, segundo a metodologia de SILVA (1981). As análises de energia bruta foram feitas em bomba calorimétrica.

Com base nos resultados obtidos de análises

TABELA 1 - Análise de variância dos parâmetros
TABLE 1 - Analysis of variance of the parameters

Fonte de variação <i>Source of variation</i>	GL
Sexo (S) <i>Sex</i>	1
Bloco de machos <i>Block of male</i>	1
Bloco de fêmeas <i>Block of female</i>	3
Tratamento (T) <i>Treatment</i>	5
Interação (SxT) <i>Interaction</i>	5
Resíduo <i>Residue</i>	20
Desdobramentos dos tratamentos <i>Decomposition of treatments</i>	
Test. positiva vs demais <i>Positive control vs others</i>	1
Test. negativa vs demais <i>Negative control vs others</i>	1
Níveis de ácido fumárico <i>Levels of fumaric acid</i>	3
Regressão linear <i>Linear regression</i>	1
Regressão quadrática <i>Quadratic regression</i>	1
Regressão cúbica <i>Cubic regression</i>	1
Resíduo <i>Residue</i>	20

TABELA 2 - Composição percentual das rações experimentais basais

TABLE 2- Percentage composition of the experimental basal diets

Ingrediente (Ingredient)	Fase (Phase)		
	1-21	21-37	37-45
Milho (Corn)	50,381	57,423	62,234
Farelo de soja (Soybean meal)	39,940	32,965	27,742
Fosfato bicálcico (Dicalcium phosphate)	1,849	1,717	1,634
Calcário (Limestone)	0,935	0,973	1,071
Óleo de soja (Soybean oil)	4,179	4,333	4,978
Sal (Salt)	0,350	0,350	0,350
Suplemento vit. mineral ¹ (Mineral and vitaminical mix)	0,700	0,600	0,400
DL-Metionina (DL-Methionine)	0,166	0,139	0,091
Areia lavada (Washed sand)	1,500	1,500	1,500
Composição calculada (Calculated composition)			
EM (ME), kcal/kg	3000,00	3100,00	3200,00
Proteína bruta (Crude protein), %	22,50	20,00	18,00
Extrato etéreo (Ether extract), %	6,147	6,477	7,239
Cálcio (Calcium), %	0,940	0,900	0,900
Fósforo disponível (Available phosphorus), %	0,450	0,420	0,400
Met. + Cistina (Met. + Cist.), %	0,876	0,780	0,680

¹ Suplemento Vitaminico Mineral (Nutremix-Premix e Rações Ltda., Monte Alto SP) - isento de antibiótico. Cada quilograma do produto contém: Vit. A, 2.650.000 UI; Vit. D₃, 500.000 UI; Vit. E, 2.400 mg; Vit. K₃, 400 mg; Vit. B₁, 200 mg; Vit. B₂, 2.000 mg; Vit. B₁₂, 3.500 mcg; Ácido pantotênico, 2.200 mg; Ácido nicotínico, 8.500 mcg; Piridoxina, 400 mg; Ácido Fólico, 200 mg; Biotina, 20 mg; Colina, 150 g; Ferro, 35.000 mg; Zinco, 30.000 mg; Iodo, 600 mg; Selênio, 90 mg; Agente anticoccidiano, 110g; Antioxidante, 20g; e Veículo q.s.p., 1.000g.

Adicionaram-se à ração (Testemunha positiva), na fase inicial, 80 g/tonelada do antibiótico (Nitrovin); crescimento, 40 g/tonelada; e final (isento de antibiótico).

² O ácido fumárico foi adicionado aos níveis de 0,25; 0,50; 0,75; e 1,0% em substituição à areia lavada.

¹ Vitaminical and mineral premix (Nutremix-Premix and Diets, Monte Alto-SP) not contain antibiotic. Each kilogram of product contain: Vit. A 2,650,000 IU; Vit. D₃, 500,000 UI; Vit. E, 2,400 mg; Vit. K₃, 400 mg; Vit. B₁, 200 mg; Vit. B₂, 2,000 mg; Vit. B₁₂, 3,500 mcg; Pantotenic acid, 2,200 mg; Nicotinic acid, 8500 mcg; Piridoxin, 400 mg; Folic acid, 200 mg; Biotine, 20 mg; Coline, 150g; Iron, 35,000 mg; Zinc, 30,000 mg; Iodine, 600mg; Selenium, 90 mg; Coccidiostatic, 110 g; Antioxidant, 20 g; and q.s.p. 1000 g.

The antibiotic (Nitrovin) was added in diets (Witness positive) in initial phase 80g/ton., growth 40g/ton and final (not contain antibiotic).

² The fumaric acid was added in the levels of 0.25 ; 0.50 ; 0.75; and 1.0% substitution of washed sand.

laboratoriais, rações e excretas, efetuaram-se cálculos para se determinar a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio das rações (EMAn).

Resultados e Discussão

Ensaio de metabolismo

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que, à medida que se elevaram os níveis de ácido fumárico nas rações, havia acréscimo linear nos valores da EMAn das rações, segundo a

equação de regressão linear obtida com os resultados das análises das excretas das aves $Y=2993 + 183X$, $r^2=0,94$.

Constatou-se que, a cada aumento de 1,0% de ácido fumárico nas rações, houve acréscimo de 183 kcal de EMAn/kg de ração, ou seja, a adição de 1,0% do ácido fumárico na ração proporcionou aumento de 1,06% na EMAn, em relação à ração isenta de ácido fumárico. Este aumento foi inferior ao encontrado por KIRCHGESSNER E ROTH (1982), que encontraram acréscimos de 2 a 3% na energia de rações, contendo ácido fumárico para suínos.

Estes resultados indicam algum efeito do

TABELA 3 - Valores de EMAn para rações contendo ácido fumárico

TABLE 3 - Values of apparent metabolizable energy in the diets containing fumaric acid

Nível de ácido fumárico % Level of fumaric acid	EMAn ¹ (kcal/kgMN)	% de acréscimo na energia % of increase in the energy	EMAn (Kcal/KgMS)	% de acréscimo na energia % of increase in the energy
0,0	2981		3318	
0,5	3110	1,04	3454	1,04
1,0	3164	1,06	3494	1,05

¹EMAn=2993 + 183X $r^2=0,94$.

ácido fumárico como potencializador do aproveitamento de energia da ração. Segundo Bersin (1963), citado por KIRCHGESSNER E ROTH (1982), o ácido fumárico pode influenciar positivamente a digestibilidade dos nutrientes, melhorando o aproveitamento destes pelo animal.

Ensaio de produção

Consumo de ração. Os resultados da análise de variância e as médias dos tratamentos encontram-se na Tabela 4.

A análise de variância revela que houve interação significativa ($P<0,20$) entre sexo e tratamentos apenas para a fase de 1 a 21 dias. Os machos que receberam ração isenta de antibiótico tiveram consumo (1,071 kg/ave) superior ao grupo que recebeu ração contendo ácido fumárico - 1,018 kg/ave - ($P<0,05$). Isto indica que a adição do ácido fumárico nas rações levou à depressão no consumo de ração das aves. Entretanto, não se observou esta diferença para as fêmeas.

Na fase de 21 a 37 dias e no período total de 1 a 45

dias, em que não houve interação significativa entre tratamentos e sexos, verificaram-se resultados semelhantes para a média de consumo de machos e fêmeas. Também foi observado que o consumo de ração das aves que receberam dieta isenta de antibiótico apresentaram maiores consumos que as aves tratadas com ácido fumárico. Já na fase de 37 a 45 dias, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, indicando que os tratamentos não influenciaram o consumo de ração. Pode-se observar apenas tendência a um menor consumo para as aves que receberam ração com ácido fumárico. Estes resultados podem ser explicados pelo aumento na EMAn das rações com a adição do ácido fumárico. KIRCHGESSNER e ROTH (1982) também relataram aumento na EM das rações com a adição do ácido fumárico, ou, possivelmente, em função da diminuição da palatabilidade da ração, em virtude da inclusão do ácido fumárico, semelhante ao relatado por CAVE (1982), quando se utilizou ácido propiônico.

Estes resultados concordam com os encontrados

TABELA 4 - Valores médios de análise de variância, grau de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias para consumo de ração

TABLE 4- Mean square analysis of variance, degree of freedom (DF), coefficient of variation (CV) and means for feed intake

		Fase de crescimento <i>Growing phase</i>				
Fonte de variação <i>Source of variation</i>	GL <i>DF</i>	1-21	21-37	37-45	1-45	
Sexo (S) <i>Sex</i>	1	0,0431**	0,7999**	0,3754**	2,8880**	
Tratamento (T) <i>Treatment</i>	5	0,0008 ^{NS}	0,0047 ^{NS}	0,0017 ^{NS}	0,0118 ^{NS}	
Interação (TxS) <i>Interaction</i>	5	0,0015 ^{NS1}	0,0010 ^{NS}	0,0016 ^{NS}	0,0097 ^{NS}	
Resíduo (<i>Residue</i>)	20	0,0006	0,0026	0,0018	0,0069	
CV		2,56	2,75	3,64	2,07	
Tratamento (<i>Treatment</i>)		Média (<i>Mean</i>)				
		Macho <i>Male</i>	Fêmea <i>Female</i>	21-37	37-45	1-45
Testemunha positiva (antibiótico) <i>Positive control (antibiotic)</i>		1,042	0,942	1,,849	1,195	4,018
Testemunha negativa (s/antibiótico) <i>Negative control (without antib.)</i>		1,071	0,953	1,891	1,195	4,078
0,25% ácido fumárico ²		1,030	0,979	1,834	1,179	4,009
0,50% ácido fumárico		1,033	0,962	1,824	1,166	3,977
0,75% ácido fumárico		1,032	0,955	1,831	1,178	3,989
1,0% ácido fumárico		0,980	0,957	1,812	1,151	3,927

** Significativo ($P<0,01$) (*Significant ($P<0,01$)*).

NS Não-significativo (*NS-Not significant*).

* Significativo a ($P<0,05$) (*Significant ($P<0,05$)*).

¹ Significativo a ($P<0,02$) (*Significant ($P<0,02$)*).

² Ácido fumárico (*Fumaric acid*).

por CAVE (1982), o qual relata que tanto o ácido propiônico como o ácido acético reduziram o consumo de ração em pintos. Em outro trabalho, CAVE (1984) observou que o consumo de alimento foi reduzido em aves que receberam ácido propiônico e este efeito foi mais evidenciado quando se aumentou o nível do ácido na ração.

Por outro lado, WALDROUP et al. (1991) constataram que níveis de 0,125 e 0,25% de ácido fumárico não influíram no consumo de ração em aves no período de 1 a 49 dias.

Ganho de peso das aves

Os resultados da análise de variância e as médias dos tratamentos são apresentados na Tabela 5.

Houve efeito de sexo ($P < 0,01$) em todas as fases estudadas, no entanto, a interação foi significativa entre tratamentos e sexo (TxS) apenas para a fase de 1 a 21 dias.

Na fase de 1 a 21 dias os tratamentos não influen-

ciaram o ganho de peso das fêmeas, segundo os contrastes estudados ($P > 0,05$). Porém, os machos que receberam ração isenta de antibiótico e ácido fumárico tiveram ganho de peso (0,759 kg) superior ($P < 0,05$) em relação ao grupo que recebeu ácido fumárico nas rações (0,725 kg). A adição dos níveis de ácido fumárico nas rações proporcionou efeito quadrático sobre o ganho de peso dos machos ($Y = 0,6423 + 0,268X - 0,272X^2$), indicando que o nível de 0,50% de ácido proporcionou maior ganho de peso nesta fase. Cabe ressaltar que o grupo tratado com antibiótico apresentou peso semelhante (0,750 kg) ao grupo tratado com ácido fumárico (0,725 kg).

Na fase de 21 a 37 dias não houve diferenças significativas entre os tratamentos para ambos os sexos. Já na fase de 37 a 45 dias, constatou-se aumento linear no ganho de peso à medida que os níveis de ácido fumárico aumentavam na ração ($\hat{Y} = 0,4491 + 0,0553X$ $r^2 = 0,90$), indicando recuperação

TABELA 5 - Valores médios de análise de variância, grau de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias para ganho de peso

TABLE 5 - Mean square analysis of variance, degree of freedom (DF), coefficient of variation (CV) and means for weight gain

Fonte de variação <i>Source of variation</i>	GL <i>DF</i>	Fase de crescimento <i>Growing phase</i>			
		1-21	21-37	37-45	1-45
Sexo (S) <i>Sex</i>	1	0,0749**	0,2755**	0,0706**	1,1305**
Tratamento (T) <i>Treatment</i>	5	0,0011*	0,0001 ^{NS}	0,0015 ^{NS}	0,0009 ^{NS}
Interação (TxS) <i>Interaction</i>	5	0,0008*	0,0003 ^{NS}	0,0006 ^{NS}	0,0007 ^{NS}
Resíduo <i>Residue</i>	20	0,0003	0,0015	0,0007	0,0022
CV		2,49	4,06	5,26	2,22
Tratamento <i>Treatment</i>		Média <i>Mean</i>			
		Macho <i>Male</i>	Fêmea <i>Female</i>	21-37	37-45
Test. posit. (antibiótico) <i>Positive control (antibiot.)</i>	0,750	0,637	0,938	0,500	2,113
Test. negt. (s/ antibiótico) <i>Negative control (without antibiot.)</i>	0,759	0,641	0,935	0,484	2,100
0.25% ácido fumárico ²	0,734	0,648	0,944	0,458	2,080
0.50% ácido fumárico	0,754	0,637	0,943	0,481	2,100
0.75% ácido fumárico	0,730	0,639	0,935	0,496	2,100
1.0% ácido fumárico	0,682	0,625	0,939	0,499	2,082

** Significativo ($P < 0,01$) (Significant ($P < 0,01$)).

NS Não-significativo (NS-Not significant).

* Significativo a ($P < 0,05$) (Significant ($P < 0,05$)).

1 Significativo a ($P < 0,02$) (Significant ($P < 0,02$)).

Efeito quadrático de 1-21 dias (Quadratic response of 1-21 days) $\hat{Y} = 0,6423 + 0,268X - 0,272X^2$ $r^2 = 0,90$.

Efeito linear de 37-45 dias (Linear response of 37-45 days) $\hat{Y} = 0,4491 + 0,0553X$ $r^2 = 0,90$.

2 Ácido fumárico (Fumaric acid).

no ganho de peso das aves na fase de acabamento. Isto indica melhora no aproveitamento dos nutrientes, visto que o ácido fumárico, conforme relatado por Bersin, citado por KIRCHGESSNER e ROTH (1982), como melhorador da digestibilidade, melhora o aproveitamento do alimento pelo animal.

Considerando-se o período total, de 1 a 45 dias, a adição do ácido fumárico proporcionou ganhos semelhantes ao grupo de aves tratadas ou não com antibiótico, sem apresentar diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Conversão alimentar

A análise de variância e as médias dos tratamentos para conversão alimentar encontram-se na Tabela 5. Verifica-se efeito significativo ($P < 0,01$) para sexo em todas as fases, com exceção da fase de 37 a 45 dias. Diferenças estatísticas ($P < 0,05$) foram encontradas também para tratamentos nas fases de 37 a 45 e 1 a 45 dias. Não houve interação significativa para tratamentos e sexos para todas as fases de criação.

De acordo com os desdobramentos propostos, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) na fase de 1 a 21 dias

para todos os contrastes estudados. Contudo, na fase de 21 a 37 dias, o grupo tratado com ração isenta de antibiótico e ácido fumárico apresentou pior conversão alimentar (2,025) em relação às aves tratadas com ração contendo ácido fumárico (1,941). A melhora na conversão alimentar pode ser explicada pela queda no consumo de ração observada nas aves tratadas com ácido fumárico, sem que os tratamentos alterassem o ganho de peso. Este resultado concorda com o de WALDROUP et al. (1991), em que os autores sugerem que o ácido fumárico pode aumentar o aproveitamento dos nutrientes da ração.

Por outro lado, na fase de 37 a 45 dias, constatou-se queda linear na conversão alimentar, à medida que se elevou o ácido fumárico nas rações, conforme a equação ($\hat{Y} = 2,6353 - 0,3331X$), evidenciando melhora na conversão alimentar na medida em que se elevou o nível do ácido fumárico nas rações. Tendo em vista que o consumo de ração não foi influenciado, essa melhora na conversão foi em razão do aumento linear no ganho de peso ocorrido nesta fase.

Quando se considerou o período total de 1 a 45 dias, observou-se pior conversão para as aves tratadas com ração isenta de antibiótico e ácido fumárico

TABELA 6 - Valores médios de análise de variância, grau de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias para conversão alimentar

TABLE 6 - Mean square analysis of variance, degree of freedom (DF), coefficient of variation (CV) and means for feed:gain ratio

Fonte de variação Source of variation	GL DF	Fase de crescimento (Growing phase)			
		1-21	21-37	37-45	1-45
Sexo (S) Sex	1	0,0771**	0,0189**	0,0045 ^{NS}	1,0225**
Tratamento (T) Treatment	5	0,0018 ^{NS}	0,0073 ^{NS}	0,0493*	0,0068*
Interação (TxS) Interaction	5	0,0007 ^{NS}	0,0013 ^{NS}	0,0190 ^{NS}	0,0025 ^{NS}
Resíduo Residue	20	0,0022	0,0029	0,0152	0,0024
CV		3,19	2,75	5,09	2,58
Tratamento (Treatment)		Média (Mean)			
Test. posit. (antibiótico) Positive control (antibiotic.)		1,448	1,979	2,391	1,902
Test. negt. (s/antibiótico) Negative control (without antib.)		1,462	2,025	2,470	1,942
0,25% ácido fumárico ²		1,476	1,944	2,583	1,927
0,50% ácido fumárico		1,463	1,936	2,426	1,894
0,75% ácido fumárico		1,469	1,958	2,377	1,899
1,0% ácido fumárico		1,500	1,933	2,322	1,886

** Significativo ($P < 0,01$) (Significant ($P < 0,01$)).

NS Não-significativo (NS-Not significant).

* Significativo a ($P < 0,05$) (Significant ($P < 0,05$)).

¹ Significativo a ($P < 0,02$) (Significant ($P < 0,02$)).

Efeito linear ($P < 0,01$). Fase de 37 a 45 dias (Linear response of 37-45 days) $\hat{Y} = 2,6353 - 0,3331X$ $r^2 = 0,91$.

² Ácido fumárico (Fumaric acid).

(1942), quando comparadas com os demais tratamentos (1901). Verificou-se que, à medida que se aumentou o nível de ácido fumárico nas rações, houve melhora na conversão alimentar das aves, segundo a equação $Y=2,6353 - 0,3331X$ $r^2=0,91$, caracterizando melhora no aproveitamento dos nutrientes, devido ao menor consumo de ração pelas aves e manutenção do peso final.

Rendimento de carcaça, gordura abdominal e fator de produção

Conforme os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 7, verifica-se que o rendimento de carcaça foi maior para os machos que para as fêmeas.

Quanto à porcentagem de gordura abdominal em relação ao peso vivo e peso da carcaça, não houve diferenças estatísticas significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos.

Os tratamentos de maneira geral não influíram no rendimento de carcaça e na deposição de gordura

abdominal, ocorrendo apenas efeito quadrático ($Y=0,007439 - 0,00215X + 0,001986X^2$) da adição do ácido fumárico sobre o rendimento de carcaça dos machos. WALDROUP et al. (1991) também constataram que não houve efeito do ácido fumárico sobre a deposição de gordura abdominal.

Para o fator de produção (FP), observa-se que os machos apresentaram valores maiores em relação às fêmeas ($P<0,01$). Houve interação significativa entre tratamentos e sexo (TxS) ($P<0,05$); os machos que receberam ração contendo ácido fumárico tiveram fator de produção superior (266) ao grupo tratado com antibiótico (251). Entretanto, os valores de fator de produção das fêmeas não foram influenciados pelos tratamentos aplicados.

Conclusões

Devido às ótimas condições sanitárias e de manejo em que o experimento foi realizado, não foi possível observar o efeito do antibiótico sobre o desempenho das aves, dificultando verificar o efeito do ácido fumárico como substituto do antibiótico.

TABELA 6 - Valores médios de análise de variância, grau de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias para rendimento de carcaça, porcentagem de gordura abdominal sobre peso vivo e fator de produção
TABLE 6 - Mean square analysis of variance, degree of freedom (DF), coefficient of variation (CV) and means for carcass yield, percentage of abdominal fat on liveweight and production factor

Fonte de variação <i>Source of variation</i>	GL <i>DF</i>	Rend. de carcaça (%) <i>Yield carcass</i>	Gord. abd./PV (%) <i>Abdom. fat/LW</i>	Fator de produção <i>Production of factor</i>		
Sexo (S) <i>Sex</i>	1	12,8440*	3,2870**	15 931,1250**		
Tratamentos (T) <i>Treatments</i>	5	5,5464 ^{NS}	0,0908 ^{NS}	107,9833 ^{NS}		
Interação (T x S) <i>Interaction</i>	5	3,6779 ^{NS1}	0.0976 ^{NS}	262,1917*		
Resíduo <i>Residue</i>	20	2,2066	0.1081	93,9979		
CV		2,12	12,11	4,14		
Tratamento (<i>Treatment</i>)		Média (<i>Mean</i>)				
		Macho <i>Male</i>	Fêmea <i>Female</i>		Macho <i>Male</i>	Fêmea <i>Female</i>
Test. positiva (antibiótico) <i>Positive control (antib.)</i>		71,42	70,17	2,75	251	223
Test. negativa (s/antibiótico) <i>Negative control (s/antib.)</i>		72,48	69,85	2,66	269	210
0,25% ácido fumárico ²		70,00	69,38	2,74	274	213
0,50% ácido fumárico		69,79	70,76	2,59	266	229
0,75% ácido fumárico		68,68	68,29	2,62	270	222
1,0% ácido fumárico		73.44	69,77	2.93	253	221

.. Significativo ($P<0,01$) (Significant ($P<0,01$)).

* Significativo ($P<0,05$) (Significant ($P<0,05$)).

NS Não-significativo (NS-Not significant).

¹ Significativo a ($P<0,02$) (Significant ($P<0,02$)).

Efeito quadrático para rendimento de carcaça ($P<0,05$) (Quadratic response for carcass yield ($P<0,05$)).

$\hat{Y}=0,007439 - 0,00215X + 0,001986X^2$ $r^2=0,82$.

² Ácido fumárico (Fumaric acid).

O uso do ácido orgânico (ácido fumárico) não proporcionou alterações no peso final das aves, mas houve melhoria na conversão alimentar - resultado dos menores valores de consumo de ração -, demonstrando a viabilidade de se utilizar o ácido fumárico nas rações de frangos de corte.

O nível de 0,5% de ácido fumárico nas rações foi o mais indicado.

O ácido fumárico contribuiu para um aumento na energia metabolizável das rações.

Referências Bibliográficas

- CAVE, N.A.G. Effect of dietary propionic and lactic acid in feed intake by chicks. *Poult. Sci.*, v. 63, p-131-134, 1984.
- CAVE, N.A.G. The influence of non-esterified fatty acids on feeding activity of chicks. *Poult. Sci.*, v. 57, p-1147-1153, 1982.
- KIRCHGEISSNER, M., ROTH, F.X. Fumaric acid as feed additive in pig nutrition. *Pig News and Information*, v.3, p-259-264, 1982.
- MILLER, D.F. Acidified poultry diets and their implications for the poultry industry. In: *Biotechnology in the feed industry-Allegh technical*, p-199-207, 1987.
- PENS JR., A.M., SILVA, A.B., RODRIGUES, O. Os ácidos orgânicos na alimentação de aves. In: *CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS*, Santos, FACTA, 1993. *Anais...* Campinas: FACTA, p-111-119, 1993.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)*. Viçosa, MG, UFV: Imprensa Universitária, 161p., 1981.
- WALDROUP, P.W., PATTEN, J.D. Use of organic acid as feed in broiler diets. *Poult. Sci.*, v.67, p-1178-1182, 1988.
- WALDROUP, P.W., SKINNER, J.T., IZAT, A.L. Fumaric acid enhance performance of broiler chickens. *Poult. Sci.*, v.70, p-1444-1447, 1991.

Recebido em: 26/01/96

Aceito em: 21/10/97