

# DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM FARINHA DE BATATA DOCE

## DEVELOPMENT OF THE DIGESTIVE TRACT OF BROILERS FED DIETS CONTAINING SWEET POTATOMEAL

Nunes, J.K.<sup>1\*</sup>, Gonçalves, F.M.<sup>1A</sup>, Dallmann, H.M.<sup>1B</sup>, Gentilini, F.P.<sup>1C</sup>, Anciuti, M.A.<sup>2</sup>, Rutz, F.<sup>1D</sup>, Maier, J.C.<sup>1E</sup> e Silva, J.G.C. da<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia. FAEM/UFPEL. Pelotas-RS. Brasil. \*julianaklug@yahoo.com.br; <sup>A</sup>fmedeiros\_fv@ufpel.edu.br; <sup>B</sup>henriquedallmann@yahoo.com.br; <sup>C</sup>fabianepg@brturbo.com.br; <sup>D</sup>frutz@ufpel.edu.br; <sup>E</sup>jmaier@ufpel.edu.br

<sup>2</sup>Conjunto Agrotécnico Visconde da Graça. IFSUL. Pelotas-RS. Brasil. anciuti@brturbo.com.br

<sup>3</sup>Departamento de Estatística. UFPEL. Pelotas-RS. Brasil. jgcs1804@yahoo.com.br

### PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Alimentação alternativa. Alometria. Biometria.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Alternative feeding. Allometry. Biometry.

### RESUMO

Foi avaliado o desenvolvimento do sistema digestório de frangos de corte alimentados com farinha de batata doce em substituição parcial ao milho, com ou sem suplementação de um complexo enzimático. Cento e cinquenta pintos de um dia de idade, machos, da linhagem Cobb, foram alojados em 40 boxes de duas baterias metálicas onde permaneceram até os 28 dias de idade. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial 3 x 2, com três níveis de farinha de batata doce (0, 20 e 40%) e dois do complexo enzimático (0 e 200 g/ton), com 5 repetições de 5 aves por tratamento. Aos 14, 21 e 28 dias de idade, foram pesadas e sacrificadas por deslocamento crânio-cervical, 5 aves por tratamento, para avaliação alométrica do coração, fígado, proventrículo e moela e biométrica do duodeno, jejuno, íleo, cólon-retos e cecos. Os dados foram submetidos à análise da variação e regressão polinomial. O aumento de farinha de batata doce em substituição ao milho na dieta de frangos de corte interfere negativamente no peso corporal e no desenvolvimento de órgãos. A suplementação do complexo enzimático não influencia a alometria de órgãos e a biometria intestinal dos frangos de corte.

### SUMMARY

The development of the digestive tract of broi-

lers fed diets containing sweet potato meal in partial replacement of corn, with or without enzyme supplementation. One hundred and fifty a day old, male, Cobb chickens, were allocated in 40 pens of two batteries where they remained until 28 days old. A completely randomized experimental design was used. Treatments were distributed in a 3 x 2 factorial arrangement, in which three levels of sweet potato meal (0, 20 and 40%) and two levels of enzyme complex (0 or 200 g/ton), with a total of 5 replicates of 5 birds per treatment. At 14, 21 and 28 days of age, 5 birds per treatment were slaughtered by cervical deslocation to evaluate the allometric development of heart, liver, proventriculus and gizzard and biometric development of duodenum, jejunum, ileum, colon, rectum and ceca. Data were analyzed by analyse of variance and polynomial regression. The use of increasing dietary levels of sweet potato meal bring about a decrease in body weight and in organ development. The enzyme supplementation does not influence the allometry of organs and intestinal biometric of broilers.

### INTRODUÇÃO

Após a eclosão, as mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem no trato gastrointestinal são importantes para pro-

porcionarem um aumento na superfície de digestão e absorção (Macari *et al.*, 2002), visto que na primeira semana de vida dos frangos de corte, o crescimento alométrico do intestino delgado e do fígado é quatro e duas vezes maior, respectivamente, em relação ao peso corporal (Nir *et al.*, 1993).

Devido à variação na qualidade nutricional, a disponibilidade e as oscilações dos preços dos grãos de cereais, os pesquisadores estão buscando alimentos alternativos para o arraçamento das aves. Entretanto, a substituição do milho e do farelo de soja pode ser limitada pela composição bromatológica e presença de fatores antinutricionais nos possíveis sucedâneos desses grãos (Oliveira *et al.*, 2000).

Um dos alimentos que pode vir a substituir o milho é a farinha de batata doce (FBD), porém na literatura não estão disponíveis dados comprobatórios da sua eficiência. A batata doce (*Ipomoea batatas*) é um alimento energético, disponível o ano todo, que tem o Brasil como maior produtor da raiz no continente latino-americano, e as regiões Sul e Nordeste do país com as maiores produções (FAO, 2009).

A farinha de batata doce, segundo Rostagno *et al.* (2005), apresenta, em base seca, 4,36 % de proteína bruta, 3,03% de fibra bruta, 1,03% de extrato etéreo, 3,38% de cinzas, 3050 kcal/kg de energia metabolizável e 70,90% de amido. O amido do milho como o da farinha de batata doce possui maior percentual de amilopectina o que poderia torná-lo mais digestível (Gonçalves *et al.*, 2009). Porém, conforme o tratamento térmico e umidade a que é submetida a batata doce pode ser formado maior quantidade de amido resistente (Lin *et al.*, 2008), inibidor da digestão que reduz a ação de enzimas, como a tripsina, o que prolonga a digestão e favorece a fermentação do alimento no trato intestinal (Wyatt e Bedford, 1998).

Assim sendo, as enzimas exógenas podem ser suplementadas para auxiliar no

processo digestivo, isso porque atuam na fase ileal da digestão prevenindo a formação de um conteúdo viscoso, e na fase cecal degradando os polissacarídeos não amídicos em moléculas menores que podem ser fermentadas pela microbiota intestinal em ácidos graxos voláteis (Bedford e Apajalahti, 2001). Portanto, elas são capazes de aumentar a disponibilidade de proteínas, gorduras e polissacarídeos de reserva (Campestrini *et al.*, 2005).

A pesquisa teve por objetivo avaliar o desenvolvimento do sistema digestório de frangos de corte alimentados com farinha de batata doce em substituição parcial ao milho, com ou sem suplementação de um complexo enzimático.

## MATERIALE MÉTODOS

O estudo foi conduzido no aviário de frangos de corte do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Pelotas. Utilizou-se 150 pintos de corte de um dia de idade, macho, da linhagem Cobb, com peso médio inicial de 44,6 g. As aves foram alojadas em boxes com duas baterias metálicas, onde permaneceram até os 28 dias de idade. Cada box possuía 1,00 m x 0,70 m, um comedouro do tipo calha e um bebedouro do tipo copo. A ração farelada e a água foram fornecidas à vontade. A temperatura e a umidade relativa do ar no aviário foram registradas por um termohigrômetro. A iluminação foi realizada por lâmpadas incandescentes de 60 W e o programa de luz controlado por relógio *timer*.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial  $3 \times 2$ , sendo três níveis de farinha de batata doce (0, 20 e 40%) em substituição ao milho e 0 ou 200 g/ton de um complexo enzimático. As aves foram pesadas individualmente, classificadas em cinco grupos de 30 aves e distribuídos em 30 boxes, que foram classificados em cinco grupos de seis boxes homogêneos quanto às características do ambiente. Após, cada unidade experimental

## DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE FRANGOS DE CORTE

(boxe com cinco aves) recebeu uma das seis combinações dos níveis dos fatores FBD e CE. O período de avaliação foi dividido em fases pré-inicial ou adaptativa (1 a 7 dias de idade), inicial (8 a 14 dias de idade) e de crescimento (15 a 28 dias de idade). As formulações das dietas estão disponibilizadas nas **tabelas I e II**.

A farinha de batata doce foi obtida das raízes descartadas na lavoura, que foram trituradas e secadas em sombrite plástico disposto sobre ripados de madeira por aproximadamente 48 horas e temperatura em

torno de 45°C. Após a secagem foram trituradas a granulometria semelhante a do milho. Uma amostra foi avaliada no Laboratório de Nutrição Animal da UFPEL e apresentava em sua composição 88,72% de matéria seca, 4,56% de proteína bruta, 4,96% de fibra bruta, 1,58% de cinzas e 3 450 kcal/kg de energia bruta.

O complexo enzimático produzido a partir de uma cepa, não transgênica, de *Aspergillus niger*, composto por fitase, protease, xilanase,  $\beta$ -glucanase, celulase, amilase e pectinase, foi incorporado às

**Tabela I.** Composição das dietas para frangos de corte, nas fases pré-inicial (1 a 7 dias de idade) e inicial (8 a 14 dias de idade), alimentados com farinha de batata doce em substituição parcial ao milho, com\* ou sem suplementação enzimática. (Composition of broiler diets, during pré-starter (1 to 7 days of age) and starter (8 to 14 days old) phases, fed diets containing corn partly replaced by sweet potato meal, with\* or without enzyme supplementation).

Ingrediente (%)	Pré-inicial				Inicial					
	0	20	0*	20*	0	20	40	0*	20*	40*
Milho	55,53	32,70	55,53	32,70	59,53	35,82	10,90	59,53	35,82	10,90
Farelo de soja	38,10	38,52	38,10	38,52	33,90	35,60	37,75	33,90	35,60	37,75
Farinha de batata doce	0,00	20,00	0,00	20,00	0,00	20,00	40,00	0,00	20,00	40,00
Farinha de ostra fina	0,52	0,49	0,52	0,49	0,47	0,42	0,38	0,47	0,42	0,38
Sal iodado	0,68	0,62	0,68	0,62	0,43	0,36	0,30	0,43	0,36	0,30
Óleo de soja	2,17	4,67	2,17	4,67	2,67	4,80	7,67	2,67	4,80	7,67
Suplemento <sup>1</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Complexo enzimático <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
EM (kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Proteína bruta (%)	21,74	21,07	21,74	21,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Fibra bruta (%)	3,80	4,01	3,80	4,00	3,68	3,87	4,17	3,68	3,87	4,17
Lipídeos totais (%)	4,78	6,59	4,78	6,56	4,67	6,80	8,93	4,67	6,80	8,93
Aminoácidos totais (%)	0,58	0,82	0,58	0,82	0,83	0,79	0,75	0,83	0,79	0,75
Metionina total (%)	0,52	0,49	0,52	0,48	0,50	0,47	0,45	0,50	0,47	0,45
Lisina total (%)	1,26	1,23	1,26	1,22	1,14	1,15	1,16	1,14	1,15	1,16
Cálcio (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Fósforo disponível (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Sódio total (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Níveis de garantia por kg do produto: <sup>1</sup>Suplemento mineral, vitamínico e aminoácidos - Núcleo (Brastec); vitamina A: 240 000 UI; vitamina D<sub>3</sub>: 53 000 UI; vitamina E: 433 mg; vitamina K<sub>3</sub>: 580 mg; vitamina B<sub>1</sub>: 60 mg; vitamina B<sub>2</sub>: 170 mg; vitamina B<sub>6</sub>: 100 mg; vitamina B<sub>12</sub>: 400 mcg; niacina: 1160 mg; ácido pantotênico: 400 mg; ácido fólico: 25 mg; Ca: 266 g; P 102 g; F: 710 mg; Mn: 3334 mg; Zn: 2000 mg; Fe: 1667 mg; Cu: 333 mg; I: 20 mg; Se: 11mg; metionina: 40 g. <sup>2</sup>Complexo enzimático: fitase, protease, xilanase,  $\beta$ -glucanase, celulase, amilase e pectinase.

rações de forma *on top*.

Aos 14, 21 e 28 dias de idade, cinco aves por tratamento foram escolhidas aleatoriamente, pesadas individualmente e sacrificadas por deslocamento da articulação crânio-cervical para a realização da necropsia e coleta das vísceras.

As avaliações alométricas foram procedidas através da pesagem (g), em balança digital, do coração, do fígado, do proventrículo e da moela após ser aberta por incisão longitudinal para a retirada do conteúdo. Os segmentos intestinais, duodeno, jejuno, íleo, cólon-retos e cecos, foram medidos (cm)

separadamente com o auxílio de uma fita métrica.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância para os testes de significâncias dos efeitos principais e da interação de farinha de batata doce e complexo enzimático, seguida da decomposição da variação entre os níveis do fator farinha de batata doce em componentes polinomiais. As decomposições e os ajustamentos de funções de resposta foram procedidos globalmente para os dois níveis do complexo enzimático ou separadamente para cada um desses níveis, respectivamente.

**Tabela II.** Composição das dietas para frangos de corte, na fase de crescimento (15 a 28 dias de idade), alimentados com farinha de batata doce em substituição parcial ao milho, com\* ou sem suplementação enzimática. (Composition of broiler diets, during pré-starter (15 to 28 days of age) and starter (8 to 14 days of age) phases, fed diets containing corn partly replaced by sweet potato meal, with\* or without enzyme supplementation).

Ingrediente	0	20	40	0*	20*	40*
Milho	60,78	38,27	13,32	60,78	38,27	13,32
Farelo de soja	32,80	33,00	35,20	32,80	33,00	35,20
Farinha de batata doce	0,00	20,00	40,00	0,00	20,00	40,00
Farinha de ostra fina	0,34	0,26	0,22	0,34	0,26	0,22
Sal iodado	0,38	0,32	0,25	0,38	0,32	0,25
Óleo de soja	2,70	5,15	8,01	2,70	5,15	8,01
Suplemento <sup>1</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Complexo enzimático <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição calculada						
Energia metabolizável (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína bruta (%)	19,70	19,00	19,00	19,70	19,00	19,00
Fibra bruta (%)	3,54	3,75	4,04	3,54	3,75	4,04
Lipídeos totais (%)	5,42	7,18	9,31	5,42	7,18	9,31
Aminoácidos totais (%)	0,78	0,72	0,68	0,78	0,72	0,68
Metionina total (%)	0,45	0,41	0,39	0,45	0,41	0,39
Lisina total (%)	1,10	1,06	1,08	1,10	1,06	1,08
Cálcio (%)	0,97	0,95	0,95	0,97	0,95	0,95
Fósforo disponível (%)	0,42	0,41	0,41	0,42	0,41	0,41
Sódio total (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18

Níveis de garantia por kg do produto: <sup>1</sup>Suplemento mineral, vitamínico e aminoácidos - Núcleo (Brastec): vitamina A: 240 000 UI; vitamina D<sub>3</sub>: 53 000 UI; vitamina E: 433 mg; vitamina K<sub>3</sub>: 580 mg; vitamina B<sub>1</sub>: 60 mg; vitamina B<sub>2</sub>: 170 mg; vitamina B<sub>6</sub>: 100 mg; vitamina B<sub>12</sub>: 400 mcg; niacina: 1160 mg; ácido pantotênico: 400 mg; ácido fólico: 25 mg; Ca: 266 g; P: 102 g; F: 710 mg; Mn: 3334 mg; Zn: 2000 mg; Fe: 1667 mg; cobre: 333 mg; iodo: 20 mg; selênio: 11mg; metionina: 40 g. <sup>2</sup>Complexo enzimático: fitase, protease, xilanase, β-glucanase, celulase, amilase e pectinase.

## DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE FRANGOS DE CORTE

te nas situações de ausência ou presença de significância da interação farinha de batata doce e complexo enzimático. O nível de significância de 5% foi utilizado para os testes realizados.

O modelo estatístico foi expresso pela equação:

$$Y_{ijk} = m + a_i + b_j + ab_{ij} + p_k + e_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3; j = 1, 2; k = 1, 2, 3, 4, 5$

onde:

$Y_{ijk}$ : valor observado da variável resposta na unidade experimental com a combinação do nível  $i$  do fator farinha de batata doce com o nível  $j$  do fator complexo enzimático no bloco  $k$ ;

$m$ : média geral;

$a_i$ : efeito do nível  $i$  da farinha de batata doce;

$b_j$ : efeito do nível  $j$  do complexo enzimático;

$ab_{ij}$ : efeito da interação dos níveis  $i$  e  $j$  desses dois fatores experimentais;

$p_k$ : efeito do bloco  $k$ ;

$e_{ijk}$ : erro experimental.

Foram admitidas as pressuposições de que os termos  $m$ ,  $a_i$ ,  $b_j$  e  $ab_{ij}$  são efeitos fixos, e  $p_k$  e  $e_{ijk}$  são efeitos aleatórios não correlacionados, com distribuições normais e variâncias homogêneas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processamento aplicado pode ter reflexo sobre o valor nutricional dos alimentos energéticos. Lin *et al.* (2008) reportaram que o tratamento com calor e baixa umidade da batata doce promove a formação de amido resistente, ou seja, fração de amido não digerida no intestino delgado, sendo fermentada no intestino grosso. Portanto, com atuação similar à da fibra alimentar (Shamal *et al.*, 2003).

A interação farinha de batata doce e complexo enzimático não influenciou ( $p > 0,05$ ) as variáveis alométricas dos órgãos e biométricas dos intestinos avaliadas aos 14, 21 e 28 dias de idade dos frangos de corte (**tabelas III, IV e V**).

O peso do fígado dos frangos de corte

apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os níveis de farinha de batata doce, representada por equação de regressão polinomial linear decrescente, aos 14 dias de idade (**tabela III**) e efeito linear decrescente aos 21 dias de idade das aves (**tabela IV**) o que pode ter ocorrido pela composição das dietas que ocasionou redução da sua função metabólica.

Utilizando sorgo alto e baixo tanino em substituição a percentuais de milho na dieta de frangos de corte, Garcia *et al.* (2005) não observaram efeito significativo sobre a percentagem de fígado, moela, proventrículo e intestinos das aves aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade.

O peso do coração ( $p = 0,0005$ ), aos 14 dias de idade dos frangos de corte, apresentou diferença significativa entre os níveis de farinha de batata doce e complexo enzimático, sendo esta representada por equação de regressão polinomial linear decrescente (**tabela III**) e pode ter ocorrido por diminuição do metabolismo, pois de acordo com Macari *et al.* (2002), a maior atividade metabólica faz com que o trabalho cardíaco aumente para que o sangue passe um maior número de vezes nos pulmões para a oxigenação e isso leva a hipertrofia e conseqüentemente aumento do peso do coração.

Aos 14 dias de idade das aves, para o comprimento do jejuno verificou-se efeito significativo dos níveis de farinha de batata doce com resposta polinomial linear crescente. Aos 21 dias de idade dos frangos de corte, os pesos do proventrículo e da moela foram influenciados ( $p < 0,05$ ) pelos níveis de farinha de batata doce utilizados em substituição ao milho, com efeito quadrático e linear decrescente, respectivamente. Para esta mesma idade das aves, também se observou que os percentuais de farinha de batata doce afetaram significativamente o comprimento do cólon-retos com resposta polinomial quadrática (**tabela IV**). Derivando-se as equações de regressão polinomial obteve-se como pontos de má-

ximo 25,50% e 20,25%, ou seja, nestes níveis de farinha de batata doce as aves apresentarão maior peso do proventrículo e maior comprimento do cólon-reto, respectivamente.

González-Alvarado *et al.* (2008) verificaram maior peso relativo do proventrículo de frangos de corte alimentados com casca de soja e arroz em substituição ao milho. Os autores atribuíram o resultado à alta

**Tabela III.** Médias dos níveis e das combinações dos níveis dos fatores farinha de batata doce (FBD) e complexo enzimático (CE), resultados das análises de variação da alometria de órgãos e biometria intestinal, na segunda semana de vida de frangos de corte, e equações polinomiais ajustadas para expressar as respostas aos níveis de FBD. (Level and combination levels of sweet potato meal (FBD) and enzyme complex (CE), results of analysis of variance of organ allometry and intestinal biometry, at 2 weeks of age, and polynomial equations adjusted to express the effect of FBD).

FBD	PC	Fig	Cor	Pro	Moe	Duo	Jej	Íleo	Colret	Cec
0	392	16	4	3	13	20	78	12	4	9
20	354	14	3	3	12	20	86	12	4	9
40	338	12	3	3	12	20	87	12	4	9
p	0,150	0,008	0,030	0,652	0,539	0,991	0,030	0,973	0,733	0,810
CE										
0	366	14	3	3	12	20	83	12	4	9
200	355	13	3	3	12	19	86	12	4	9
p	0,671	0,335	0,031	0,971	0,600	0,415	0,600	0,475	0,501	0,794
FBD-CE										
0-0	430	17	5	3	15	19	80	13	4	9
20-0	359	15	3	3	12	20	86	13	4	9
40-0	311	11	3	3	12	21	83	12	4	9
0-200	355	15	3	3	12	20	77	12	4	9
20-200	348	13	3	3	12	20	86	12	4	9
40-200	364	12	3	3	13	19	91	12	4	9
p	0,296	0,053	0,360	0,129	0,210	0,449	0,652	0,166	0,924	0,082
CV (%)	15,70	16,58	16,75	15,35	7,24	10,02	14,25	13,07	13,85	16,58
CP	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Curva ajustada	Cte PC= 361	Lin 1	Lin 2	Cte Pro= 3	Cte Moe= 13	Cte Duo= 20	Lin 3	Cte Íleo= 12	Cte Colret= 4	Cte Cec= 9
R <sup>2</sup>	0	0,99	0,94	0	0	0	0,89	0	0	0

PC: peso corporal (g); Fig: peso do fígado (g); Cor: peso do coração (g); Pro: peso do proventrículo (g); Moe: peso da moela (g); Duo: comprimento do doudeno (cm); Jej: comprimento do jejuno (cm); Íleo: comprimento do íleo (cm); Colret: comprimento do cólon-reto (cm); Cec: média do comprimento dos cecos (cm).

p: Probabilidade de declarar significativo efeito principal da FBD ou do CE inexistentes ou o efeito da interação FBD e CE inexistente; CV: Coeficiente de variação; CP: Componente polinomial de maior grau significativo; Equação da função polinomial ajustada: Cte: Constante; Lin: Linear; <sup>1</sup>Fig= 16,093 - 0,112 FBD; <sup>2</sup>Cor= 3,800 - 0,023 FBD; <sup>3</sup>Jej= 78,810 + 0,224 FBD.

## DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE FRANGOS DE CORTE

capacidade de solubilidade da casca de soja em água, que promoveu redução da passagem do conteúdo alimentar do proventrículo para a moela. Entretanto, Hetland e Svihus (2001), ao utilizarem dietas com

baixo teor de fibra na alimentação de frangos de corte observaram hipertrofia do proventrículo e atrofia da moela, mas ao aumentar a fibra na dieta verificaram aumento do peso da moela.

**Tabela IV.** Médias dos níveis e das combinações dos níveis dos fatores farinha de batata doce (FBD) e complexo enzimático (CE), resultados das análises de variação da alometria de órgãos e biometria intestinal, na terceira semana de vida de frangos de corte, e equações polinomiais ajustadas para expressar as respostas aos níveis de FBD. (Level and combination levels of sweet potato meal (FBD) and enzyme complex (CE), results of analysis of variance of organ allometry and intestinal biometry, at 3 weeks of age, and polynomial equations adjusted to express the effect of FBD).

FBD	PC	Fig	Cor	Pro	Moe	Duo	Jej	Íleo	Colret	Cec
0	794	25	5	4	21	22	105	14	4	12
20	833	24	6	5	22	22	103	14	5	12
40	714	21	6	4	18	22	108	15	5	13
p	0,072	0,088	0,208	0,004	0,006	0,910	0,695	0,543	0,002	0,341
CE										
0	790	24	5	4	21	22	108	15	5	13
200	770	23	5	4	19	22	102	14	5	12
p	0,675	0,596	0,947	0,075	0,108	0,776	0,239	0,181	0,556	0,172
FBD-CE										
0-0	814	26	5	4	22	21	109	15	4	13
20-0	859	24	6	5	22	22	109	14	5	12
40-0	696	22	5	4	19	23	107	15	5	13
0-200	773	24	5	4	20	22	101	13	5	11
20-200	806	24	6	5	21	23	97	14	6	12
40-200	732	21	6	4	17	21	109	14	5	13
p	0,629	0,852	0,859	0,783	0,886	0,335	0,502	0,824	0,101	0,461
CV (%)	14,05	14,73	20,49	7,57	11,59	11,58	12,48	13,87	9,02	13,59
CP	0	1	0	2	1	0	0	0	2	0
Curva ajustada	Cte PC= 777	Lin 1	Cte Cor= 6	Quad 2	Lin 3	Cte Duo= 22	Cte Jej= 105	Cte Íleo= 15	Quad 4	Cte Cec= 13
R <sup>2</sup>	0	0,88	0	0,91	0,66	0	0	0	0,69	0

PC: peso corporal (g); Fig: peso do fígado (g); Cor: peso do coração (g); Pro: peso do proventrículo (g); Moe: peso da moela (g); Duo: comprimento do doudeno (cm); Jej: comprimento do jejuno (cm); Íleo: comprimento do íleo (cm); Colret: comprimento do cólon-retro (cm); Cec: média do comprimento dos cecos (cm).

p: Probabilidade de declarar significativo efeito principal da FBD ou do CE inexistentes ou o efeito da interação FBD e CE inexistente; CV: Coeficiente de variação; Componente polinomial de maior grau significativo; Equação da função polinomial ajustada: Cte: Constante; Lin: Linear; Quad: Quadrática: <sup>1</sup>Fig= 25,609-0,083 FBD; <sup>2</sup>Pro= 4,667+0,051 FBD-0,001 FBD<sup>2</sup>; <sup>3</sup>Moe= 22,225-0,076 FBD; <sup>4</sup>Colret= 5,000+0,081 FBD-0,002 FBD<sup>2</sup>.

Estudando o efeito da granulometria do milho nas rações de frangos de corte, Ribeiro *et al.* (2002), observaram que ao receberem partículas médias e grossas para fazer a maceração os músculos da moela hiper-

trofiaram. Corroborando com este autor, Hetland *et al.* (2005), verificaram menor desenvolvimento da moela de frangos de corte alimentados com grãos finamente moídos.

**Tabela V.** Médias dos níveis e das combinações dos níveis dos fatores farinha de batata doce (FBD) e complexo enzimático (CE), resultados das análises de variação das variáveis referentes à alometria de órgãos e biometria intestinal, na quarta semana de vida de frangos de corte, e equações polinomiais ajustadas para expressar as respostas aos níveis de FBD. (Level and combination levels of sweet potato meal (FBD) and enzyme complex (CE), results of analysis of variance of organ allometry and intestinal biometry, at 4 weeks of age, and polynomial equations adjusted to express the effect of FBD).

FBD	PC	Fig	Cor	Pro	Moe	Duo	Jej	Íleo	Colret	Cec
0	1433	39	10	7	29	24	117	20	7	16
20	1301	34	9	7	27	26	130	21	7	17
40	1169	36	9	7	26	25	122	20	8	18
p	0,029	0,362	0,342	0,878	0,127	0,389	0,053	0,564	0,431	0,070
CE										
0	1289	35	9	6	26	24	118	20	7	16
200	1313	36	8	6	28	25	127	20	8	18
p	0,748	0,802	0,448	0,660	0,164	0,546	0,066	0,559	0,012	0,005
FBD-CE										
0-0	1410	36	9	6	29	24	115	19	6	16
20-0	1304	34	9	6	25	25	122	21	6	16
40-0	1153	36	9	7	23	24	118	19	7	16
0 - 200	1455	40	9	6	29	24	118	20	8	17
20-200	1298	33	8	6	27	26	138	21	7	17
40-200	1185	34	8	6	27	25	124	20	8	19
p	0,958	0,686	0,518	0,945	0,700	0,663	0,389	0,972	0,693	0,462
CV (%) <sup>5</sup>	15,52	20,61	15,78	22,57	13,64	11,09	9,25	12,27	10,60	6,53
CP <sup>6</sup>	1	0	0	0	0	0	2	0	1	1
Curva ajustada	Lin <sup>1</sup>	Cte Fig = 21	Cte Cor = 16	Cte Pro = 23	Cte Moe = 14	Cte Duo = 11	Quad <sup>2</sup>	Cte Íleo = 12	Lin <sup>3</sup>	Lin <sup>4</sup>
R <sup>2</sup>	0,99	0	0	0	0	0	0,83	0	0,96	0,98

PC: peso corporal (g); Fig: peso do fígado (g); Cor: peso do coração (g); Pro: peso do proventrículo (g); Moes: peso da moela (g); Duo: comprimento do doudeno (cm); Jej: comprimento do jejuno (cm); Íleo: comprimento do íleo (cm); Colret: comprimento do cólon-retro (cm); Cec: média do comprimento dos cecos (cm).

p: Probabilidade de declarar significativo efeito principal da FBD ou do CE inexistentes ou o efeito da interação FBD e CE inexistente. CV: Coeficiente de variação; Componente polinomial de maior grau significativo; Equação da função polinomial ajustada: Cte: Constante; Lin: Linear; Qua: Quadrática; <sup>1</sup>PC= 1433,133 - 6,590 FBD; <sup>2</sup>Jej= 116,900 + 1,206 FBD - 0,027 FBD<sup>2</sup>; <sup>3</sup>Colret= 7,336 + 0,002 FBD; <sup>4</sup>Cec= 16,545 + 0,031 FBD.

## DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE FRANGOS DE CORTE

Portanto, a composição das dietas experimentais e o aumento da pulverulência da ração com o aumento do teor de farinha de batata doce na dieta podem ser explicações para os resultados constatados para pesos da moela e do proventrículo e comprimento do cólon-reto.

Aos 28 dias de idade das aves observou-se efeito ( $p < 0,05$ ) da farinha de batata doce, com resposta polinomial linear decrescente, sobre o peso corporal dos frangos de corte. Para o efeito do complexo enzimático verificou-se significância sobre o comprimento do cólon-reto e média do comprimento dos cecos, ambos com resposta polinomial linear crescente. Nesse mesmo dia de avaliação, também se verificou efeito quadrático para o comprimento do jejuno com ponto de máximo de 22,33% independentemente da suplementação com o complexo enzimático (tabela V).

Avaliando o efeito de uma dieta à base de tremoço, que contém alto teor de fibra, e de outra à base de farelo de soja, ou seja, com baixo percentual de fibra, Olkowski *et al.* (2005) encontraram maiores pesos e comprimentos relativos do duodeno, jejuno, íleo e cecos para os frangos de corte que consumiram dieta à base de tremoço. Esses autores relacionaram os resultados à menor disponibilidade de nutrientes devido às características consistentes com hiperplasia adaptativa da mucosa intestinal.

Pinheiro *et al.* (2008) realizaram experimento para avaliar os efeitos da utilização de enzimas exógenas em dietas para frangos de corte em crescimento, baseadas em milho

e farelo de soja, com níveis baixo e alto de fibras e verificaram que o peso dos cecos foi maior para as aves que consumiram a dieta com alta fibra ( $p < 0,05$ ).

Zhang *et al.* (1993), trabalharam com frangos de corte de 7 a 21 dias de idade e verificaram que o aumentando a temperatura de extrusão da soja de 104°C para 155°C ocorreu melhora no ganho de peso das aves e atribuíram o resultado a redução de fatores antinutricionais e aumento da digestibilidade de aminoácidos.

Considerando-se que a fase pré-inicial representa cerca de 20% do período total de vida do frango de corte e que a nutrição da primeira semana de vida apresenta forte correlação com o peso dos animais aos sete dias de idade e com o peso de abate (Uni e Ferket, 2004), sugere-se que para estudos posteriores as dietas sejam formuladas com base em aminoácidos digestíveis e que a farinha de batata doce seja fornecida a partir da segunda semana de vida dos frangos de corte.

## CONCLUSÕES

O aumento do percentual de farinha de batata doce em substituição ao milho na dieta de frangos de corte interfere negativamente no peso corporal, no peso de órgãos e no comprimento dos segmentos intestinais.

A suplementação do complexo enzimático (fitase, protease, xilanase,  $\beta$ -glucanase, celulase, amilase e pectinase) não influencia a alometria de órgãos e a biometria intestinal dos frangos de corte.

## BIBLIOGRAFIA

- Bedford, M.R. and Apajalahti, J. 2001. Microbial interactions in response to exogenous enzyme utilization. In: Bedford, M.R., Partridge, G.G. (Eds.). *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI Publishing, Guelph. pp. 299-314.
- Campestrini, E., Silva, V.T.M. e Appelt, M.D. 2005. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Rev. Eletr. Nutritime*, 2: 254-267.
- FAO. 2009. FAOSTAT 2007. FAO statistical databases. 2007. [www.fao.org.br](http://www.fao.org.br) (18/12/09).
- Garcia, R.G., Mendes, A.A., Andrade, C., Paz, I.C.L.A., Takahashi, S.E., Pelícia, K., Komiyama, C.M. e Quinteiro, R.R. 2005. Avaliação do desempenho e de parâmetros gastrintestinais de frangos de corte alimentados com dietas formuladas com sorgo alto tanino e baixo tanino.

- Ciênc. Agrotecnol.*, 29: 1248-1257.
- Gonçalves, M.F.V., Sarmiento, S.B.S., Dias, C.T.S. e Marquezzini, N.M. 2009. Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em microondas. *Ciênc. Technol. Alim.*, 29: 270-276.
- González-Alvarado, J.M., Jiménez-Moreno, E., Valencia, D.G., Lázaro, R. and Mateos, G.G. 2008. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poultry Sci.*, 87: 1779-1795.
- Hetland, H., Svihus, B. and Choct, M. 2005. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. *J. Appl. Poultry Res.*, 14: 38-46.
- Hetland, H. and Svihus, B. 2001. Effects of oat hulls on performance gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *Brit. Poultry Sci.*, 42: 354-361.
- Lin, J.H., Wang, S.W. and Chang, Y.H. 2008. Effect of molecular size on gelatinization thermal properties before and after annealing of rice starch with different amylose contents. *Food Hydrocoll.*, 22: 156-163.
- Macari, M., Furlan, R.L. e González, E. 2002. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2ª ed. FUNEP/FAPESP. Jaboticabal. pp. 375.
- Nir, I., Shefet, G. and Nitsan, Z. 1993. Effect of grain particle size performance. 2. Grain texture interactions. *Poultry Sci.*, 73: 781-791.
- Olkowski, B. I., Classen, H. L., Wojnarowicz, C. and Olkowski, A.A. 2005. Feeding high levels of lupine seeds to broiler chickens: plasma micronutrient status in the context of digesta viscosity and morphometric and ultrastructural changes in the gastrointestinal tract. *Poultry Sci.*, 84: 1707-1715.
- Oliveira, P.B., Murakami, A.E., Garcia, E.R.M., Macari, M. e Scapinello, C. 2000. Influência de fatores antinutricionais da *Leucaena leucocephala* e *Leucaena cunningan*) e do feijão Guandu (*Cajanus cajan*) sobre o epitélio intestinal e desempenho de frangos de corte. *Rev. Bras. Zootecn.*, 6: 1759-1769.
- Pinheiro, C.C., Rego, J.C.C., Ramos, T.A., Silva, B.K.R. e Warpechowski, M.B. 2008. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte consumindo dietas formuladas com diferentes níveis de fibra e suplementadas com enzimas exógenas. *Ciênc. Anim. Bras.*, 9: 984-996.
- Ribeiro, A.M.L., Magro, N. e Penz Júnior, A.M. 2002. Granulometria do milho em rações de crescimento de frangos de corte e seu efeito no desempenho e metabolismo. *Rev. Bras. Ciênc. Avíc.*, 4: 41-47.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S. e Barreto, S.L.T. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2ª ed. Departamento de Zootecnia. UFV. Viçosa. 186 pp.
- Shamal, K., Bianco-Peled, H. and Shimoni, E. 2003. Polymorphism of resistant starch type III. Carbohydrate polymers. Kidlington Oxford. *Carbohydr. Polym.*, 54: 363-369.
- Uni, Z. and Ferket, R.P. 2004. Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Sci.*, 60: 101-111.
- Wyatt, C.L. e Bedford, M.R. 1998. Uso de enzimas nutricionais para maximizar a utilização de nutrientes pelo frango de corte em dietas à base de milho: recentes progressos no desenvolvimento e aplicação prática. Seminário Técnico Finnfeeds. FINNFEEDS. Curitiba. pp. 2-12.
- Zhang, Y., Parsons, C.M., Weingartner, K.E. and Wijeratne, W.B. 1993. Effects of extrusion and expelling on the nutritional quality of conventional and Kunitz trypsin inhibitor-free soybeans. *Poultry Sci.*, 72: 2299-2308.