

ESTUDO DO VALOR NUTRITIVO DO FARELO DE GUANDU [CAJANUS CAJAN (L.) Millps] VAR. FAVA LARGA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE¹

1. AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO TÉRMICO

ANTONIO CELSO PEZZATO, ANTONIO CARLOS SILVEIRA, LUIZ ROBERTO FURLAN,
LUIZ EDIVALDO PEZZATO e CINIRO COSTA²

RESUMO - O experimento teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento térmico sobre os fatores antinutricionais presentes no guandu. Foram utilizados 288 pintos de corte em duas baterias metálicas, distribuídos num delineamento experimental em quatro blocos, num esquema fatorial de 3 x 3, em três temperaturas: 100, 110 e 120 °C e três tempos de autoclavagem: 10, 20 e 30 minutos. Após o processamento, secagem e moagem dos grãos, foram analisadas a atividade ureática e a solubilidade da proteína como parâmetros de sub ou superaquecimento durante o processo de inativação dos inibidores de proteases. No final, constatou-se que o melhor tratamento foi proporcionado pelo guandu tratado durante 20 minutos ($p < 0,05$) independentemente das temperaturas de autoclavagem, resultando num menor consumo de ração. As aves não apresentaram nenhuma alteração histopatológica nos rins, no fígado, no pâncreas, no coração e nos intestinos.

Termos para indexação: inibidores de proteases, atividade ureática, solubilidade da proteína, eficiência de utilização da proteína, eficiência de utilização da energia metabolizável.

STUDY ON THE NUTRITION VALUE OF PIGEON PEA MEAL [CAJANUS CAJAN (L.) MILLPS] IN BROILER FEED

1. EVALUATION OF THERMIC TREATMENT

ABSTRACT - The experiment was conducted to evaluate pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein in broiler chicks (up to 28 days of age) feeding, as compared to soybean (*Glycine max*) protein. In the experiment the effects of temperature and autoclaving on antinutritional factors on pigeon pea meal were studied. Temperatures of 100, 110 e 120 °C and times of autoclaving of 10, 20 and 30 minutes were applied using a two-way factorial design, replicated in four times. Underheating and overheating during the process of inactivation of proteases inhibiting were evaluated by ureatic activity and protein solubility analysis, after the grains were dried and ground. After 28 days, the best time of autoclaving was 20 minutes ($p < 0,05$) irrespectively of temperature, which lead to a lower feed consumption. There were no histopathological alterations in kidney, liver, pancreas, heart and intestines of the broilers.

Index terms: protease inhibitors, ureatic activity, protein solubility, efficiency of protein utilization, efficiency of metabolizable energy utilization.

¹ Aceito para publicação em 20 de fevereiro de 1995.

Extraído da Tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do título de Doutor em Zoo., Área Nutrição e Prod. Animal, Fac. de Med. Vet. e Zoo., UNESP, Botucatu, SP.

² Eng. Agr., Dr. Prof. Ass. da FMVZ-UNESP, Câmpus de Botucatu, Caixa Postal 502, CEP 18.618-000 Botucatu, SP.

³ Eng. Agr., Prof. Titular da FMVZ-UNESP.

⁴ Zoot., M. Sc. FMVZ-UNESP.

⁵ Zoot., Dr. Prof. Ass. da FMVZ-UNESP.

INTRODUÇÃO

O guandu, largamente distribuído nas regiões tropicais, tem assumido importância como fonte de proteínas na alimentação humana, como adubo verde e como planta forrageira, pelo seu alto valor protéico. Entretanto, normalmente estão presentes nos grãos de guandu os inibidores da tripsina e das hemaglutininas, que são prejudiciais ao organismo animal. A

inclusão de 20% de farelo de guandu em rações de aves depressiu o ganho de peso e o consumo de ração em 8,5% e 8,25%, respectivamente, e aumentou o peso do pâncreas, indicando a presença desses inibidores de proteases (Nambi & Gomez, 1983). Esses autores verificaram ainda que aves alimentadas com guandu autoclavado por 15 minutos mostraram um ganho de peso 5,45% maior em relação à dieta controle.

Este trabalho teve por objetivo determinar um tratamento térmico adequado, conjugando-se um tempo e uma temperatura para o processo de inativação dos fatores antinutricionais presentes no farelo de guandu, para alimentação de aves.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em baterias metálicas no Laboratório de Nutrição Experimental do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Câmpus de Botucatu. As baterias eram dotadas de um comedouro/parcela para fazer o controle do consumo de ração e um bebedouro comum a cada duas parcelas. Para tanto, o ensaio experimental foi instalado com um nível fixo de farelo de guandu em todos os tratamentos (10%), num delineamento em blocos ao acaso, num esquema fatorial 3 x 3, com três tempos de autoclavagem (10, 20 e 30 minutos) e três temperaturas (100, 110 e 120 °C), a fim de se estabelecer o(s) melhor(es) tratamento(s) para a eliminação dos fatores antinutricionais. A fase experimental com os animais teve uma duração de 28 dias, correspondente à fase inicial de criação dos frangos de corte. Nesse período, foi medido o peso vivo e o consumo de ração das aves no 1º, 14º, 21º e 28º dias de idade, e a mortalidade foi computada no decorrer de todo o período experimental. Por esses controles, pôde-se avaliar o peso vivo, o consumo de ração, a conversão e eficiência alimentar, os consumos de proteína e de energia metabolizável das aves e a mortalidade de todas as unidades experimentais. No final do experimento, foram sacrificadas duas aves por unidade experimental, para se efetuar a retirada dos órgãos para pesagem e exames anátomo-histológicos, a fim de se avaliarem possíveis alterações decorrentes da presença de fatores antinutricionais, normalmente presentes nas leguminosas.

As rações experimentais foram balanceadas para atender aproximadamente às exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (1983). Todos os tratamentos receberam os mesmos ingredientes em iguais quantidades, diferindo apenas os processamentos a que o farelo de

guandu era submetido durante a autoclavagem. As rações foram formuladas à base de milho, farelo de soja, farinha de carne e osso, farelo de guandu, fosfato bicálcico, calcário calcítico, DL-metionina, sal comum (cloreto de sódio), suplementos vitamínico e mineral. Os dados da composição centesimal e nutricional estão na Tabela 1. Para autoclavagem, foram utilizados 12 kg de grãos de guandu por tratamento, os quais foram previamente umedecidos em água durante dez minutos, para garantir uma eficiente ação conjunta da umidade com os fatores tempo e temperatura, na inativação dos fatores antinutricionais (Renner et al., 1953 e Röhr, 1978). Após a autoclavagem, o guandu foi colocado em estufas a 40 °C, com circulação forçada de ar até a completa secagem, para posterior moagem.

Foram utilizados 288 pintos de corte da linhagem ROSS, todos machos, vacinados contra *Marek* no incubatório e contra *New Castle*, via ocular, no oitavo dia de vida. As aves foram distribuídas ao acaso nas 36 unidades experimentais, perfazendo, dessa maneira, um total de nove tratamentos, em quatro blocos. Os animais receberam água e ração *ad libitum*, e a temperatura nos primeiros oito dias foi mantida artificialmente com lâmpadas incandescentes.

A composição química dos ingredientes em termos de fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) pela determinação do nitrogênio, foi analisada segundo as recomendações da Association of Official Analytical Chemists (1984). A matéria seca parcial do guandu, após o processamento na autoclave, foi mensurada de acordo com Harris (1984), e a matéria seca definitiva a 105 °C, de todos os ingredientes, segundo a AOAC (1984). O preparo das cinzas para a determinação do cálcio e do fósforo dos ingredientes foi realizado pelo método descrito por Close & Menke (1986), e a dosagem do cálcio, pelo método da absorção atômica, enquanto a do fósforo foi por espectrofotometria, descrito por Bolts & Mellon (1948). Os aminoácidos das amostras experimentais foram submetidos a hidrólise ácida (Elkin & Griffith, 1985) e determinados em um analisador de aminoácidos na Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP). Os dados da energia metabolizável dos alimentos foram obtidos da *Tabela de Composição de Alimentos para Aves e Suínos* (EMBRAPA, 1985). A atividade ureática das amostras do guandu, submetidas a diferentes temperaturas e a tempo de processamento para a inativação dos inibidores das proteases, foi analisada pelo método descrito no AOCS (1980), e a solubilidade das proteínas em hidróxido de potássio, segundo Araba & Dale (1990a).

O experimento foi avaliado por meio de um desenho experimental em blocos ao acaso, num esquema fatorial 3 x 3, com três temperaturas (100, 110 e 120 °C) e três

TABELA 1. Composição centesimal (%) e nutricional das rações experimentais.

Ingredientes	%	Nutrientes ²	Ração
Milho, fubá	56,72	EM, kcal/kg	2920
Soja, farelo	27,59	PB, %	21,70
Carne e osso, farinha	3,00	Ca, %	0,970
Guandu, farelo	10,00	P disponível, %	0,484
Fosfato bicálcico	1,28	Met, %	0,432
Calcário calcítico	0,51	Met + Cis, %	0,801
DL-metionina	0,10	Lys, %	1,171
Suplementos vitamínico e mineral ¹	0,80	Trp, %	0,301
Sal comum (cloreto de sódio)	0,30	Val, %	1,034

¹ Suplemento vitamínico e mineral para frangos de corte inicial, fornecendo, por quilograma de ração: 10.000 UI de vitamina A, 2.000 UI de vitamina D3, 30ppm de vitamina E, 2ppm de vitamina B1, 6ppm de vitamina B2, 13ppm de ácido pantotênico, 3ppm de vitamina B6, 0,02ppm de vitamina B12, 30ppm de niacina, 1ppm de ácido fólico, 0,1ppm de biotina, 0,4ppm de cobalto, 8ppm de cobre, 80ppm de ferro, 0,8ppm de iodo, 60ppm de manganês, 0,2ppm de selênio e 40ppm de zinco.

² Valores calculados, para suprir, no mínimo, as exigências nutricionais/1.000 kcal EM, segundo ROSTAGNO et al. (1983).

tempos (10, 20 e 30 minutos) de autoclavagem. Após a análise de variância dos parâmetros analisados, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias da atividade ureática (AU) e da solubilidade da proteína (SP) do farelo de guandu para os tratamentos experimentais encontram-se na Tabela 2. Comparando-se os valores médios, pode-se constatar que a atividade ureática apresenta um comportamento decrescente em função do tempo e da temperatura, em que, à medida que se eleva a temperatura ou a duração do tratamento térmico, ocorre uma indicação de maior inativação dos fatores antinutricionais. Entretanto, Röhr (1978) sugeriu que, após o tratamento térmico do farelo de soja, a AU não deveria ser inferior a 0,05 de variação de pH, limite que indica um aquecimento excessivo, e nem superior a 0,15, o que seria indicativo de uma ineficaz inativação dos inibidores de proteases. Já a American Feed Manufacturers Association (1979) estabelece limites de AU entre 0,05 e 0,20. Apesar desses limites, Abraham et al. (1971) ressaltaram que o limite inferior, mesmo próximo de zero, não implica prejuízos na qualidade da proteína, o que não se verifica para o limite superior. Tal fato foi comprovado experimentalmente por Araba & Dale (1990a).

Embora as análises do farelo de guandu tenham apresentado valores de AU superiores àqueles determinados para o farelo de soja, Waldroup et al. (1985) e Araba & Dale (1990a, 1990b) ressaltaram que esse parâmetro, isoladamente, não avalia os efeitos do superprocessamento térmico. De maneira semelhante à AU, a solubilidade da proteína se comportou de forma decrescente, tanto em relação à temperatura como ao período do processamento térmico do guandu (Tabela 2), apresentando o maior valor (98,77%) a 100 °C/10 minutos e o menor (62,12%) à 120 °C/30 minutos. Araba & Dale (1990a, 1990b) demonstraram que valores entre 70 e 85% de SP indicariam os pontos de processamento térmico corretos do farelo de soja. De acordo com Heuisuck et al. (1991), as proteínas que possuem altos níveis de aminoácidos sulfurados são as mais propensas à formação das pontes de dissulfetos, com tendência a uma maior insolubilidade quando submetidas ao processamento térmico. No presente trabalho, pôde-se constatar que o guandu apresentou valores de até 98,77% (100 °C/10 minutos), portanto superior aos encontrados para o farelo de soja, fato possivelmente atribuído à menor quantidade de aminoácidos sulfurados em sua estrutura, que acarretou uma menor insolubilidade quando o grão de guandu foi tratado termicamente.

TABELA 2. Médias da atividade ureática (AU = Δ pH) e da solubilidade da proteína (%) nos diferentes tratamentos.

Temperatura °C	100			110			120		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
AU ¹	1,94	1,81	1,38	1,42	0,49	0,14	0,08	0,07	0,06
SP ² (%)	98,77	95,85	84,07	79,64	73,03	66,80	74,67	64,43	62,12

¹ AU = atividade ureática, na qual Δ pH representa a variação do pH.

² SP = solubilidade da proteína.

A Tabela 3 mostra os valores médios de peso vivo (g), consumo de ração (g) e conversão alimentar das aves aos 28 dias de idade. Pela análise estatística não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) dos fatores tempo e temperatura para as variáveis peso vivo, consumo de ração e conversão alimentar, que apresentaram médias de 806,84g, 1473,00g, 1,833g, respectivamente. O desempenho apresentado pelas aves criadas em bateria no presente ensaio pode ser considerado normal, uma vez que todas as raças apresentavam 10% de guandu, indicando que as diferentes combinações de tempo e temperatura utilizadas foram eficientes na inativação dos inibidores de proteases presentes no guandu, à semelhança dos resultados relatados por Araba & Dale (1990a, 1990b) trabalhando com soja e Nambi & Gomez (1983), com guandu. A similaridade dos resultados obtidos nas diferentes combinações de tempo e temperatura, mesmo a 100 °C por 10 minutos, evidencia a facilidade de inativação dos inibidores de proteases do guandu, possivelmente atribuída ao fato de o guandu possuir inibidores de tripsina do tipo *KUNITZ*, que, por possuir menor número de pontes de dissulfetos, confere menor resistência ao tratamento térmico (Edelhoc & Steiner, 1963), e também ao fato de o guandu apresentar menor concentração de inibidores de proteases em comparação a outras leguminosas (Liener, 1973, citado por Nambi & Gomez, 1983).

Na Tabela 4 encontram-se os dados da relação percentual entre os pesos do pâncreas, do fígado, dos intestinos, do coração e dos rins das aves aos 28 dias de idade. A eficiência dos tratamentos experimentais também foi evidenciada pela ausência de alterações histopatológica e de hipertrofia, bem como pela normalidade da relação percentual entre

os pesos desses órgãos e o peso corporal. Embora no presente trabalho não tenha ocorrido pâncreas hipertrófico, o valor médio obtido para a relação percentual entre o peso desse órgão e o peso corporal foi de 0,3075%, que está no limite do preconizado por Liener & Kakade (1980), que identificam como pâncreas hipertrófico aquele cuja relação é maior que 0,3%. Tanto a hipertrofia como a hiperplasia do pâncreas constituem um indicativo da possível presença de inibidores de proteases, conforme descrito por Chernick et al. (1948) e confirmado posteriormente por Shing et al. (1964) e Lepkovsky et al. (1965), patologias decorrentes de hiperatividade do pâncreas, para compensar os efeitos dos inibidores da tripsina (Lyman & Lepkovsky, 1957 e Garlich & Mian, 1986). Deve-se ressaltar que a relação percentual entre os pesos do pâncreas e o corporal de 0,3, encontrada por Liener & Kakade (1980), sugestiva de pâncreas hipertrófico, foi obtida com farelo de soja; entretanto, no caso do farelo de guandu, provavelmente esse valor esteja acima do estipulado pelos autores.

Na Tabela 5 encontram-se os resultados do consumo de ração agrupados em função da temperatura e do tempo de processamento, no qual o menor consumo de alimentos verificado para o tempo de 20 minutos sem prejuízo para os demais parâmetros produtivos, constitui um indicativo de que seria esse o tempo ideal de processamento, no qual ocorreria a inativação dos inibidores de proteases, sem comprometer a disponibilidade de nutrientes. Kakade & Evans (1966), estudando os inativadores de proteases em várias leguminosas, evidenciaram a importância da combinação de temperatura e tempos no tratamento delas, para não afetar negativamente o desempenho dos animais,

TABELA 3. Desempenho das aves aos 28 dias de idade.

Tratamentos ¹	P V ² (g)	C R ³ (g)	C A ⁴	EA ⁵ (%)
100/10	775,13	1484,23	1,920	52,62
100/20	798,13	1432,81	1,795	54,46
100/30	836,47	1551,03	1,883	55,00
110/10	842,50	1552,05	1,844	55,86
110/20	758,28	1369,22	1,811	55,52
110/30	859,69	1477,81	1,727	56,31
120/10	820,46	1499,24	1,828	53,84
120/20	810,31	1440,63	1,780	58,31
120/30	760,63	1449,96	1,909	52,48
Média	806,84	1473,00	1,833	54,93
D P ⁶ (±)	55,31	91,64	0,155	4,245
C V ⁷ (%)	6,85	6,22	8,47	8,19

¹ Tratamentos: o primeiro número refere-se à temperatura e o segundo, ao tempo de processamento na autoclave.

² Peso vivo sem diferenças significativas ($p > .05$) pelo teste de Tukey.

³ Consumo de ração, com diferença significativa ($p > .05$) apenas para o fator tempo de autoclavagem.

⁴ Conversão alimentar, sem diferenças significativas ($p > .05$) pelo teste de Tukey.

⁵ Eficiência alimentar, sem diferenças significativas ($p > .05$) pelo teste de Tukey.

⁶ Desvio padrão.

⁷ Coeficiente de variação.

TABELA 4. Relação percentual entre o peso de vários órgãos e o peso vivo das aves aos 28 dias de idade.

Tratamentos ¹	Órgãos				
	Pâncreas ²	Fígado ²	Intestino ²	Coração ²	Rins ²
100/10	0,3311	2,0068	4,6560	0,6648	0,8416
100/20	0,3011	2,2841	4,0964	0,6982	0,9465
100/30	0,2974	2,1420	4,2360	0,7628	0,8710
110/10	0,2853	2,1418	4,0727	0,8041	0,8319
110/20	0,3063	2,3248	4,2621	0,7852	0,9098
110/30	0,3225	2,0888	4,3479	0,7231	0,8045
120/10	0,3148	2,2067	4,5388	0,8099	0,8569
120/20	0,3205	2,1637	4,4487	0,6813	0,8469
120/30	0,2888	2,0903	4,1661	0,7685	0,8592
Médias	0,3075	2,1610	4,3138	0,7742	0,8631
D P ³ (±)	0,0543	0,2427	0,5078	0,1387	0,0708
C V ⁴ (%)	17,64	11,23	11,77	18,64	8,20

¹ Tratamentos: o primeiro número refere-se à temperatura e o segundo, ao tempo de processamento na autoclave.

² Não houve diferenças significativas ($p > .05$) pelo teste de Tukey.

³ Desvio-padrão.

⁴ Coeficiente de variação.

observando que, na temperatura de 120 °C, o tempo de cinco minutos foi suficiente para inativar os fatores antinutricionais. Pela Tabela 6 pode-se observar que, apesar do consumo alimentar mostrar-se diferente entre os tempos de processamento, não

houve comprometimento na ingestão de energia (5.349,11kcal EM/kg PV) e de proteínas (397,10g/kg PV), o que explicaria a similaridade no desempenho geral das aves, independentemente dos tratamentos experimentais.

Na Tabela 7 podem ser observadas as taxas de mortalidade para as diferentes combinações de tempo e temperatura no processamento do guandu, em que se destaca uma mortalidade nula para o tempo de 20 minutos, independentemente da temperatura utilizada. Em virtude do menor consumo de alimentos sem afetar o desempenho das aves e da taxa de mortalidade nula, o tratamento térmico por 20 minutos foi considerado o mais eficiente no processamento do guandu, uma vez que, no presente trabalho, pelas análises químicas da solubilidade da proteína (SP) e da atividade ureática (AU), pode-se verificar que os melhores tratamentos foram os obtidos às temperaturas de 100 e 110 °C.

TABELA 5. Consumo de ração em função da temperatura e do tempo de processamento do feijão guandu (g/ave).

Tratamentos ¹	Fator temperatura	Tratamentos ²	Fator tempo
100	1489,357 ^a	10	1511,842 ^a
110	1466,362 ^a	30	1489,357 ^{ab}
120	1463,274 ^a	20	1466,362 ^b

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($p < .05$).

¹ Tratamentos: os números referem-se à temperatura de processamento do grupo na autoclave, independentemente do tempo de processamento.

² Tratamentos: os números referem-se ao tempo de processamento do grupo na autoclave, independentemente da temperatura de processamento.

TABELA 6. Consumo de energia metabolizável (EM) e de proteínas (PB) por quilograma de peso vivo (PV) pelas aves, aos 28 dias de idade.

Tratamentos ¹	Consumo	
	kcal EM/kg PV ²	g PB/kg PV ³
100/10	5.605,48	416,13
100/20	5.240,77	389,06
100/30	5.496,97	408,08
110/10	5.383,22	399,64
110/20	5.288,25	392,59
110/30	5.042,58	374,35
120/10	5.313,49	394,46
120/20	5.197,36	385,84
120/30	5.573,86	413,79
Média	5.349,11	397,10
D P ⁴ (±)	431,89	33,54
C V ⁵ (%)	8,45	8,45

¹ Tratamentos: o primeiro número refere-se à temperatura e o segundo, ao tempo de processamento na autoclave.

² Consumo de kcal de energia metabolizável por quilograma de peso vivo, sem diferenças significativas ($p > .05$) pelo teste de Tukey.

³ Consumo de g de proteína bruta por quilograma de peso vivo, sem diferenças significativas ($p > .05$) pelo teste de Tukey.

⁴ Desvio-padrão.

⁵ Coeficiente de variação.

TABELA 7. Taxa de mortalidade das aves aos 28 dias de idade.

	Tratamentos *								
	100/10	100/20	100/30	110/10	110/20	110/30	120/10	120/20	120/3
Taxa (%)	12,50	0	6,25	3,12	0	6,25	6,25	0	3,12
N.º Aves	32/4	32/0	32/2	32/1	32/0	32/2	32/2	32/0	32/1

* Tratamentos: o primeiro número refere-se à temperatura, e o segundo, ao tempo de processamento na autoclave.

CONCLUSÕES

1. Apenas este experimento ainda não nos permitiu estabelecer, de maneira conclusiva, o

tratamento térmico mais adequado para o grão de guandu, pelos limites de atividade ureática (AU), de solubilidade das proteínas (SP) e de índice de

relação percentual entre os pesos do pâncreas e corporal das aves, valores esses já estabelecidos para o farelo de soja.

2. Todos os tratamentos térmicos mostraram-se eficientes na inativação dos inibidores de proteases presentes no farelo de guandu. O melhor tratamento foi proporcionado pelo guandu tratado durante 20 minutos ($p < 0,05$), independentemente das temperaturas de autoclavagem.

3. As análises dos órgãos das aves não revelaram alterações histopatológicas, confirmando, dessa maneira, que ocorreu a inativação dos inibidores das proteases presentes nos grãos de guandu em todos os tratamentos.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, J.; ADRIAN J.; CALET, C. Heat treatment and quality of soybean protein. VII. Sensitivity of three animal species (rat, pig and chickens) and various biochemical tests to the intensity of the treatment of the oil meal. *Annales de Zootechnie*, Paris, v.20, p.75-86, 1971.
- AMERICAN FEED MANUFACTURERS ASSOCIATION. *Dehulled soybean meal*. American Feed Manufacturers Association Feed Ingredient Guide. Arlington: American Feed Industry Association, 1979. 91p.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. *Official and tentative methods of American Oil Chemists' Society*. 3rd ed. Champaign, Illinois: American Oil Chemists' Society. 1980.
- ARABA, M.; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. *Poultry Science*, Champaign, v.69, p.76-83, 1990a.
- ARABA, M.; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of underprocessing of soybean meal. *Poultry Science*, Champaign, v.69, p.1749-1752, 1990b.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 14th ed. Washington, D.C., 1984.
- BOLTS, D.F.; MELLON, M.G. Spectrophotometric determination of phosphorus as molybdophosphoric acid. *Analytical Chemistry*, Baltimore, v.20, p.749, 1948.
- CHEARNICK, S.S.; LEPKOVSKY, S.; CHAIKOFF, I.L. A dietary factor regulating the enzyme content of the pancreas. Changes induced size and proteolytic activity of the chick pancreas by ingestion of raw soybean meal. *American Journal of Physiology*, Bethesda, v.155, p.33-41, 1948.
- CLOSE, W.; MENKE, K.H. *Selected Topics in Animal Nutrition*. [S.l.]: Federal Republic of Germany, 1986. 170p. A manual prepared for the 3rd Hohenheim Course on Animal Nutrition in the Tropics and Semi-Tropics.
- EDELHOCH, H.; STEINER, R.F. Structural transition of soybean trypsin inhibitor. II. The denatured state in urea. *Journal Biological Chemistry*, New Haven, v.239, p.931-938, 1963.
- ELKIN, R.G.; GRIFFITH, J.E. Hydrolysate preparation for analysis of amino acids in sorghum grains: Effect of oxidative pretreatment. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, Arlington, v.68, p.1117-1121, 1985.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concordia, SC). *Tabela de composição química e de valores energéticos de alimentos para suínos e aves*. Concórdia, 1985. 28p. (Documentos, 8)
- GARLICH, J.D.; MIAN, M.A. The tolerance of turkeys to untoasted soybean meal. In: Proc. CAROLINE POULTRY NUTRITION CONFERENCE, *Proceedings*. [s.l.] Caroline Feed Industry Association, p.87-89, 1986.
- HARRIS, L.E. Nutrition Research Techniques for Domestic and Wild Animals. In: CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL. *Projeto sobre Composição dos Alimentos*. Gainesville: Univ. of Florida, 1984. p.1801-1-1801-3.
- HEUISUCK, L.; GARLICH, J.D.; PERKET, P.R. Effect of overcooked soybean on turkey performance. *Poultry Science*, Champaign, v.70, p.2509-2515, 1991.
- KAKADE, M.L.; EVANS, R.J. Effect of soaking and germinating on the nutritive value of navy beans. *Journal of Food Science*, Chicago, v.31, p.781-783, 1966.
- LEPKOVSKY, S.; FURUTA, K.; KOIKE, T. The effect of raw soya beans upon the digestion of protein and upon the function of pancreas of intact chickens with ileostomies. *British Journal of Nutrition*, London, v.19, p.41-56, 1965.

- LIENER, I. E.; KAKADE, M.L. Protease inhibitors. In: LIENER, I.E. (Ed.). **Toxic constituents of plant foodstuffs**. New York: Academic, 1980. p.7-71.
- LYMAN, R.L.; LEPKOVSKY, S. The effect of raw soybean meal and trypsin inhibitor diets on pancreatic enzyme secretion in the rat. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.62, p.269-284, 1957.
- NAMBI, J.; GOMEZ, M. Studies on the nutritive evaluation of pigeon peas (*Cajanus cajan*) as a protein supplement in broiler feeds. **Bulletin Animal Health Production Afr.**, Cracow, v. 31, p.215-222, 1983.
- RENNER, R.; CLANDININ, D.R.; ROBBLEE, A.R. Action of moisture on damage done during overheating of soybean oil meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 32, p.582-585, 1953.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras)**. Viçosa: Ed. Imprensa Universitária da Univ. Federal de Viçosa, 1983. 59p.
- RÖHR, R. O processamento do farelo de soja e sua utilização na alimentação animal. In: ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS EM NUTRIÇÃO AVÍCOLA, 1., 1978, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: [s.n.], 1978. p.111-140.
- SHING, H.; SCHAIBLE, P.J.; ZINDEL, H.C. The effects of cooked and raw soybeans supplemented with niacin or a multi-enzyme preparation upon the nutrition of chicks. **Q. Bulletin Mich. St. Univ. Agr. Exp. Stn, East Lousing**, v.47, p.17-23, 1964.
- WALDROUP, P.W.; RAMSEY, B.E.; HELLWIG, H.M. Optimum processing for soybean meal used in broilers diets. **Poultry Science**, Champaign, v.64, p.2314-2320, 1985.