

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

OKARA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE
INICIAL E DE CRESCIMENTO

Autor: Mayra Diaz Vargas
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Alice Eiko Murakami

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2013

OKARA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL E DE CRESCIMENTO

Autor: Mayra Diaz Vargas
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Alice Eiko Murakami

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá-Área de concentração: Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2013

À minha mãe e minha Irmã, Elvia,

Pelo amor, com que sempre me apoiaram, apesar de algumas vezes não concordarem com minhas escolhas. Pelo esforço que fizeram para me proporcionarem um futuro diferente, por me ensinarem que o estudo é o maior tesouro que podiam me dar. Por serem um exemplo de mulheres trabalhadoras, que muitas vezes trocaram seus sonhos pelos meus e pelos ensinamentos que formaram os alicerces da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente e me dar as forças necessárias.

Aos meus pais, Maria Luisa Vargas e Gil Diaz, pelo apoio incondicional.

Aos meus irmãos, minha cunhada e meus sobrinhos, pelo incentivo e apoio, obrigada.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter possibilitado a realização de meu mestrado.

À minha orientadora Prof^a Dr^a. Alice Eiko Murakami, pela oportunidade de fazer meu mestrado, por sua orientação, por acreditar que eu era capaz, por sua confiança, por me ajudar sempre, por se preocupar por mim, meu reconhecimento e agradecimento.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, pelo conhecimento repassado.

Às professoras Paula Pintro e Tatiana Carlesso dos Santos, pela colaboração nas análises, por emprestarem seus laboratórios e estarem sempre dispostas a me ajudar.

Aos secretários do Programa de Pós-Graduação, Rose Pepinelli e Denilson dos Santos, pela ajuda durante meu período no programa.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, em especial ao “Sr. Toninho” pela ajuda durante a realização dos trabalhos.

À Cristiane, Cinthia e Karla, muito obrigada por acreditarem em mim, por terem paciência para me ensinar, por sempre me apoiarem e se preocuparem comigo, por acreditarem que eu era capaz. Sem vocês eu não teria conseguido realizar estes trabalhos. Vocês, juntas com Tamara e Marcelisse, se converteram na minha família

aqui, sempre vou agradecer a Deus por tê-las colocado na minha vida, para estarem comigo nos momentos felizes e tristes.

Tamara e Marcelisse, morar com vocês foi o melhor presente. Obrigada por fazerem mais fácil a minha estadia por aqui.

Maíra, obrigada pelo companheirismo na realização dos experimentos, pelo apoio e a amizade.

Aos alunos de graduação e pós-graduação, Ana Flávia, Alexandra, Andressa, Bianca, Caio, Camila, Cleverson, Cristiano, Fernando, Guilherme, Henrique, Janaina, Jamile, Karol e Leonardo obrigada pela imensa colaboração. Obrigada, sem vocês não teria sido possível a realização dos experimentos.

Aos Professores Carlos Poveda e Angela Poveda pela ajuda para eu vir a estudar no Brasil.

Á Tatiana, Camilo e Jorge, por estarem presentes no inicio desta etapa.

Á Laura, Tiago, Bruno, Dani, Thiago, Marcel, Ivan, Maribell, Rafael, Fabio, Vinicius e Vittor, pela ajuda, amizade e apoio, obrigada.

Aos meus amigos Catalina, Laura, Carito, Yamile, Carola, Richar, Mauricio e Mario que apesar da distância, sempre estiveram presentes, dando-me apoio e me incentivando a continuar, obrigada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

BIOGRAFIA

MAYRA DIAZ VARGAS, filha de Maria Luisa Vargas e Gil Díaz, nasceu em Ibagué, Tolima (Colômbia), no dia 09 de junho de 1987.

Em Janeiro de 2011, concluiu o curso de Medicina Veterinária e Zootecnia pela Universidade del Tolima (Colômbia).

Em março de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal na Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT.....	xiv
I - INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
1. 1.1Soja.....	3
1.2 Processamento e composição do okara	4
1.3 Compostos fenólicos do okara... ..	7
1.4 Okara na alimentação de monogástricos	10
REFERÊNCIAS.....	12
II- OBJETIVOS GERAIS	16
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
III –Utilização do okara na alimentação de frangos de corte na fase inicial.....	17
Resumo.....	17
Abstract.....	18
Introdução	19
Material e Métodos.....	20
Resultados	e
Discussões.....	26Erro!
Indicador não definido.	
Conclusão.....	38
Referências	39
IV – Utilização do resíduo do extrato aquoso (okara) na alimentação de frangos de corte na fase de crescimento.....	42
Resumo.....	42
Abstract.....	43
Introdução	44
Material e Métodos	45
Resultados e Discussões	50
Conclusão.....	60
Referências	61
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	64

LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo I	
Tabela 1 Composição do okara, segundo autores	6
Capítulo II	
Tabela 1. Composição percentual e calculada da ração referência.....	21
Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais de 1 a 21 dias e 22 a 42 dias de idade.....	23
Tabela 3. Desempenho (\pm erro padrão) de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	29
Tabela 4. Peso relativo (%) dos órgãos do trato gastro intestinal e comprimento (cm) (\pm erro padrão) de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara	30
Tabela 5. Altura de vilo (μ m) e relação altura de cripta (\pm erro padrão) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	33
Tabela 6. Colestetol total (mg dL ⁻¹) e triglicérides (mg dL ⁻¹) (\pm erro padrão) de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	34
Tabela 7. Rendimento de carcaça (%) e de cortes (%) (\pm erro padrão) de frangos abatidos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	34
Tabela 8. Análise econômica (R\$) de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade utilizando-se como base o ganho de peso e o consumo de ração.....	36
Tabela 9. Análise econômica (%) de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade utilizando-se como base o ganho de peso e o consumo de ração (Controle=100).....	36
Capítulo III	
Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais inicial e crescimento.....	46
Tabela 2. Desempenho (\pm erro padrão) de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	51

Tabela 3. Rendimento de carcaça (%) e de cortes (%) (\pm erro padrão) de frangos abatidos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	51
Tabela 4. Colesterol total (mg dL ⁻¹), triglicérides (mg dL ⁻¹), cálcio (mg dL ⁻¹) e fósforo (mg dL ⁻¹) (\pm erro padrão) de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	53
Tabela 5. Parâmetros ósseos da tíbia (\pm erro padrão), na matéria seca desengordurada de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	54
Tabela 6. Parâmetro de qualidade de carne (\pm erro padrão) de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.....	55
Tabela 7. Evolução da oxidação lipídica (valores de TBARS expressados como mg de MDA/kg) da carne (coxa e sobre coxa) de frangos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara durante diferentes períodos de armazenamento.....	57
Tabela 8. Análises econômicas em reais de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade utilizando como base o ganho de peso e o consumo de ração.....	58
Tabela 9. Análises econômicas em porcentagens de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade utilizando-se como base o ganho de peso e o consumo de ração (Controle=100).....	59

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo I	
Figura 1. Fluxograma para elaboração de okara.....	5
Capítulo II	
Figura 1. Custo bruto da ração (R\$/kg) de 1 a 21 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo com base o preço do farelo de soja, simulando alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).....	37
Figura 2. Custo médio bruto da ração (R\$/kg) de 1 a 21 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo como base o preço do farelo de soja simulando alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).....	37
Capítulo II	
Figura 1. Custo médio da ração (R\$/kg) de 21 a 42 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo como base o preço do farelo de soja simulando-se alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).....	59
Figura 2. Custo bruto da Ração (R\$/kg) 21 a 42 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo como base o preço do farelo de soja, simulando alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

- B: Boro total
- CA: Conversão Alimentar
- CDEB: Coeficiente de digestibilidade energia bruta
- CDMS: Coeficiente de digestibilidade da matéria seca
- CDPB: Coeficiente de digestibilidade proteína bruta
- CEMA: Coeficiente de energia metabolizável aparente
- CMB: Custo bruto médio da ração
- CMR: Custo médio de ração
- CRA: Capacidade de retenção de água na carcaça
- Cu: Cobre
- EB: Energia bruta
- EDTA: Ácido etilenodiamino tetra-acético
- EE: Extrato etéreo
- EMA: Energia metabolizável aparente
- EMAn: Energia metabolizável aparente corrigida pelo balance de nitrogênio
- FB: Fibra bruta
- FC: Força de cisalhamento
- FDA: Fibra em detergente ácido
- FDN: Fibra em detergente neutro
- Fe: Ferro
- FEI: Fazenda Experimental de Iguatemi
- HDL: Lipoproteína de alta densidade
- IAU: Índice de atividade ureática
- IR: Índice de rentabilidade
- ISF: Isoflavona
- K: Potássio
- L: Linear;
- LANA: Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal
- LDL: Lipoproteína de baixa densidade
- MB: Margem bruta
- MDA: Malonaldeído
- Mg: Magnésio
- Mn: Manganês
- MN: Matéria natural
- MS: Matéria seca
- N: Nitrogênio total

- Ns: Não-significativo.
- P: Fósforo total
- PB: Proteína bruta
- PE: Ponto de equilíbrio
- PNA: Polissacarídeos não amiláceos
- PPC: Perda de peso por cocção
- Q: Quadrática.
- RBM: Receita bruta
- RBM: Receita bruta média
- RR: Ração referência
- S: Enxofre total
- TBA: Ácido tiobarbitúrico
- TBARS: Sustância reativa ao ácido tiobarbitúrico
- UEM: Universidade Estadual de Maringá
- Zn: Zinco

RESUMO

Foram realizados três experimentos para determinar o valor nutricional do okara e avaliar o efeito da inclusão deste resíduo sobre parâmetros zootécnicos, morfometria intestinal e qualidade da carne de frangos de corte. Experimento I- foram utilizados 168 frangos de corte machos com 21 dias de idade, distribuídos em gaiolas de metabolismo, em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos, quatro repetições e seis aves por unidade experimental. Para determinar o valor energético e a composição do okara, foi utilizado o método de coleta total de excretas, utilizando-se o óxido férrico como marcador. Os tratamentos foram: ração referência e dois níveis de substituição de okara de 20% e 40%. A energia do okara foi de 2.972 kcal de EMA/kg, com coeficiente de EMA de 60,72% expressos na matéria seca. Experimento II- foram utilizados 840 pintos de corte machos de 1 a 42 dias de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (2,5% 5,0%; 7,5% e 10% de inclusão de okara) e um controle, seis repetições de 28 aves por unidade experimental cada. As dietas foram ministradas do 1° ao 21° dia de vida das aves, sendo posteriormente, fornecida uma ração única à base de milho e farelo de soja. A inclusão de okara nas rações de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o ganho de peso e consumo de ração, sem afetar a conversão alimentar, no entanto, com o fornecimento de uma dieta sem okara de 21 a 42 dias de idade, houve recuperação das aves aos 42 dias de idade. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no rendimento de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa, no entanto, verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para o rendimento de asas, com maior peso no nível de 6,89% de inclusão de okara na ração. Os parâmetros de morfometria intestinal foram piores para as aves alimentadas com 7,5% de inclusão de okara, o que mostra um menor desenvolvimento da mucosa intestinal destas aves. De acordo com a avaliação econômica, a utilização do resíduo indica que na fase inicial o nível de 10,0% de inclusão é economicamente viável. Experimento III- foram utilizados 575 pintos de

corde machos da linhagem comercial Cobb com 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro níveis de inclusão de okara (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0%) mais um grupo controle, com cinco repetições e 23 aves por unidade experimental. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os diferentes níveis de inclusão para os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça, qualidade da carne, parâmetros ósseos e níveis séricos de colesterol, cálcio e fósforo aos 42 dias de idade. A inclusão de 10% de okara na dieta melhorou ($P<0,05$) a atividade antioxidante da carne, diminuindo a oxidação lipídica e aumentando o tempo de prateleira. Os níveis séricos de triglicérides apresentaram uma resposta quadrática ($P<0,05$), com menor valor apresentado com 6,53% de inclusão de okara. A avaliação econômica da utilização do resíduo com base no desempenho indicou a inclusão de 5,0 % de okara, que apresentou o melhor custo da ração, receita bruta média e margem bruta. De acordo com os resultados obtidos, o okara pode ser incluído nas dietas de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, até o nível de 10% na dieta, sem afetar o desempenho, rendimento, parâmetros ósseos e da qualidade da carne.

Palavras-chave: composição, desempenho, digestibilidade, okara, oxidação, resíduo.

ABSTRACT

Three experiments were carried out to determine the chemical composition, energetic values of okara and the inclusion effect of this residue concerning zootechnical parameters, intestinal morphology and meat quality of broilers chickens. Experiment I - 168 21-day old males broilers were distributed in a completely randomized design with three treatments, four replicates and six birds per experimental unit. To determine the energetic value and chemical composition of okara, the method used was the total excreta collection, using the iron oxide as a chemical marker. The treatments were a reference animal feed and two levels of okara replacement of 20% and 40%. The value for apparent metabolizable energy (AME), expressed in kcal/kg as fed basis, and the coefficient of metabolizability (CAME), in percentage, were respectively 2.972 and 60,72%. Experiment II – 840 one-day old males chicks were distributed in a completely randomized design with five treatments, six replicates and 28 chicks per experimental unit. The treatments consisted of diets containing 0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10% of okara. The experimental diets were administered from the 1st to the 21st days of life, after this period a diet based on corn and soybean meal was provided. The supplementation of okara decreases linearly the body weight gain and feed intake, without affecting the feed conversion, during the period from the 1 to the 21st days of life. Under a control diet (0% of okara) from the 21st to the 42nd days of life it was noticed that the birds recovery the performance parameters at the end of the experimental period. Although no improvements occurred on carcass, breast and leg yield, a quadratic effect was observed on wing yield, with higher yield at the level of 6.89% of okara. The parameters of intestinal morphology of animals fed with the level close to 7.5% of inclusion of okara were lower, so that compromises the development of the intestinal morphology. According to the economic evaluation of this residue it was observed that on the initial phase the level of 10.00% of inclusion of okara presented the best economic parameters. Experiment III - 575 21 day-old males broilers were distributed in a completely

randomized design with five treatments, five replicates and 23 chicks per experimental unit. The experimental diets corresponded to the same used in the Experiment II. The experimental diets were administered from the 21st to the 42st days of life, before that period a diet based on corn and soybean meal was provided. There was no difference between the different levels of inclusion for the parameters of performance, carcass yield, meat quality, bone parameters and serum levels of cholesterol, calcium and phosphorus at 42 days old. The inclusion of 10% of okara in broilers feed improved the antioxidant activity in meat, decreasing the lipid oxidation and increasing the expired date of the product. The levels of triglycerides show a quadratic behavior with the lowest level stated with 6.53% of okara. The economic evaluation of the use of this residue, based on performance parameters indicated the inclusion of 5.0% of okara as the one that show the best parameters relative to the cost of the animal feed, average gross income and gross margin. According to the results, okara can be included in diets for broiler chickens from 21 to 42 days old until the level of 10% in the diet, without affecting the performance, yield and bone parameters and the quality of the meat.

Na alimentação de frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias de idade) e na fase de crescimento (22 a 42 dias de idade) okara pode ser utilizado em até 10% de inclusão na ração sem prejuízo no desempenho, rendimento de carcaça, parâmetros sanguíneos e com melhores índices econômicos sendo economicamente viável na fase inicial sua utilização até 10% e na fase de crescimento em até 5%.

Key words: lipid oxidation, nutritional composition, okara, performance

INTRODUÇÃO

A avicultura de corte do Brasil é uma das principais atividades econômicas do país, com a produção aproximada de 12,8 milhões de toneladas de carne de frango (AVISITE, 2012), sendo o terceiro país produtor e maior exportador. No entanto, a alimentação é o fator que mais afeta os custos da produção, representando cerca de 60 a 70% do custo total. Assim, a procura por ingredientes alternativos que reduzam os custos de produção e mantenham os índices produtivos e qualidade dos produtos tem sido prioridade na indústria avícola.

A soja é a principal fonte de proteína de origem vegetal utilizada nas rações. Esta é utilizada na forma de farelo de soja e corresponde a aproximadamente 25 a 30% das dietas de frangos de corte, fornecendo 70% da suplementação proteica das rações (Dale, 1997).

Atualmente, a produção mundial anual de soja é de 263,7 milhões de toneladas, sendo 135,7 milhões produzidas na América do Sul, das quais 75,0 milhões são produzidas no Brasil. O estado de Mato Grosso é o maior produtor brasileiro de soja com produção de 20,4 milhões de toneladas, seguido pelo estado do Paraná com uma produção de 15,4 milhões de toneladas (Embrapa, 2011).

A soja é um alimento funcional, que possui aproximadamente 35,16% de proteínas, 20,01% de lipídios, 5,48% de cinzas e 5,13% de fibras e apresenta componentes de ação benéfica à saúde como os fosfolipídios, os antioxidantes, as fibras (Stauffer, 2002), os minerais e vitaminas (Souza, 2006).

A soja vem sendo utilizada há muitos anos na alimentação humana e na alimentação de outras espécies, o que acarreta maiores gastos ao produtor. Na alimentação humana, a soja é utilizada na elaboração de diversos produtos como o tofu (precipitado protéico), farinhas e farelos de soja, extrato aquoso de soja (extrato de soja). A partir do processamento de elaboração do extrato aquoso de soja, se obtém o

resíduo denominado okara ou resíduo de soja (Bowles, 2005), que após a secagem, é uma farinha de boa qualidade nutricional e baixo custo, que pode ser utilizada como matéria-prima em vários produtos.

O okara tem um teor de proteína bruta (PB) que varia de 28,4 a 42,3%, de lipídeos de 1,5 a 22,3%, de carboidratos de 5,3 a 52,9%, e de fibra bruta (FB) de 1,5 a 55,5% (Jackson et al., 2001; Taruna & Jindal, 2002; Lescano, 2004; Surel & Couplet, 2005; Wachilaphasakul et al., 2005; Bowles & Demiate, 2006; Simone et al., 2006; Redondo-Cuenca et al., 2006; Prestamo et al., 2007).

O okara possui um alto teor de ácidos graxos poliinsaturados, como o ácido linoléico e linolênico, alto teor de carboidratos (Redondo-Cuenca et al. 2008), compostos fenólicos, como os flavonóides, que são produtos do metabolismo secundário de plantas (Hollman & Katan, 1997). Os flavonóides têm ação antimicrobiana, antiviral, além de mecanismos complementares para neutralizar os oxidantes, estimular o sistema imune, regular a expressão gênica na proliferação celular, apoptose das células e metabolismo dos hormônios (Liu, 2004).

Pesquisas têm sido realizadas para avaliar a utilização do okara na alimentação de monogástricos, considerando a composição química do okara, rica em proteínas, gordura e compostos fenólicos.

Tarachai & Yamauchi (2001) avaliaram a utilização do resíduo determinando 2.700 kcal de energia metabolizável aparente/kg de matéria seca em frangos com 21 dias de idade, com um coeficiente de digestibilidade de energia metabolizável aparente de 49,6%. Além disso, encontraram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar das aves alimentadas com okara. Na alimentação de patos, o okara mostrou valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de 1.572 kcal/kg para patos de Pekin de três semanas de idade e 1.775 kcal/kg para patos Muscovy de sete semanas de idade (Farhat et al., 1998).

Embora sejam encontradas diferenças na literatura quanto à composição do okara, este pode ser incorporado nas rações de frangos de corte (Redondo-Cuenca et al., 2006), como uma fonte de proteína que pode substituir parcialmente o farelo de soja em função de sua qualidade nutricional.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. Soja

A soja é a principal fonte de proteína de origem vegetal utilizada nas rações de frangos de corte. Sua utilização, geralmente, se dá na forma de farelo de soja, com inclusão aproximada de 25 a 30%, fornecendo aproximadamente 70% da suplementação protéica das rações (Dale, 1997). No entanto, sabe-se que a soja apresenta vários fatores antinutricionais, como os inibidores de tripsina e lectinas. Assim, para ser utilizada na alimentação animal, a soja deve ser submetida a um processo térmico para inativar estes fatores antinutricionais presentes no grão.

A soja é um alimento funcional que possui aproximadamente 35,16% de proteínas, 20% de lipídios, 5,48% de cinzas e 5,13% de fibras (Ciabotti et al., 2006, Barbosa, 2007). Apresenta componentes de ação benéfica à saúde, entre os quais se destacam os fosfolipídios, os antioxidantes, as fibras (Staufer, 2002), os minerais (sódio, potássio, fósforo, ferro, magnésio, zinco e cálcio), as vitaminas (B1, B2, B3, ácido nicotínico e ácido ascórbico) (Souza, 2006). Além disso, apresenta fitoquímicos que têm atividade terapêutica e preventiva no tratamento de diferentes doenças, como doenças cardiovasculares, câncer, osteoporose, redução dos níveis de colesterol (Santos et al., 2004). Dentre os fitoquímicos da soja, encontramos os flavonóides, ácidos fenólicos, saponinas, glicosinolatos, glicoalcalóides, furanocumarinas e compostos cianogênicos (Genovese & Lajolo, 2001).

Dentro do grupo dos flavonóides, encontram-se a isoflavonas. Algumas pesquisas indicam que estes compostos seriam os responsáveis pelos efeitos positivos da soja (Crouse et al., 1999). Os flavonóides têm efeito benéfico no tratamento de doenças hormônio dependentes, incluindo câncer, sintomas da menopausa, doenças cardiovasculares e osteoporose (Setchell et al., 1999). Além das propriedades benéficas no tratamento de doenças hormônio dependentes, possui também propriedades biológicas como atividade antioxidante (Esaki et al., 1999; Esaki et al., 1998), atividade antifúngica e propriedades estrogênicas (Denis et al., 1999). As principais isoflavonas da soja são as daidzeína, genisteína e gliciteína (Kudou et al., 1991), que se apresentam como formas de conjugados glicosídios, dependendo da extensão do processamento ou fermentação (Wang & Murphy, 1996).

A soja é utilizada na alimentação humana e animal e devido ao seu elevado teor protéico, utilizada na elaboração de diversos produtos como o tofu (precipitado de soja), farinhas e farelos de soja, extrato aquoso de soja (extrato de soja).

1.2. Processamento e composição do okara

O okara, também chamado de polpa de soja, é o produto obtido do processamento dos grãos de soja para produção do extrato aquoso de soja e do tofu. Segundo Cabral & Castro (1994), um quilograma de soja produz em média sete quilogramas de extrato aquoso de soja, e deste processo são obtidos 1,1 kg de okara fresco. Após a sua secagem, são obtidos aproximadamente 250 gramas de okara seco (Bowles, 2006), o qual produz uma farinha de boa qualidade nutricional e baixo custo, que pode ser utilizada como matéria-prima em vários outros produtos. Considerando o processamento térmico ao qual é submetida, a farinha de okara está isenta de fatores antinutricionais (Aguirre et al., 1981).

Durante o processamento da soja para produção do extrato aquoso, a soja é cozida a 100°C por 5 minutos, mantendo uma relação de dois quilogramas de soja para cada litro de água. O cozimento é feito como tratamento térmico para inativar os fatores antinutricionais, como os inibidores de tripsina e lectinas, desnaturar as proteínas para torná-las mais digeríveis, aumenta a vida útil do extrato aquoso de soja, facilitar a extração deste e inativar a enzima lipoxigenase. Após limpa e peneirada, a mistura da água e os grãos de soja é triturada numa relação de um quilograma de soja úmida para cada dois litros de água, com a finalidade de diminuir o tamanho das partículas de soja e facilitar a extração do extrato aquoso de soja. O material triturado é misturado com 4 litros de água, e aquecido até atingir uma temperatura de 100°C, mantido no cozimento por 5 minutos após a fervura, sendo posteriormente resfriado e filtrado, obtendo-se o material filtrado que é o okara. Após o processamento, o okara apresenta 80% de umidade (Lescano & Tobinaga, 2004).

Para utilização do resíduo na alimentação animal este deve sofrer um processo de secagem, que é um tratamento importante para eliminação do teor de umidade e aumentar a concentração dos nutrientes. Segundo Pinto & Castro (2008), o processo de secagem do okara deve ser realizado em estufa de ventilação a temperaturas inferiores a 82 °C por um tempo mínimo de 4 horas, para não afetar a qualidade do resíduo. Neste processo, os fatores antinutricionais são reduzidos, garantindo-se que a ação destes

esteja em níveis aceitáveis, além de diminuir o teor de umidade do resíduo, reduzindo a possível deterioração deste.

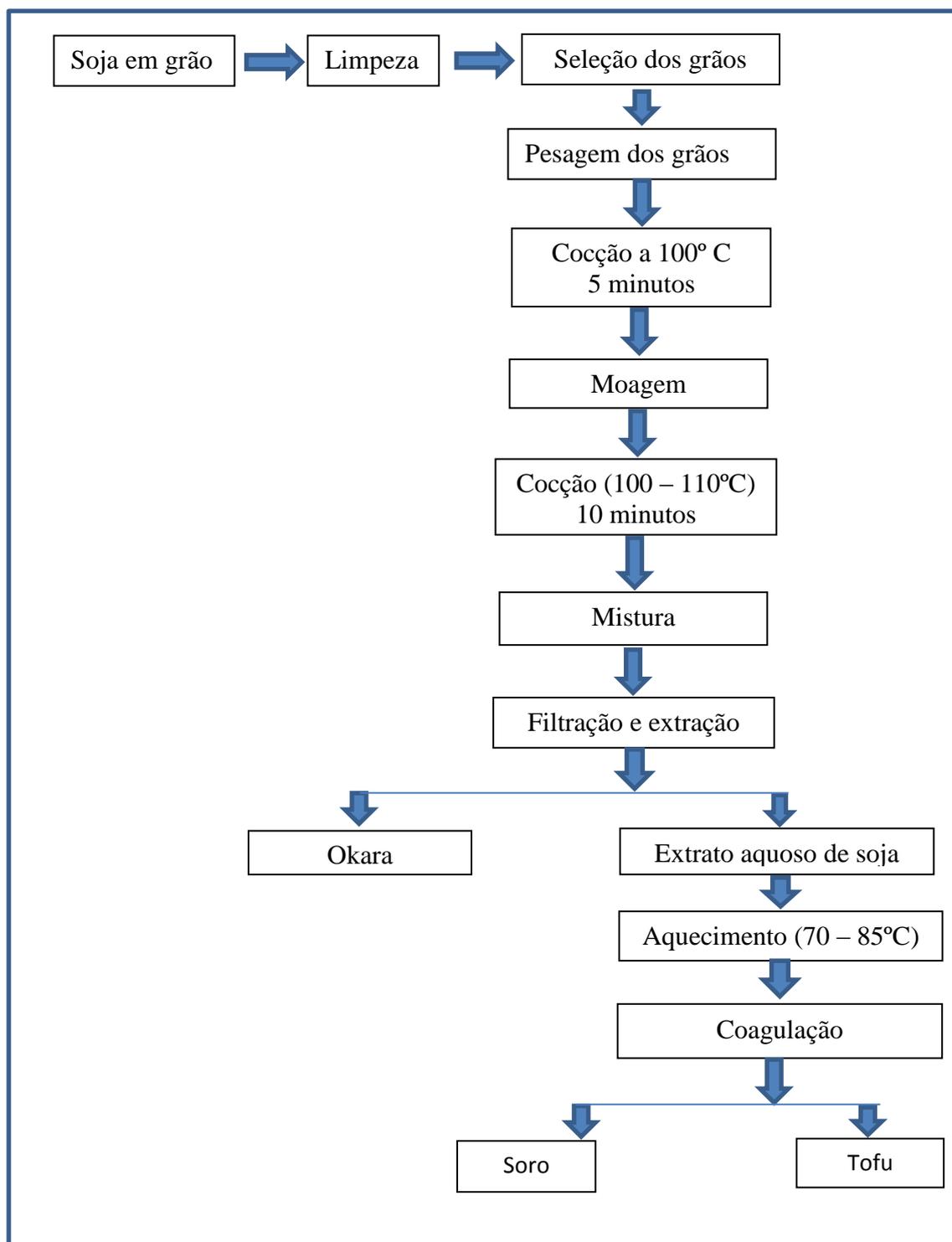


Figura 1. Fluxograma para elaboração de okara, adaptado de Lescano e Tobinaga (2004).

Durante este processo, pode melhorar ou piorar a qualidade final do resíduo, mediante mudanças, como perda do valor vitamínico (principalmente B2, C e carotenóides), perda do valor biológico das proteínas, escurecimento do produto e inativação de enzimas (Silva, 2000). Assim, é importante avaliar a eficiência da secagem do resíduo pelo índice de atividade ureática (IAU). Esta análise é um indicador indireto dos inibidores de tripsina presentes no resíduo, que provocam a utilização ineficaz dos nutrientes de soja (Wiriyampaiwong et al., 2005). A urease presente na soja é termolábil e sua atividade enzimática pode ser correlacionada com a presença de fatores antinutricionais ativos (Araújo, 1995).

Tabela 1. Composição do okara (%) com base na matéria seca, segundo autores.

PB	EE	FB	Carboidratos	Cinzas	Referencia
28,4	9,3	52,8	5,3		Van Der Riet et al. (1989)
26,8	22,3				Guermani et al. (1992)
26,8	12,3		52,9		Ma et al. (1996)
42,3	1,5	1,5	7,0	0,4	O'Toole (1999)
37,0	13,0	22,5	27,2	2,8	Jackson et al. (2001) Bowles & Demiate (2006)
29,0	11,0				Taruna & Jindal (2002) Wachilaphasakul et al. (2005)
42,0		13,0			Lescano (2004)
37,5	20	31,1	6,6		Surel & Couplet (2005)
31,2	19,8	49,0		3,5	Prestamo et al. (2007)
28,5	9,8	55,5			Redondo-Cuenca et al. (2006).

O teor de proteína bruta (PB) do okara nos diferentes estudos varia de 28,4 a 42,3%, o de lipídeos de 1,5 a 22,3%, o de carboidratos de 5,3 a 52,9%, e o de fibra bruta (FB) de 1,5 a 55,5%. Possui um elevado teor de ácidos graxos poliinsaturados, como o ácido linoléico e linolênico, e alto teor de carboidratos como glicose, galactose, arabinose, xilose, celulose, xilanas, galactano, arabinano e galacturanas (Redondo-Cuenca et al., 2006).

A proteína do okara é geralmente de maior qualidade do que a obtida a partir de outros produtos de soja, em termos de coeficiente de digestibilidade da proteína (O'Toole, 1999), devido ao processo térmico que o resíduo é submetido. O okara possui aproximadamente 75 a 80% de umidade (Wachiraphansakul & Devahastin, 2005), o que o faz altamente suscetível à deterioração (O'Toole, 1999), gerando odores

desagradáveis, favorecendo o crescimento e o metabolismo de microrganismos, afetando a qualidade e disponibilidade dos nutrientes do resíduo e gerando contaminação no meio ambiente se não for descartado corretamente.

Embora o processamento térmico durante a produção do okara elimine fatores antinutricionais, pequena quantidade destes ainda estão presentes, como inibidores de tripsina que podem diminuir a utilização dos nutrientes da soja, pela inibição da digestão de proteínas (Wiriyaumpaiwong et al., 2005). Estes inibidores diminuem ou inibem a proteólises intestinal, aumentando a secreção das enzimas digestivas, tripsina, quimiotripsina e elastina, que são eliminadas nas fezes, ocasionando perda endógena de aminoácidos sulfurados, além de ocasionar alterações metabólicas no pâncreas e inibem a tripsina em seu sitio de ligação (Liener, 1994).

É importante salientar que a composição do okara depende do processo de elaboração do extrato aquoso de soja, quantidade de água (O'Toole, 1999) e da qualidade da matéria-prima (sementes e variedades de soja) utilizadas no processo de elaboração do extrato aquoso ou tofu (Surel & Couplet, 2005). Diante do exposto, conclui-se que o okara pode ser utilizado como um ingrediente funcional, uma vez que o seu elevado teor de gordura e de proteínas de alta qualidade o tornam adequado para ser utilizados em produtos alimentares com efeitos benéficos (Redondo-Cuenca et al., 2006).

1.3. Compostos fenólicos do okara

Compostos fenólicos são substâncias químicas do metabolismo secundário de plantas que pode afetar a saúde (Hollman & Katan, 1997), divididos em ácidos fenólicos (ácido hidroxibenzóico e ácido hidroxicinâmico), flavonóides (flavonóis, flavonas, flavanols, flavanones, isoflavonas, proantocianidinas) estilbenos e lignanas, distribuídas em plantas e alimentos de origem vegetal (Manach et al., 2004, 2005). Estes compostos fenólicos contêm número diferente de anéis fenol, ou seja, um grupo hidroxila funcional em um anel aromático, podendo ser classificados de acordo a estes anéis fenol e os elementos estruturais que se ligam em estes (Kähkönen et al., 1999).

Os compostos fenólicos constituem um grupo quimicamente heterogêneo, com aproximadamente 10.000 compostos, com atividade benéficas em animais quando é ingerido como alimento (Setchell et al., 2001). Estes compostos se dividem em seis subclasses: flavonóis, flavonas, antocianidinas, isoflavonas, flavanonas e flavanols

(Kähkönen et al., 1999), atuam como antioxidantes impedindo a degradação por oxidação de lipídios e melhoram a qualidade e valor nutricional dos alimentos como disjuntores ou seqüestradores de radicais, dependendo de sua estrutura química (Rice-Evans, 2001), impedem agregação plaquetária e danos das células vermelhas do sangue (Cheynier, 2005), também podem desencadear mudanças nas vias de sinalização e expressão gênica na proliferação celular, apoptose celular e metabolismo dos hormônios (Chen et al., 2002), e em algumas circunstâncias, podem apresentar efeitos pro-oxidativos (Weiss & Landauer, 2003), além disso, têm despertado grande interesse devido à sua ação antimicrobiana, antiviral, estimulante do sistema imune (Liu, 2004). Desta forma, estas substâncias podem melhorar a imunidade dos animais, a saúde intestinal e os índices zootécnicos, diminuindo os processos de oxidação lipídica da carne de frango e aumentando o tempo de prateleira dos produtos.

Dentre os compostos fenólicos, encontram-se as isoflavonas que possuem propriedades estrogênicas (Murphy, 1982), anticancerígenas, (Coward et al., 1993), antimicrobiana (Esaki et al., 1998) e capacidade de prevenir o câncer, os sintomas da menopausa, doenças cardiovasculares e osteoporose (Alekel et al., 2000).

As isoflavonas encontram-se preferencialmente em leguminosas, sendo a soja o alimento de maior e melhor conteúdo de isoflavonas, elas podem estar presentes como agliconas ou glicosídeos, dependendo do processo de preparação da soja (Hasna, 2009). A soja contém entre 580 e 3800 mg isoflavonas/kg de soja enquanto um litro de extrato aquoso de soja contém entre 30 e 175 mg de isoflavonas (Hollman et al., 1996). Entre as isoflavonas da soja encontramos as agliconas (daidzeína, genisteína e gliciteína), os β -glicosídeos (daidzina, genisteína e glicitina), e os acetil glicosilados (6''-O-acetildaidzina, 6''-O-acetilgenistina, 6''-O-acetilglicitina) e malonilglicosilados (6''-O-malonildaidzina, 6''-O-malonilgenistina e 6''-O-malonilglicitina), totalizando 12 formas químicas distintas (Lee et al., 2003).

As isoflavonas da dieta são hidrolisadas por glucosidases intestinais, que liberam as agliconas (daidzeína, genisteína, e gliciteína) que são absorvidos e, posteriormente, metabolizados em metabólitos específicos, como equol, malonil, acetil e agliconas (Rowland et al., 2000).

As isoflavonas contidas na soja podem ter efeito nos parâmetros sanguíneos de colesterol e HDL. O efeito hipocolesterolêmico ocorre pela atuação das isoflavonas sobre os receptores β -estrogênicos presentes no fígado, que têm como consequência

uma melhora no perfil lipídico pelo aumento do número de receptores hepáticos do colesterol LDL, o qual inibe a lipase hepática que atua no metabolismo do colesterol HDL, ocasionando aumento na sua concentração sanguínea (Clarkson, 2002). Além disso, as isoflavonas atuam no metabolismo ósseo das aves aumentando a mobilização dos minerais (cálcio e fosforo), com consequente aumento no conteúdo de minerais e massa óssea, estimulando a atividade dos osteoblastos e inibindo os osteoclastos na tíbia e úmero de frangos (Ratna, 2002). A principal isoflavona que participa no processo de remodelação óssea é a ipriflavona, inibindo a reabsorção óssea e estimulando a formação dos ossos (Albense et al., 1994).

Além da participação na formação e remodelação óssea, as isoflavonas presentes na soja possuem importante função antioxidante, que se dá pela sua ligação ao oxigênio, retardando a etapa de iniciação e interrompendo a propagação do processo oxidativo. Assim, a ingestão de isoflavonas por frangos de corte, poderia retardar a oxidação e aumentar o tempo de prateleira dos produtos cárneos. O processo de oxidação da carne que pode ser retardado pela inclusão de isoflavonas na dieta, inicia-se pós-abate, começando com o aparecimento do *rigor-mortis*, que é de aproximadamente 5 a 7 horas pós abate (Morrissey et al., 1998). Para a conversão do músculo em carne durante o *rigor mortis*, o retículo sarcoplasmático perde a capacidade de acumular cálcio e este é liberado pelas mitocôndrias devido à falta de oxigênio, já que após a sangria o oxigênio está ausente. Nesta condição anaeróbica, a via glicolítica anaeróbica é utilizada como fonte de ATP nos músculos, no entanto, é ineficaz. Assim, é necessário que o glicogênio se transforme em ácido láctico, diminuindo o pH da carne e ocasionando contração muscular e redução de ATP disponível, fazendo com que as cadeias de actinomisina se tornem rígidas. Este processo é chamado de glicólise pós-morte e continua até que as enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase glutiona peroxidase, glutiona redutase) sejam inativadas com pH de 5,4 a 5,5. Juntamente com este processo, ocorre a inativação das proteínas sequestrantes de ferro, e se inicia a oxidação lipídica das membranas (Morrissey et al., 1998). A rapidez do processo oxidativo pode aumentar se a temperatura da carne for mais alta que a temperatura ambiental (Nawar, 1985), e pela maior incidência de luz (Decker et al., 1999). O processo oxidativo, por sua vez, ocasiona alterações na qualidade da carne, como deterioração do sabor, descoloração e destruição de nutrientes (Kanner, 1994).

O efeito antioxidante das isoflavonas na carne é devido à sua ligação com o oxigênio contido nela, retardando a etapa de iniciação e interrompendo a propagação do processo oxidativo. Sua ação se dá pela neutralização dos radicais livres, moléculas instáveis por possuírem um ou mais elétrons não pareados e a capacidade de reagir com diversos compostos (Halliwell, 1995). Entre os radicais livres, encontramos o superóxido e o radical hidroxil, que são os que mais podem ser neutralizados pelas isoflavonas (Bagchi et al., 1997). As isoflavonas também podem agir como agentes redutores no processo de oxidação (Van Acker et al., 1996), mediante a inibição de catalisadores e estabilização de hidroperóxidos, com consequente inibição da deterioração por rancidez causada pela oxidação de óleos e gorduras ou a descoloração causada pela oxidação (Allen & Hemilton, 1994). Devido aos efeitos das isoflavonas no processo oxidativo, aumenta-se a vida útil da carne, especialmente dos lipídios contidos nela (Jayaprakasha et al., 2001).

Durante a produção do extrato aquoso de soja, grande quantidade de isoflavonas permanece no resíduo da extração. Aproximadamente 1/3 das isoflavonas presentes na soja permanecem no okara (Bowles & Demiate, 2006), assim a utilização deste resíduo na alimentação animal pode ser uma alternativa de baixo custo para melhorar o desempenho produtivo, qualidade óssea e a vida de prateleira dos produtos cárneos.

1.4. Okara na alimentação de monogástricos.

Considerando a composição química do okara, rica em proteínas, gordura e compostos fenólicos, este tem despertado interesse para sua utilização na dieta humana e animal. Vários estudos têm sido realizados para elaboração de produtos a base de farinha de okara, como pães, bolachas, embutidos e iogurtes. Jimenez-Escrig et al. (2006) avaliaram o efeito da inclusão de okara na alimentação de ratos com 10% de inclusão na dieta, reportando menor ganho de peso, menor conversão alimentar, diminuição na concentração sérica de colesterol total, HDL e triglicerídeos, aumento da capacidade antioxidante e da quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, o que indica que as proteínas não foram fermentadas. Prestamo et al. (2002) avaliaram os níveis de colesterol e triglicerídeos em ratos e encontraram diminuição deste parâmetros em animais alimentados com dietas que continham 50% de inclusão de okara. Fukuda et al. (2006) realizaram um estudo para avaliar os níveis de colesterol no sangue em ratos hipercolesterolêmicos alimentados com dietas contendo okara e encontraram supressão

no aumento do colesterol no plasma após quatro semanas de ingestão de dietas com okara. Prestamo et al. (2007) avaliaram a inclusão de okara na ração de ratos e não obtiveram nenhum efeito sobre o consumo de alimentos, no entanto, o peso final, a taxa de crescimento e a eficiência alimentar dos animais foram menores para o grupo alimentado com okara, em relação ao grupo controle.

Na alimentação de frangos de corte de 21 dias de idade, Tarachai & Yamauchi (2001) avaliaram a utilização do okara em um ensaio de digestibilidade determinando um valor de 2.700 kcal EM/kg, com um coeficiente de digestibilidade de energia metabolizável aparente de 49,6%. Em um segundo experimento com frangos de corte de 7 a 28 dias de idade, com 5 a 20% de inclusão de okara em dietas fareladas e peletizadas, o consumo de ração diminuiu com o aumento dos níveis de inclusão de okara nas aves alimentadas com ração peletizada. No entanto, as aves alimentadas com a ração farelada com maior inclusão de okara apresentaram maior ganho de peso, com consequente melhora da conversão alimentar. Estes resultados indicam que okara pode ter um elevado valor nutricional e que a forma da ração a ser administrada para aves pode afetar significativamente a utilização dos nutrientes da dieta.

A inclusão de okara na alimentação de patos de Pekin de 3 a 6 semanas de idade e Patos Muscovy de 7 a 11 semanas de idade, foi estudada por Farhat et al. (1998), que mostraram valores de 1.572 kcal EMAn/kg para patos Pekin de três semanas de idade e 1.775 kcal EMAn/kg para patos Muscovy de sete semanas de idade com um coeficiente de digestibilidade de gordura de 99,44% e de fibra de 27,33%, através de um ensaio de digestibilidade com alimentação forçada.

Na alimentação de tilápias do Nilo (*Coreochromis niloticus*), Mohammad et al. (2008) avaliaram a substituição de farinha de peixes por okara durante 15 semanas com níveis de inclusão de 25, 50, 75 e 100%, e não encontraram diferenças no consumo de ração, ganho de peso e taxa de crescimento dos peixes alimentados com cada uma das dietas. No entanto, a inclusão de okara é vantajosa, considerando a redução de 26,09% nos custos da alimentação para produzir um kg de ganho de peso dos peixes, comparando-se o ração controle e a ração com 100% de okara, sem perdas no valor nutricional (composição) da carne dos peixes.

Os efeitos positivos da inclusão do okara nas dietas animais podem ser atribuídos à presença de isoflavonas, Jiang et al. (2007) utilizaram dietas contendo 0, 10, 20, 40 e 80 mg de isoflavonas/kg de MS em frangos de corte obtendo como resultados maior ganho

de peso e melhor conversão alimentar nas aves alimentadas com dietas contendo 10 e 20 mg de ISF/kg de MS. O pH da carne foi maior para as aves que receberam dietas que continham 20 e 40 mg ISF/kg e a luminosidade foi maior nas aves alimentadas com dietas com 40 e 80 mg ISF/kg. Em suínos, a adição de isoflavonas (1585 mg/kg de alimento) melhorou a conversão alimentar, aumentou a taxa de crescimento e a musculatura da carcaça, sem aumentar a porcentagem de gordura na carcaça (Cook, 1998).

Referências

- AGUIRRE, J.M. et al. **The drying and storage of the residue from the water extraction soymilk process.** Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981, p. 227-243, (Research division report, 18 ed., n. 2).
- ALBANESE, C.B.; CUDD, A.; ARGENTINO, L. et al. Ipriflavone directly inhibits osteoclasts activity. **Biochemical Biophysical Research Communications**, v.199, p.930-936, 1994.
- ALEKEL, D.L.; GERMAIN, A.S.; PETERSON, C.T. et al. Isoflavone-rich soy protein isolate attenuates bone loss in the lumbar spine of per menopausal women. **Journal of Clinic Nutrition**, v.72, p.844-852, 2000.
- ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. **Rancidity in foods.** Blackie Academic, p.290, 1994.
- ARAÚJO, J.M. A. **Química de alimentos: teoria e prática.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995, p.335.
- AVISITE – **Estatísticas e Preços.** Available at: www.avesite.com.br. Accessed on: dez. 10, 2012.
- BAGCHI, D.; GARG, A.; KROHN, R.L. et al. Oxygen free radical scavenging abilities of vitamins C and E and grape seed proanthocyaniding extract in vitro. **Resources Pubmed.gov. NCBI**, v. 95, p.179–189, 1997.
- BARBOSA, E.G. **Prevalência de bactéria probiótica L. acidophilus – NCFM em extrato de soja fermentado e saborizado com sacarose e polpa de pêssego.** 2007. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, Pelotas.
- BOWLES, S. **Utilização do subproduto da obtenção de extrato aquoso de soja okara em pães do tipo francês.** 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- BOWLES, S.; DEMIATE, I.M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, V. 26, P. 652-659, 2006.
- CABRAL, L. C.; CASTRO, F. A. de. Leite e Farinha de Soja. **Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia**, v. 22, p 23, 1994.
- CARRÃO-PANIZZI, M.C.; BELÉIA, A.P.; KITAMURA, K. et al. Effects of genetics and environment on isoflavone content of soybean from different regions of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1787-1795, 1999.
- CHEN, P.C., WHEELER, D.S., MALHOTRA, V., ODOMS, K., DENENBERG, A.G. & WONG, H.R. A green tea-derived polyphenol, epigallocatechin-3-gallate, inhibits IkappaB kinase activation and IL-8 gene expression in respiratory epithelium. **Inflammation**, v.26, p.233–241, 2002.
- CHEYNIER, V. Polyphenols in foods are more complex than often thought. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.81, p.223S–229S, 2005
- CIABOTTI, S. Avaliações químicas e bioquímicas de grãos, extratos e tofus de soja comum e de soja livre de lipoxigenase. **Ciência Agrotécnica**, v. 30, p.920-929, 2006.
- CLARKSON, TB. Soy, soy phytoestrogens and cardiovascular disease. **Journal of Nutrition**, v.132, p.566-569, 2002.
- COOK, D. R. **The effect of dietary soybean isoflavones on the rate and efficiency of growth and carcass muscle content in pigs and rats.** 1998. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia) - Iowa State University, Ames.

- COWARD, L.; BARNES, N.C.; SETCHELL, K.D.R. et al. Genistein, Daidzein, and their b-glucoside conjugates: antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, p.1961- 1967, 1993.
- CROUSE, J. R.; MORGAN, T.; TERRY, J.G.; et al. A randomized trial comparing the effect of casein with that of soy protein containing varying amounts of isoflavones on plasma concentration of lipids and lipoproteins. **Archive International Medicina**, v. 159, p.2070-2076, 1999.
- DALE, N. Formulando com soya sobre procesada. **Industria Avicola**, v.44, p.52-53, 1997.
- DECKER, E. A. **Conjugated linoleic acid and dietary beef**. Available at: <www.beefnutrition.org, 1999>. Accessed on: Dez. 10, 2012.
- DENIS, L.; MORTON, M.S.; GRIFFITHS, K. Diet and its preventive role in prostatic disease. **European Urology**, v.35, p. 377-387, 1999.
- ESAKI, H.; ONOZAKI, H.; MORIMITSU, Y. Potent antioxidative isoflavones isolate from soybeans fermented with *Aspergillus* sp. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, v.62, p.740-746, 1998.
- ESAKI, H.; WATANABE, R.; ONOZAKI, H. et al. Formation mechanism for potent antioxidative O-dihydroxy isoflavones in soybeans fermented with *Aspergillus* sp. **Journal of Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 63, p.851-858, 1999.
- FARHAT, A.; NORMAND, L.; CHAVEZ, E. R. et al. Nutrient digestibility in food waste ingredients for pekin and muscovy ducks. **Poultry Science**, v. 77, p.1371-1376, 1998.
- FUKUDA, M.; SUGIHARA, Y.; ITOU, M. et al. Effects of feeding with okara on plasma and liver lipid levels in rats. **Journal the Japanese Society for Food Science and Technology**, v.53, p.195-199, 2006.
- GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F. M. Determinação de isoflavonas em derivados de soja. **Ciência e tecnologia de Alimentos**, v.21, p.86-93, 2001.
- GUERMANI, L.; VILLAUME, C.; BAU, H. W. et al. Composition and nutritional value of okara fermented by *Rhizopus oligosporus*. **Science des Aliments**, v.12, p.441-451, 1992.
- HALLIWELL, B.; AESCHBACH, R.; LÖLINGER, J. et al. The characterization on antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, v.33, p.601-617, 1995.
- HASNA E. G. Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v.44, p.2512-2518, 2009
- HOLLMAN, P.C.H., VANDERGAAG, M., MENGELERS, M.J.B., VANTRIJP, J.M.P., DEVRIES, J.H. & KATAN, M.B. Absorption and disposition kinetics of the dietary antioxidant quercetin in man. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 21, p.703–707, 1996.
- HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Absorption, metabolism and health effects of dietary flavonoids in man. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v.51, p.305-310, 1997.
- JACKSON, C. J.; DINI, J. P.; LAVANDIER, C. et al. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. **Process Biochemistry**, v.37, p.1117-1123, 2001.
- JAYAPRAKASHA, G.K.; SINGH, R.P.; SAKARIAH, K.K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts peroxidation models in vitro. **Food Chemistry**, v.73, p.285-290, 2001.

- JIANG Z. Y.; JIANG S. Q.; LIN Y.C. et al. Effects of soybean isoflavones on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers. **Poultry Science**, v.86, p.1356-1362, 2007.
- JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; TENORIO, M. D.; ESPINOSA-MARTOS, I. et al. Health promoting effects of a dietary fiber concentrate from the soybean by product okara in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.7495-7501, 2008.
- KAHKONEN, M.P., HOPIA, A.I., VUORELA, H.J. ET AL. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, v.47, p.3954–3962, 1999.
- KANNER, J. Oxidative process in meat and meat products – Quality implications. **Meat Science**, v.36, p.169-189, 1994.
- KUDOU, S.; FLEURY, Y.; WELTI, D. et al. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill). **Agriculture Biology Chemical**, v.55, p.2227-2233, 1991.
- LEE, S.J.; AHN, J.K.; KIM, S.H. et al. Variation in isoflavone of soybean cultivars with location and storage duration . **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.3382-3389, 2003.
- LESCANO C. A. **Estudo da secagem e caracterização das partículas de Okara produzidas em um secador de tambor rotativo**. 2004. Dissertação (Mestrado em engenharia de alimentos). UNICAMP, Campinas.
- LESCANO C. A; TOBINAGA. Modelo codificado e real para a difusividade efetiva da secagem do resíduo do extrato hidrossolúvel de soja. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.6, p.17-25, 2004.
- LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Food Science and Nutrition**, v.34, p.31-67, 1994.
- LIU, K. **Soybean as Functional Foods and Ingredients**. Lincoln: CRC Press, 2004.
- MA, C. Y.; LIU, W. S.; KWOK, K. C. et al. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (okara). **Food Research International**, v.29, n.8, p.799-805, 1996.
- MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., RE´ME´ SY, C. & JIME´NEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, p.727–747, 2004.
- MOHAMMAD H.; AHMAD; AHMED S. DIAB. Replacement of fish meal protein by okara meal in practical diets for all-male monosexnile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: International Symposium on tilapia in aquaculture, 8., 2008, Cairo, Egypt. **Anais...** 2008. p.729-737.
- MORRISEY, P.A.; SHEEHY, K.G.; KERRY, J.P. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v.94, p. 573-586, 1998.
- MURPHY, P.A. Phytoestrogen content of processed soybean products. **Food Technology**, v.36, p.60-64, 1982.
- NAKAJIMA, N.; NOZAKI, N.; ISHIHARA, K.; et al. Analysis of isoflavone content in tempeh, a fermented soybean, and preparation of a new isoflavone-enriched tempeh. **Bioscience and Bioengineering**, v.100, p.685-687, 2005.
- NAWAR, W.W. **Lipids**. 2.ed. New York: Marcel Dekker – *Food chemistry*, 1985. p.139-244.
- O'TOOLE, D. K. Characteristics and Use of Okara, the Soybean Residue from Soy Milk Production-A Review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.47, p.363-371, 1999.

- PINTO, D. D. J.; CASTRO, P. S. Estudo preliminar da secagem do okara (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, p.125-131, 2008.
- POKORNY, J. Natural antioxidants for food use. **Trends in Food Science and Technology**, v. 2, p.223-227, 1991.
- PRESTAMO, G; LASUNCION, MA; ANROYO, G. Response of rats to the intake of tofu treated under high pressure. **Innovation Food Science Emerging Technology** v.3, p.149-155, 2002.
- PRÉSTAMO, G.; RUPÉREZ, P.; ESPINOSA-MARTOS, I. et al. The effects of okara on rat growth, cecal fermentation, and serum lipids. **European Food Research and Technology**, v.225, p.925–928, 2007.
- RATNA, W. N. Inhibition of estrogenic stimulation of gene expression by genistein. **Life Science**. v.71, p.865-877, 2002.
- REDONDO-CUENCA, A.; VILLANUEVA-SUAREZ, M.J.; RODRIGUEZ-SEVILLA, M.D. Chemical composition and dietary fibre of yellow and Green commercial soybeans (*Glycinemax*). **Food Chemistry**, v.101, p. 1216-1222, 2006.
- RICE-EVANS, C. Flavonoid antioxidants. **Current Medicinal Chemistry**, v.8, p.797–809, 2001.
- ROWLAND, I.R.; WISEMAN, H.; SANDERS, T.A. et al. Inter individual variation in metabolism of soy isoflavones and lignans: influence of habitual diet on equol production by the gut flora, **Nutrition Cancer**, v.17, P. 27-32, 2000.
- SANTOS, G.C.; BEDANI, R.; ROSSI, E.A. Utilização de resíduo de soja (Okara) no desenvolvimento de um cereal matinal. **Alimentos e Nutrição**, v.15, p.31-34, 2004.
- SETCHELL, K.D.R.; BROWN, N.M.; DESAI, P. et al. Bioavailability of pure isoflavones in healthy humans and analysis of commercial soy isoflavone supplements, **Journal Nutrition**, v.131, p.1362-1375, 2001.
- SETCHELL, K.D.R.; CASSIDY, A. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health. **Journal Nutrition**, v.129, p.758-767, 1999.
- SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. 1. ed. [S.I]: Varela, 2000, p 232.
- SOUZA, A. S. **Efeitos da irradiação na composição e propriedades funcionais da soja**. 2006, 99 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- STAUFER, C. E. **Soy protein in baking**. Technical Foods Consultants, American Soybean Association, 2002, p.30.
- SUREL, O.; COUPLET, B. Influence of the dehydration process on active compounds of okara during its fractionation. **Journal of Science Food Agriculture**, v.85, p.1343-1349. 2005.
- TARACHAI, P.; YAMAUCHI, K. Metabolizable energy of soybean curd residue and its effective utilization for broiler chick feed. **Poultry Science**, v.38, p.160-168, 2001.
- TARUNA.I.; JINDAL.V. K. Drying of soy pulp (Okara) in a bed of inert particles, **Drying Technology**, v.20, p.1035-1051, 2002.
- VAN ACKER, S. A. B. E.; VAN DEN BERG, D-J.; TROMP, M. N. J. L. et al. Free Radical. **Biology Medicine**, v. 20, p.331, 1996.
- VAN DER RIET, W.B.; WIGHT, A.W.; CILLIERS, J.J.L. et al. Food chemical investigation of tofu and its byproduct okara. **Food Chemistry**, v.34, p.193-202, 1989.

- WACHIRAPHANSAKUL, S.; DEVAHASTIN, S. Drying kinetics and quality of soy residue (okara) dried in a jet spouted- bed dryer. **Drying Technology**, v.23, p.1229-1242, 2005.
- WANG, H-J.; MURPHY, P.A. Mass balance study of isoflavones during soybean processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.2377-2383, 1996.
- WEISS, J.F. & LANDAUER, M.R. Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals. **Toxicology**, v.189, p.1–20, 2003.
- WIRIYAUMPAIWONG, S.; SOPONRONNARIT, S.; RACHAYAWARAKORN, S. Comparative study of heating processes for full-fat soybeans. **Journal of Food Engineering**, v.65, p.371-382, 2004.

II. OBJETIVOS GERAIS

Este estudo teve como objetivo avaliar a utilização do okara (resíduo da produção de extrato aquoso de soja) na alimentação de frangos de corte.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudar a composição química e nutricional do okara e os coeficientes de digestibilidade das diferentes dietas com inclusão de okara;

Avaliar o efeito da utilização do okara na alimentação de frangos de corte sobre o desempenho, morfometria intestinal e parâmetros sanguíneos;

Analisar os efeitos do okara na qualidade da carne e na redução do processo de oxidação da carne;

Analisar a viabilidade econômica e o melhor nível de inclusão do okara na alimentação de frangos de corte.

III. Utilização do okara (resíduo do extrato aquoso) na alimentação de frangos de corte na fase inicial.

Resumo – Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar o valor energético e composição do okara e avaliar o desempenho zootécnico e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com rações contendo níveis crescentes de okara. No Experimento I, foi realizado um ensaio de digestibilidade e análise da composição do resíduo, utilizando 168 frangos de corte machos com 21 dias de idade, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos, com quatro repetições e seis aves por unidade experimental. Os tratamentos foram ração referência (RR) à base de milho e farelo de soja e duas rações teste (ração referência com dois níveis de substituição de okara - 20% e 40%). A EMA do okara foi de 2.972 kcal de EMA/kg, com CEMA de 60,72% expressos na matéria seca. No experimento II, foram utilizados 840 pintos de corte machos, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (2,5% 5,0%; 7,5% e 10% de inclusão de okara) mais um controle, seis repetições de 28 aves por unidade experimental. A inclusão de níveis crescentes de okara de 1 a 21 dias de idade diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o ganho de peso e consumo de ração, sem afetar a conversão alimentar. Com o fornecimento de uma dieta controle de 21 a 42 dias de idade, houve recuperação do peso das aves aos 42 dias de idade. No experimento II, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no rendimento de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa, nem nos níveis séricos de colesterol e triglicérides aos 21 e 42 dias de idade, entretanto verificou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para o rendimento de asas com maior peso no nível de 6,89% de inclusão de okara na ração. Pela análise econômica, indica-se que na fase inicial, o nível de 10,0% de inclusão de okara nas rações de frangos de corte apresentou os melhores resultados econômicos.

Palavras-chave: desempenho, digestibilidade, energia, okara, rendimento, soja.

III. Use the by-product of production of the soy milk (okara) in broilers chickens diets in the initial phase.

Abstract – Two experiments were carried out to determine the chemical composition, energetic values of okara and the inclusion effect of this residue concerning zootechnical parameters and intestinal morphology. Experiment I - 168 21-day old males broilers were distributed in a completely randomized design with three treatments, four replicates and six birds per experimental unit. To determine the energetic value and chemical composition of okara, the method used was the total excreta collection, using the iron oxide as a chemical marker. The treatments were a reference animal feed and two levels of okara replacement of 20% and 40%. The value for apparent metabolizable energy (AME), expressed in kcal/kg as fed basis, and the coefficient of metabolizability (CAME), in percentage, were respectively 2.972 and 60,72%. Experiment II – 840 one-day old males chicks were distributed in a completely randomized design with five treatments, six replicates and 28 chicks experimental unit. The treatments consisted of diets containing 0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10% of okara. The experimental diets were administered from the 1st to the 21st days of life, after this period a diet based on corn and soybean meal was provided. The supplementation of okara decreases linearly the body weight gain and feed intake, without affecting the feed conversion, during the period from the 1 to the 21st days of life. Under a control diet (0% of okara) from the 21st to the 42nd days of life it was noticed that the birds recover the performance parameters at the end of the experimental period. Although no improvements occurred on carcass, breast and leg yield, a quadratic effect was observed on wing yield, with higher yield at the level of 6.89% of okara. The parameters of intestinal morphology of animals fed with the level close to 7.5% of inclusion of okara were lower, so that compromises the development of the intestinal morphology. According to the economic evaluation of this residue it was observed that on the initial phase the level of 10.0% of inclusion of okara presented the best economic parameters.

Key-words: digestibility, energy, intestinal, okara, performance, soybean.

Introdução

Atualmente, a indústria avícola brasileira possui importante participação na economia do país, com produção aproximada de 12,8 milhões de toneladas de carne de frango em 2011, ocupando o primeiro lugar dentre os países exportadores com 31% da sua produção destinada a comercialização externa (AVISITE, 2012).

A alimentação é o fator que mais influencia os custos totais da produção na avicultura, representando cerca de 60 a 70% dos gastos gerados na criação de frangos de corte devido principalmente ao preço do milho e da soja, que são os principais produtos utilizados na alimentação animal.

Assim, subprodutos provenientes do beneficiamento destes grãos, como o okara, resultante da produção do extrato aquoso de soja (extrato de soja) ou tofu, poderiam ser utilizados a fim de diminuir os custos de produção da carne de frango, além de reduzir o impacto no meio ambiente com o descarte inapropriado destes resíduos.

Do processamento de 1 kg de grãos de soja utilizados na produção do extrato aquoso de soja são produzidos 1,1 kg de okara fresco, e da sua desidratação são obtidos aproximadamente 250 gramas de okara seco (Bowles, 2005). O okara possui na sua composição, aproximadamente, 20 a 47,3% de proteínas, 9,3 a 22,3% de lipídios (Bowles & Demiate, 2006; O'Toole, 1999), alto conteúdo de isoflavonas e de ácidos graxos poliinsaturados, ácido linoléico e linolênico (Bowles & Demiate, 2006).

Avaliando a inclusão de até 10% de okara na dieta de frangos de corte, Tarachai & Yamauchi (2001) obtiveram um valor de 2.700 kcal de EM/kg de MS, e demonstraram que as aves alimentadas com níveis de 5 a 20% de okara apresentaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, quando comparadas com o grupo alimentado com ração sem okara, enquanto Farhat et al. (1998) encontraram um valor de 1.572 kcal de EM/kg de MS para patos de três semanas de idade.

Considerando o valor nutricional e a disponibilidade deste resíduo, este estudo teve como objetivo determinar o teor energético e protéico do okara e avaliar a sua utilização na alimentação de frangos de corte sobre o desempenho, rendimento de carcaça, morfometria intestinal e parâmetros sanguíneos.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Setor de Avicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Para determinação da composição química do okara utilizado, foram realizadas as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB) do okara no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal (LANA/UEM) segundo metodologias de Silva & Queiroz (2004).

As análises de minerais foram realizadas no Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente do Departamento de Química da UEM. Os minerais potássio (K), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram determinados pela metodologia de espectrometria de absorção atômica por solução nitro-perclórica, o conteúdo de fósforo total (P) e enxofre total (S) por espectrofotometria UV-Vis em solução nitro-perclórica, o conteúdo de boro total (B) pelo método de UV-Vis em amostra incinerada mediante ácido clorídrico. O nitrogênio total (N) pelo método de Kjeldahl. O aminograma foi realizado no laboratório CBO (Campinas – São Paulo).

Experimento I – Ensaio de digestibilidade e avaliação da composição do okara

Foram utilizados 168 frangos de corte machos, da linhagem comercial Cobb. As aves receberam uma dieta convencional até 21 dias de idade, sendo posteriormente transferidas para gaiolas de metabolismo de arame galvanizado e distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos.

Os tratamentos foram ração referência (RR) à base de milho e farelo de soja (Tabela 1), formuladas para atender as exigências nutricionais das aves, segundo Rostagno et al. (2011) e duas rações-teste (ração referência com dois níveis de substituição de okara - 20% e 40%) com 4 repetições e 6 aves por unidade experimental.

O período experimental foi de dez dias, sendo cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta de excretas, nos quais as aves receberam água e ração experimental à vontade. Para marcar o início e final do período de coleta, foi utilizado 1% de óxido férrico na ração.

Tabela 1. Composição porcentual e calculada da ração referência.

Ingredientes	Quantidade (kg)
Milho	64,89
Farelo Soja 45%	28,65
Fosfato bicálcico	1,17
Óleo Vegetal	2,97
Calcário	0,86
Sal	0,350
Bicarbonato de sódio	0,150
DL-Metionina, 98%	0,234
L-Lisina HCL, 78%.	0,229
L- Treonina, 98%	0,054
L-Valina, 98%	0,035
Suplemento mineral e vitamínico	0,400
Total	100,00
Composição calculada	
Proteína bruta (%)	18,75
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.125
Lisina digestível (%)	1,04
Met + Cist digestível (%)	0,76
Treonina digestível (%)	0,68
Triptofano digestível (%)	0,20
Valina digestível (%)	0,82
Arginina digestível (%)	1,15
Fósforo disponível (%)	0,32
Sódio (%)	0,20
Cálcio (%)	0,69
Cloro (%)	0,30
Potássio (%)	0,71

Suplemento vitamínico (conteúdo/kg de premix): Vit. A 2.916.670 UI/kg; Vit. D3 583.330 UI/kg; Vit. E 8.750 UI/kg; Vit. K3 433.33 mg/kg; Vit. B1 408.33 mg/kg; Vit. B2 1.333,33 mg/kg, Vit. B12 4.166,67 mcg/kg; Niacina 8.983,33 mg/kg; Pantotenato de cálcio 3.166,67 mg/kg; Ácido Fólico 200 mg/kg; Biotina 25 mg/kg. Suplemento Mineral (conteúdo/kg de premix): Ferro 12.6 g/kg; Cobre 3.072 mg/kg; Iodo 248 mg/kg; Zinco 12.6 g/kg; Mangânes 15 g/kg; Selênio 61.20 mg/kg; Cobalto 50.40 mg/kg.

As excretas totais produzidas foram coletadas em bandejas previamente revestidas com plástico para evitar contaminação e perdas, e coletadas duas vezes ao dia em intervalos de 12 horas para evitar fermentação e alterações na composição. As excretas foram guardadas em sacos plásticos devidamente identificados, pesadas e armazenadas em freezer (-20°C). O ensaio de digestibilidade foi conduzido conforme metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

Ao final do período experimental, o consumo de ração e a produção total de excretas foram determinados. As excretas diárias de cada repetição foram descongeladas e homogenizadas. Uma amostra de cada repetição foi seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, a fim de promover a pré-secagem e determinar a matéria seca ao ar. Em seguida, foram moídas em moinho tipo faca, com peneira de 16 mash com crivos de 1 mm.

Amostra de okara foi encaminhada para o laboratório para determinação do teor de compostos fenólicos mediante a metodologia descrita por Singleton & Rossi, 1965 e adaptada por Bloor (2001), e, o teor de isoflavonas foi determinado pela metodologia descrita por Song *et al.* 1998.

As amostras das rações experimentais e das excretas pré-secas e moídas foram encaminhadas ao laboratório para a determinação da matéria seca (MS), nitrogênio (N), energia bruta (EB), seguindo a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2004) e atividade ureática segundo (Borges et al., 2003). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica adiabática (Modelo 6200, Parr Instruments Co, EUA) Silva & Queiroz (2004).

Uma vez obtido os resultados das análises laboratoriais do alimento da ração-referência, da ração-teste e das excretas, foi calculado os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), por meio de equações de Matterson et al. (1965), e os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), energia bruta (CDEB) e proteína bruta (CDPB).

Experimento II – Avaliação de desempenho, morfometria intestinal, parâmetros sanguíneos e rendimento de carcaça.

Foram utilizados 840 pintos de corte machos, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (2,5% 5,0%; 7,5% e 10% de inclusão de okara) mais um controle, seis repetições e 28 aves por unidade experimental.

As aves foram alojadas em galpão climatizado, com ventilação negativa e placa evaporativa, comedouros modelo tubular e bebedouros tipo nipple. Água e ração foram fornecidas à vontade em um programa de alimentação dividido em duas fases: inicial, e crescimento (Tabela 2).

De 1 a 21 dias de idade, as aves receberam rações experimentais isonutritivas, variando-se os níveis de okara, e de 22 a 42 dias de idade, todas as aves receberam uma mesma ração. As dietas foram formuladas à base milho e farelo de soja, suplementadas com aminoácidos sintéticos para suprir as exigências das aves e formuladas utilizando-se os valores de composição química dos alimentos e as exigências nutricionais para frangos de corte machos de desempenho médio, nas fases inicial e crescimento

(Rostagno et al., 2011). Para inclusão do okara na matriz nutricional da ração, utilizaram-se os valores obtidos no ensaio de digestibilidade e análises da composição química do okara.

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais de 1 a 21 dias e de 22 a 42 dias de idade.

	Okara %					
	Controle	1 a 21				22 a 42
		2,5	5,0	7,5	10,0	Controle
Milho	58,30	57,43	56,57	55,72	54,86	64,89
Farelo de soja 45%	34,74	33,04	31,33	29,59	27,85	26,56
Okara	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	0,00
Fosfato bicálcico	1,72	1,74	1,76	1,79	1,81	1,17
Calcário	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,86
Óleo Vegetal	2,53	2,47	2,42	2,36	2,31	2,97
Sal	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Bicarbonato de sódio	0,415	0,417	0,419	0,421	0,423	0,150
DL-Metionina, 98%	0,325	0,347	0,369	0,392	0,415	0,234
L- Treonina, 98%	0,109	0,138	0,168	0,198	0,228	0,054
L-Lisina HCL, 78%	0,306	0,365	0,424	0,483	0,543	0,229
L-Triptofano, 98%	0,000	0,000	0,000	0,007	0,018	0,000
Supl. Min. e Vit.	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição calculada						
Proteína bruta (%)	21,10	21,10	21,10	21,10	21,10	18,75
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975	3.125
Lisina digestível (%)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,04
Met + Cist digestível (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,76
Treonina digestível (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,68
Triptofano digestível (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20
Valina digestível (%)	0,88	0,84	0,83	0,77	0,73	0,82
Arginina digestível (%)	1,32	1,26	1,21	1,15	1,09	1,15
Fósforo disponível (%)	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,32
Sódio (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20
Cálcio (%)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,69
Cloro (%)	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,30
Potássio (%)	0,80	0,77	0,73	0,70	0,66	0,71

Suplemento vitamínico (conteúdo/kg de premix): Vit. A 2.916.670 UI/kg; Vit. D3 583.330 UI/kg; Vit. E 8.750 UI/kg; Vit. K3 433.33 mg/kg; Vit. B1 408.33 mg/kg; Vit. B2 1.333,33 mg/kg, Vit. B12 4.166,67 mcg/kg; Niacina 8.983,33 mg/kg; Pantotenato de cálcio 3.166,67 mg/kg; Ácido Fólico 200 mg/kg; Biotina 25 mg/kg. Suplemento Mineral (conteúdo/kg de premix): Ferro 12.6 g/kg; Cobre 3.072 mg/kg; Iodo 248 mg/kg; Zinco 12.6 g/kg; Mangânes 15 g/kg; Selênio 61.20 mg/kg; Cobalto 50.40 mg/kg.

As aves foram vacinadas no incubatório contra doença de Marek. Foi utilizado um programa de luz contínuo de 24 horas de luz (natural + artificial) nos 10 primeiros dias e, no restante do período experimental, 23 horas de luz (natural + artificial) até o abate. A mortalidade das aves foi registrada diariamente e as possíveis causas foram determinadas por meio de necropsia. As pesagens das aves e das rações experimentais

foram realizadas aos 1, 21, e 42 dias de idade, para determinação do consumo de ração, da conversão alimentar e do peso corporal acumulado.

Aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por repetição foram selecionadas (média \pm 5%) e 5,0 ml de sangue foram colhidos, por meio da veia jugular, para obtenção de soro. O soro obtido foi transferido para tubos identificados e armazenados em freezer (-18°C) para posteriores análises. A determinação dos níveis séricos de colesterol total (mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL) foi realizada utilizando-se o método enzimático-colorimétrico (Gold Analisa Diagnóstica Ltda, Belo Horizonte - Minas Gerais) com leitura em espectrofotômetro modelo BIOPLUS 2000 (Bioplus Ltda).

Posteriormente, estas aves foram desensibilizadas por eletrochoque e sacrificadas por decapitação. Em seguida, os órgãos do trato gastrointestinal (proventrículo, moela, pâncreas, fígado, intestino delgado e grosso) foram coletados e pesados em balança de precisão (0,001g), e calculado o peso relativo dos órgãos em relação ao peso vivo através da fórmula: (peso órgão/peso vivo) x 100.

Fragmentos de 2 cm de cada segmento do intestino delgado foram retirados, considerando o duodeno, a partir do piloro até a porção distal da alça duodenal, o jejuno a partir da porção distal da alça duodenal até o divertículo de Meckel e o íleo da porção cranial até os cecos. Posteriormente, as amostras foram lavadas com solução salina e acondicionadas em frascos contendo solução de formol tamponado a 10% para fixação dos tecidos. Os cortes foram desidratados em uma série de concentrações crescentes de álcoois e diafanizados em xilol e incluídos em parafina. Foram feitos cortes histológicos com sete micrômetros de espessura, semisseriados e transversais, até obter cinco cortes por lâmina sendo depois corados pelo método de Hematoxilina-Eosina. Para análise morfométrica das lâminas, foi realizada captura de imagens, utilizando-se a câmera digital de alta resolução PRO SERIES (Mídia Cibertecnicos), acoplada ao microscópio Olympus Bx 40 e mediante o analisador de imagem computadorizado IMAGE PROPLUS 4.1 (Mídia Cibertecnicos). Foram realizadas 60 medições (30 medidas para altura de vilo e 30 para profundidade de cripta) por segmento. As alturas dos vilos foram medidas a partir da região basal do vilo, coincidente com a porção superior das criptas, até seu ápice, as criptas foram medidas da sua base até a região de transição cripta:vilo.

Aos 42 dias de idade, doze aves por tratamento foram selecionadas (média \pm 5%), para análise de rendimento de carcaça e cortes e percentual de gordura abdominal. Após

seis horas de jejum, as aves foram desensibilizadas por eletrochoque e sacrificadas por decapitação, depenadas e evisceradas, e as carcaças foram pesadas em balança digital. Para o cálculo de rendimento de carcaça foi considerado o peso da carcaça sem pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo, o qual foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento dos cortes, foi considerado o rendimento de peito, pernas (coxa e sobrecoxa) com pele e ossos, asas e dorso, sendo calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. Considerou-se gordura abdominal aquela presente ao redor da cloaca, bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes conforme descrito por Smith (1993), sendo posteriormente pesada e calculado seu peso relativo em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Para verificar a viabilidade econômica da inclusão do okara nas rações, foram utilizados o preço pago ao produtor pelo quilograma de frango vivo (R\$ 2,46/kg) e os preços dos ingredientes da ração, tomados como referência dos cálculos de sites de comercialização de produtos agrícolas do Paraná no mês de janeiro de 2013: milho R\$ 1,13/kg; farelo de soja R\$ 0,60/kg; óleo de soja R\$ 1,68/kg; calcário R\$ 0,18/kg; fosfato bicálcico R\$ 1,31/kg; sal comum R\$ 0,12/kg; premix R\$ 6,50/kg; inerte R\$ 0,65/kg; dL-metionina R\$ 10,25/kg; L-lisina R\$ 6,61/kg; L-arginina R\$ 19,08/kg; L-valina R\$ 25,00/kg; L-treonina R\$ 12,44/kg, L-triptofano R\$ 91,0/kg, okara R\$ 0,5/kg (valor de comercialização da Cocamar em janeiro de 2013).

O custo médio de ração (CMR) foi calculado de acordo com a composição centesimal das rações experimentais para frangos de 1-21 dias de idade, o consumo médio de ração das aves para cada nível de adição de okara. A receita bruta (RBM) foi calculada a partir do total de ganho de peso das aves e o preço pago ao produtor. A margem bruta (MB) é resultado entre a receita bruta (RBM) e o CMR. O índice de rentabilidade (IR) é obtido do quociente MB e CMR. O IR indica a taxa de retorno do capital empregado. O ponto de equilíbrio (PE) mostra o volume exato de produção em que há retorno zero ($RBM=CMR$). No presente estudo, a abordagem econômica levou em consideração somente os custos com a alimentação devido ao escopo da pesquisa, não abrangendo os demais componentes de custo de produção. Portanto, trata-se do ganho de peso necessário para se cobrir os custos com a alimentação. No caso, infere-se apenas o ponto de equilíbrio parcial.

Os resultados obtidos foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAEG (1997). Após a análise de variância, quando houve diferença, os graus de liberdade

foram desdobrados em polinômios e analisados por regressão para as diferentes relações linear ou quadrática ($P < 0,05$). Para as variáveis respostas que apresentaram resposta quadrática, foram calculados o ponto de inflexão, como as melhores relações, e 95% destes valores como limite de confiança (Sakomura & Rostagno, 2007). As comparações entre as médias das variáveis estudadas para o grupo controle e os tratamentos foram realizadas utilizando-se o teste de comparação de médias de Dunnett ($P < 0,05$).

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = valor observado da variável estudada j , submetido ao tratamento i

μ = média geral de todas as observações

T_i = efeito do tratamento ($i = 5\%$, 10% , 15% e 20% de okara).

e_{ij} = erro experimental

Resultados e Discussão

Experimento I

O okara apresentou 12,67% de fibra de detergente neutro (FDN), 12,16% de fibra de detergente ácido (FDA) e 35,64% de proteína bruta (PB). O valor de proteína bruta encontrado é similar ao reportado por Ma et al. (1996) que foi de 33,4%, e inferior aos relatados por Jackson et al. (2001); Bowles & Demiate (2006) e Redondo-Cuenca et al. (2006) que mostraram valores de 37%, 37%, 20% e 28,52%, respectivamente. Para o conteúdo de lipídeos do okara, encontrou-se um valor de 21,5%, que é similar ao valor de 20% encontrado por Surel & Couplet (2005).

O okara contém 0,52% de metionina, 2,58% de lisina, 1,47% de treonina, 1,85% de valina, 0,28% de triptofano, 2,99% de leucina, 1,31% de tirosina, 1,83% de alanina, 2,26% de arginina, 4,00% de ác. aspártico, 1,80% de glicina, 1,69% de isoleucina, 5,64% de ác. glutâmico, 0,65% de cistina, 1,82% de fenilalanina, 1,70% de prolina, 0,81% de histidina e 1,78% de serina. Esses valores são superiores aos reportados por Waliszewski et al. (2002), que mostraram 0,11% de ác. aspártico, 0,04% de glicina, 0,06% de isoleucina, 0,08% de leucina, 0,16% de ác. glutâmico, 0,08% de lisina, 0,01%

de cistina, 0,02% de metionina, 0,05% de fenilalanina, 0,03% de tirosina, 0,05% de treonina, 0,01% de triptofano, 0,05% de prolina, 0,06% de valina e 0,04% de histidina.

Ao comparar a proteína bruta do okara com a do farelo de soja 45% (Rostagno et al., 2011), observa-se que o okara apresenta 21% a menos de PB que o farelo de soja. No entanto, considerando os aminoácidos, o triptofano apresenta a maior diferença entre o okara e o farelo de soja, com diminuição de 55,5% no okara, e os conteúdos de lisina, metionina e treonina variaram 7,52; 13,33 e 16,48%, respectivamente. Quando comparada a porcentagem de cada aminoácido em relação à proteína total do okara e do farelo de soja, observa-se que a variação é proporcional ao menor conteúdo de proteína do okara.

O okara apresentou um coeficiente de digestibilidade de proteína bruta de 99,62%, sendo maior que o apresentado pelo farelo de soja 45% (Rostagno et al., 2011), que apresenta 91,0%. A proteína, o coeficiente de eficiência protéica e os aminoácidos essenciais do okara são geralmente maiores do que os de outros produtos derivados da soja, devido ao processo térmico a que a soja é submetida durante o processamento do extrato aquoso da soja, o qual deixa alguns aminoácidos mais disponíveis, tornando as proteínas e as gorduras mais digestíveis (O'Toole, 1999), o que pode ser confirmado pelo índice de atividade ureática.

O okara apresentou índice de atividade ureática (IAU) de 0,08 mg de nitrogênio, considerado ótimo segundo Ward (1996). O índice IAU, neste caso, é um indicativo da eficiência do processo térmico que ocorre durante o processamento da soja, uma vez que a urease presente na soja é termolábil, o que permite relacionar sua atividade enzimática com a presença de fatores antinutricionais ativos.

A Indústria Americana da Soja recomenda que o IAU seja de 0,05 a 0,20 mg/N (Bellaver & Snizek, 1999), pois altos ou baixos valores podem significar problemas de processamento que ocasionam perdas nutricionais como a destruição de aminoácidos essenciais como lisina, arginina e histidina (Araújo, 1995). O coeficiente de digestibilidade da gordura encontrado neste estudo de 99,83% foi similar ao encontrado por Farhat et al. (1998) para patos Muscovy de 7 semanas de idade (99,44%).

O okara apresentou os valores de energia bruta (EB), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de 4.924 kcal de EB/kg, 2.972 kcal de EMA/kg e 2.946 kcal de EMAn/kg, respectivamente. O coeficiente de metabolizabilidade aparente foi de 60,72% e o

coeficiente de metabolizabilidade aparente corrigido foi de 60,19%. O valor de EMA obtido foi 9,15% maior do que o reportado por Tarachai & Yamauchi (2001), que encontraram um valor de 2.700 kcal de EMA/kg de MS e um coeficiente de metabolizabilidade aparente de 17,59%.

O okara possui na sua composição 19,83 mg/100g de compostos fenólicos e 24,34 mg/ 100g de okara de isoflavonas (agliconas) totais sendo destas 0,136mg/g de daidzeína, 0,0562 mg/g de gliciteína e 0,1498 mg/g de genisteína, valores inferiores aos reportados Bowles, (2005) que encontro um teor de 35,7 mg de isoflavonas totais/100g de okara.

Ao avaliar o conteúdo de minerais, encontrou-se 0,26% de Mg, 0,52% de Ca, 0,98% de K, 0,54% de P, 206,65 mg de Fe/kg, 8,45 mg de Cu/kg, 29,10 mg de Mn/kg, e 27,65 mg de Zn/kg. Os conteúdos de cálcio e ferro encontrados no okara foram superiores aos valores apresentados para o farelo de soja 45% (Rostagno et al., 2011). Os demais minerais apresentaram menor conteúdo no okara (Mg, P, K, Cu, Mn, Zn, N). O conteúdo de minerais do okara utilizado neste estudo foi superior aos reportados por O'Toole (1999).

É importante ressaltar que a composição química do okara pode variar em função do grão de soja, cuja composição depende do solo, clima e variedades de soja utilizada no processo de elaboração do extrato aquoso. Além disso, diversas condições de processamento, como quantidade de água utilizada na extração do extrato aquoso de soja e temperatura de processamento podem causar variações na composição do okara (O'Toole, 1999).

Experimento II

Houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para ganho de peso ($Y = 740,13 - 6,55x$; $R^2 = 0,92$) e consumo de ração ($Y = 933,3 - 7,11x$; $R^2 = 0,81$) no período de 1 a 21 dias de idade. Comparando-se cada nível de inclusão de okara com o tratamento controle foi observado diferença ($P > 0,05$) no nível de 10% de inclusão de okara (Tabela 3) para o ganho de peso.

Tabela 3. Desempenho (\pm erro padrão) de frangos de corte machos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Okara %					CV (%)	Regressão
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0		
1 a 21 dias							
Ganho de peso (g)	702,07 \pm 12,18	720,15 \pm 11,26	708,75 \pm 11,60	699,43 \pm 8,24	668,80 \pm 7,93*	3,23	L ¹
Consumo de ração (g)	878,55 \pm 9,00	905,02 \pm 15,56	910,22 \pm 21,25	886,41 \pm 16,04	853,67 \pm 8,01	5,71	L ²
Conversão alimentar	1,252 \pm 0,01	1,261 \pm 0,015	1,285 \pm 0,046	1,268 \pm 0,031	1,277 \pm 0,02	5,48	Ns
1 a 42 dias							
Ganho de peso (g)	2696,54 \pm 33,33	2694,20 \pm 58,63	2781,74 \pm 67,63	2688,81 \pm 29,80	2653,33 \pm 20,76	3,90	Ns
Consumo de ração (g)	4835,76 \pm 62,91	4885,00 \pm 76,06	5102,38 \pm 89,19	4956,05 \pm 58,02	4944,81 \pm 47,22	3,11	Q ³
Conversão alimentar	1,793 \pm 0,01	1,815 \pm 0,03	1,837 \pm 0,04	1,843 \pm 0,01	1,864 \pm 0,02	3,25	Ns

*Teste Dunnett a 5%. R= Regressão. Ns = Não- significativo. L – Linear; Q – Quadrática.

¹Y = 740,13 - 6,55x; R²= 0,92

²Y = 933,3 - 7,11x; R²=0,81

³Y= 4661 + 122,71x + 60 9,67x²; R²= 0,58; ponto máximo= 6,35.

Tabela 4. Peso relativo (%) dos órgãos do trato gastrointestinal e comprimento do intestino delgado (cm) (\pm erro padrão) de frangos de corte de 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Controle	Okara %				CV (%)	Regressão
		2,5	5,0	7,5	10,0		
21 dias							
Proventrículo	0,59 \pm 0,04	0,66 \pm 0,04	0,62 \pm 0,02	0,63 \pm 0,03	0,70 \pm 0,03	11,80	Ns
Moela	2,23 \pm 0,10	2,18 \pm 0,08	2,59 \pm 0,16*	2,25 \pm 0,08	2,56 \pm 0,17	11,71	Ns
Intestino delgado	4,93 \pm 0,42	4,68 \pm 0,22	4,81 \pm 0,28	4,55 \pm 0,15	5,14 \pm 0,51	15,55	Ns
Ceco	0,91 \pm 0,06	0,89 \pm 0,09	0,86 \pm 0,05	0,88 \pm 0,02	0,96 \pm 0,08	15,94	Ns
Fígado	3,11 \pm 0,10	2,84 \pm 0,14	3,54 \pm 0,39	2,91 \pm 0,11	3,16 \pm 0,12	14,99	Ns
Pâncreas	0,42 \pm 0,03	0,39 \pm 0,02	0,42 \pm 0,02	0,43 \pm 0,02	0,47 \pm 0,03	13,17	L ¹
Intestino delgado (cm)	144,50 \pm 5,17	141,67 \pm 3,18	144,83 \pm 5,84	137,33 \pm 5,26	148,33 \pm 7,80	8,88	Ns
42 dias							
Proventrículo	0,27 \pm 0,01	0,26 \pm 0,01	0,24 \pm 0,01	0,29 \pm 0,02	0,27 \pm 0,01	10,99	Ns
Moela	1,18 \pm 0,11	1,36 \pm 0,04	1,23 \pm 0,07	1,35 \pm 0,04	1,40 \pm 0,05	10,79	Ns
Intestino delgado	2,36 \pm 0,14	2,12 \pm 0,14	2,10 \pm 0,13	2,27 \pm 0,09	2,18 \pm 0,11	12,41	Ns
Ceco	0,43 \pm 0,07	0,43 \pm 0,04	0,43 \pm 0,02	0,49 \pm 0,04	0,48 \pm 0,04	20,59	Ns
Fígado	2,10 \pm 0,10	1,91 \pm 0,16	1,89 \pm 0,09	1,90 \pm 0,07	2,01 \pm 0,09	12,32	Ns
Pâncreas	0,18 \pm 0,01	0,18 \pm 0,01	0,20 \pm 0,02	0,19 \pm 0,01	0,20 \pm 0,02	18,34	Ns
Intestino delgado (cm)	191,5 \pm 8,37	18,17 \pm 5,74	191,50 \pm 6,92	194,17 \pm 6,10	191,83 \pm 5,67	7,59	Ns

*Teste Dunnett a 5%. Ns = Não-significativo. L – Linear; Q – Quadrática.

¹Y = 0,37 + 0,01x; R²= 0,96

Embora o ganho de peso tenha sido aproximadamente 7% menor nos animais alimentados com 10% de okara em relação ao 0,0% e 2,5% de inclusão aos 21 dias de idade, os animais recuperaram o peso médio aos 42 dias, sem diferenças entre os animais que receberam diferentes níveis de inclusão de okara na dieta inicial. É interessante notar que essa recuperação não pode ser atribuída ao consumo de ração, visto que no período de 1 a 42 dias de idade, foi verificada diferença no consumo de ração, o qual apresentou resposta quadrática ($P < 0,05$), com maior consumo apresentado com 6,35% de inclusão de okara na ração ($Y = + 4661,60 + 122,71x + 9,67x^2$; $R^2 = 0,58$).

A diminuição do ganho de peso de 1 a 21 dias de idade é consequente da diminuição do consumo de ração observada, pode ser devido ao alto teor de fibras insolúveis presentes no okara, já que estas fibras são consideradas diluentes ou antinutrientes. O okara utilizado neste estudo tem 12,67% de FDN e 12,16% de FDA. Este alto conteúdo de fibra promove uma sensação de saciedade, diminuindo o consumo de ração e também pode ocasionar maior desenvolvimento do trato digestório, principalmente da moela (Scheideler et al., 1998; Gonzáles-Alvarado et al., 2007), neste estudo foi observado que os animais alimentados com 5% de okara apresentaram peso relativo da moela maior, comparado ao grupo controle ($P < 0,05$) a os 21 dias de idade.

Os demais órgãos do trato gastrointestinal (proventrículo, intestino delgado, intestino grosso, fígado e comprimento do intestino delgado) não foram influenciados pelos níveis de inclusão do okara aos 21 e 42 dias de idade ($P > 0,05$), com exceção do pâncreas aos 21 dias de idade (Tabela 4).

O peso do pâncreas aos 21 dias de idade apresentou aumento linear ($P < 0,05$) de acordo com os níveis de inclusão de okara ($Y = 0,37 + 0,01x$; $R^2 = 0,96$). O aumento do peso relativo do pâncreas pode ser devido ao alto conteúdo protéico do okara e ao fato de apresentar um coeficiente de digestibilidade de proteína maior em decorrência do processamento térmico do okara. Além disso, a presença de elevado teor de lipídeos, principalmente ácidos graxos poli-insaturados no okara, pode provocar maior produção da enzima lipase (Saxena et al., 2003). O alto teor de lipídeos e proteínas mais digestíveis poderiam promover maior atividade das enzimas proteolíticas e lipase do pâncreas, o que poderia aumentar o seu tamanho.

Os diferentes níveis de inclusão de okara não alteraram ($P > 0,05$) a altura de vilo, profundidade de cripta no duodeno e íleo e relação altura de vilo:profundidade de cripta do duodeno dos animais aos 21 dias de idade (Tabela 5). Foram observadas alterações

($P < 0,05$) no jejuno na altura de vilosidade, profundidade de cripta e relação vilo:cripta aos 21 dias de idade, apresentando efeito quadrático com menores valores nos níveis de 7,57%, 7,01% e 8,25% de okara, respectivamente. No íleo, a relação altura de vilo:profundidade de cripta apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) com menores valores nos níveis de 6,94% de okara. Comparando cada nível de inclusão de okara com o grupo controle, verificou-se que os animais alimentados com 7,5 e 10% de okara apresentaram menor ($P < 0,05$) relação altura de vilo:profundidade de cripta no jejuno.

Observa-se que níveis próximos a 7,5% comprometem o desenvolvimento da mucosa intestinal, e, este efeito pode estar relacionado à viscosidade da dieta, já que dietas ricas em polissacarídeos não amiláceos (PNA) provocam alterações na morfometria intestinal, principalmente nas primeiras semanas de vida da ave, quando os órgãos digestivos crescem em tamanho mais rapidamente do que o restante do corpo (Gracia et al., 2003).

O aumento nos parâmetros de morfometria intestinal a partir do nível de 7,5% de inclusão pode estar relacionado ao menor consumo de ração, e conseqüentemente menor consumo de fibra, apresentando menor taxa de descamação epitelial e menor efeito nas vilosidades, permitindo o seu aumento (Arruda et al., 2003).

A altura de vilo, profundidade de cripta e relação altura de vilo:profundidade de cripta do jejuno e íleo aos 42 dias não apresentaram diferenças ($P > 0,05$), no entanto, no duodeno verificou-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para altura de vilo e profundidade de cripta ($Y = 755,69 - 21,97x$; $R^2 = 0,95$) e ($Y = 43,47 - 1,55x$; $R^2 = 0,87$).

A menor profundidade de cripta está relacionada com menor necessidade de renovação celular, reduzindo o gasto protéico e energético (Miles et al., 2006) o que é benéfico para o animal já que esta energia e proteína pode ser utilizada para o crescimento de outros tecidos.

Avaliando cada nível de inclusão de okara com o tratamento controle, não foi observado efeito ($P > 0,05$) nas análises morfométricas do duodeno e jejuno, entretanto no íleo, a relação altura de vilo:profundidade de cripta apresentou aumento ($P < 0,05$) em todos os níveis de inclusão, o que segundo Oliveira et al. (2008) indica uma maior área e capacidade absorptiva.

Tabela 5. Altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm) e relação altura de vilo:profundidade de cripta (\pm erro padrão) de frangos de corte de 21 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0	CV(%)	Regressão
21 dias							
Altura de Vilo							
Duodeno	666,09 \pm 60,83	788,29 \pm 63,59	918,27 \pm 91,97	729,49 \pm 61,32	622,92 \pm 25,41	30,09	Ns
Jejuno	422,72 \pm 22,55	531,45 \pm 79,54	363,94 \pm 22,30	321,53 \pm 2,19	362,34 \pm 6,33	21,45	Quadrática ¹
Íleo	313,78 \pm 22,91	334,37 \pm 47,67	237,67 \pm 1,65	438,75 \pm 2,36	386,06 \pm 58,43	23,44	Ns
Profundidade de Cripta							
Duodeno	45,75 \pm 2,68	66,87 \pm 9,88	76,00 \pm 14,98	52,30 \pm 2,24	52,84 \pm 58,43	31,30	Ns
Jejuno	50,66 \pm 1,91	61,94 \pm 7,42	51,93 \pm 4,36	47,14 \pm 1,64	54,70 \pm 1,71	17,14	Quadrática ²
Íleo	58,16 \pm 4,06	49,76 \pm 3,39	50,47 \pm 0,93	106,43 \pm 5,40*	75,17 \pm 13,03	21,40	Ns
Relação altura de vilo: profundidade de cripta							
Duodeno	14,60 \pm 1,05	10,73 \pm 0,90	12,35 \pm 1,46	13,36 \pm 0,53	11,66 \pm 0,94	18,19	Ns
Jejuno	8,03 \pm 0,27	8,31 \pm 0,44	7,15 \pm 0,27	6,75 \pm 0,20*	6,81 \pm 0,12*	8,48	Quadrática ³
Íleo	5,64 \pm 0,47	6,91 \pm 0,81	4,49 \pm 0,13	4,06 \pm 0,20	5,35 \pm 0,44	21,18	Quadrática ⁴
42 dias							
Altura de Vilo							
Duodeno	570,57 \pm 15,47	710,77 \pm 56,96	624,27 \pm 45,53	604,08 \pm 30,34	534,42 \pm 4,13	13,24	Linear ⁵
Jejuno	411,93 \pm 40,05	440,33 \pm 10,18	336,25 \pm 60,59	328,59 \pm 4,64	350,04 \pm 24,18	22,88	Ns
Íleo	179,48 \pm 8,91	296,21 \pm 22,20*	339,46 \pm 0,18*	291,83 \pm 27,37*	310,88 \pm 12,55*	13,56	Ns
Profundidade de Cripta							
Duodeno	33,15 \pm 0,54	41,23 \pm 4,27	34,16 \pm 1,74	30,01 \pm 1,05	29,68 \pm 1,54	14,87	Linear ⁶
Jejuno	32,41 \pm 0,84	41,42 \pm 6,86	30,54 \pm 5,32	30,10 \pm 2,53	28,64 \pm 0,55	27,88	Ns
Íleo	23,54 \pm 1,35	34,50 \pm 2,41	38,76 \pm 0,27	31,66 \pm 3,22	32,56 \pm 1,07	13,61	Ns
Relação altura de vilo: profundidade de cripta							
Duodeno	16,80 \pm 1,00	17,83 \pm 2,86	17,25 \pm 0,30	19,57 \pm 0,40	19,04 \pm 0,55	17,24	Ns
Jejuno	12,79 \pm 1,18	11,13 \pm 1,76	10,46 \pm 0,38	10,94 \pm 0,93	11,76 \pm 0,74	21,56	Ns
Íleo	7,52 \pm 0,08	9,03 \pm 0,56*	8,63 \pm 0,02*	9,61 \pm 1,20*	10,09 \pm 0,05*	14,78	Ns

Teste Dunnett a 5%. Ns = Não-significativo. L – Linear; Q – Quadrática.

¹Y = 792,66 - 126,15x + 8,33x²; R²= 0,99; Ponto mínimo=7,57;

²Y = 82,58 - 9,85x + 0,70x²; R²= 0,98; Ponto mínimo= 7,01;

³Y = 10,00 - 0,81x + 0,049x²; R²= 0,99; Ponto mínimo= 8,25;

⁴Y = 11,11 - 2,06x + 0,15x²; R²= 0,99; Ponto mínimo= 6,94;

⁵Y = 755,69 - 21,97x; R²= 0,95;

⁶Y = 43,47-1,55x; R²=0,87.

Tabela 6. Colesterol total (mg dL⁻¹) e triglicérides (mg dL⁻¹) (\pm erro padrão) de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Okara %					CV (%)	Regressão
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0		
21 dias							
Colesterol	57,83 \pm 0,09	111,83 \pm 0,04	106,92 \pm 0,06	99,17 \pm 1,05	82,67 \pm 0,04	24,71	Ns
Triglicérides	120,83 \pm 0,19	137,17 \pm 0,16	139,25 \pm 0,09	123,33 \pm 0,07	110,50 \pm 0,09	29,48	Ns
42 dias							
Colesterol	89,50 \pm 3,58	90,00 \pm 1,58	78,50 \pm 2,25	73,60 \pm 1,52	78,50 \pm 3,74	27,10	Ns
Triglicérides	69,13 \pm 1,50	61,92 \pm 0,76	61,42 \pm 0,31	61,60 \pm 0,25	67,17 \pm 0,54	67,17	Ns

* Teste Dunnett a 5%. Ns = Não-significativo. L – Linear; Q – Quadrática

Tabela 7. Rendimento de carcaça (%) e de cortes (%) (\pm erro padrão) de frangos abatidos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Okara %					CV (%)	Regressão
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0		
Carcaça	55,40 \pm 10,72	72,64 \pm 0,92	71,96 \pm 0,60	71,21 \pm 0,89	71,60 \pm 0,59	11,28	Ns
Peito	40,36 \pm 0,95	38,93 \pm 1,19	39,18 \pm 0,69	37,59 \pm 0,46*	38,20 \pm 0,61*	5,10	Ns
Perna	30,56 \pm 0,62	31,24 \pm 0,78	30,96 \pm 0,60	31,98 \pm 0,22*	31,82 \pm 0,38*	4,40	Ns
Asas	10,28 \pm 0,23	10,34 \pm 0,19	10,79 \pm 0,23*	10,83 \pm 0,16*	10,61 \pm 0,14	4,28	Quadrática
Dorso	19,14 \pm 0,45	19,85 \pm 0,54	19,26 \pm 0,27	19,94 \pm 0,33	19,66 \pm 0,57	4,82	Ns
Gordura	2,360 \pm 0,29	2,90 \pm 0,28	2,47 \pm 0,22	2,77 \pm 0,26	2,84 \pm 0,25	12,66	Ns

*Teste Dunnett a 5%. Ns = Não-significativo. L – Linear; Q – Quadrática.

¹Y = 9,60 + 0,37x - 0,03x²; R²= 0,99; Ponto máximo= 6,89.

As concentrações séricas de colesterol total (mg dL⁻¹) e triglicerídeos (mg dL⁻¹) de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 6) não diferiram ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão de okara. Os níveis séricos de colesterol e triglicerídeos não apresentaram diferenças devido ao alto teor de fibras insolúveis no okara, que segundo Burkhalter et al. (2001) não influenciam o colesterol sérico ou triglicerídeos como as fibras solúveis, por não se ligarem aos ácidos biliares ou colesterol durante a formação das micelas no intestino delgado.

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) no rendimento da carcaça, peito, coxa e sobrecoxa, dorso e porcentagem de gordura abdominal de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de okara abatidos aos 42 dias de idade (Tabela 7). Verificou-se efeito quadrático ($P<0,05$) para o rendimento das asas ($Y = 9,60 + 0,37x - 0,03x^2$; $R^2 = 0,99$), com maior peso no nível de 6,89% de inclusão de okara na ração. No entanto, comparando-se cada nível de inclusão de okara com o grupo controle, o rendimento de peito foi menor e o rendimento de perna foi maior nas aves alimentadas com 7,5 e 10% de okara (Tabela 8), enquanto que o rendimento de asas foi maior nos animais alimentados com 5,0 e 7,5% de okara.

A análise de viabilidade econômica (Tabela 8 e 9) mostrou que no período de 1 a 21 dias de idade, a margem bruta (MB) foi positiva em todos os tratamentos, sendo a mais elevada ao nível de 2,5% de inclusão de okara. Embora o menor custo de ração por kg de peso vivo do frango se estabeleça aos 10,0% de inclusão de okara, o maior ganho de peso das aves ocorreu ao nível de 2,5% de inclusão, determinado a maior renda bruta média (RBM) nesse nível. O índice de rentabilidade (IR) indica os melhores resultados ao nível de 7,5% de inclusão de okara, com retorno de 118,57% para cada unidade monetária despendida com ração. O menor custo bruto médio da ração (CBM) no nível 10% de inclusão de okara foi determinado pelo menor consumo apresentado pelos animais alimentados com este nível de inclusão.

Avaliando a viabilidade econômica da inclusão de okara na dieta de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade observou-se que o CR é inferior ao custo da ração controle em todos os níveis de adição de okara, enquanto a RBM e o CBM foram superiores à ração controle aos 2,5% e 5% de inclusão de okara. A MB de todos os níveis de inclusão, exceto do nível 10% de inclusão, ultrapassou a margem da ração controle, o IR foi melhor em todos os níveis de inclusão de okara quando comparado ao controle com exceção do nível de 5% de inclusão que não apresentou vantagem com relação ao

grupo controle. O ponto de equilíbrio do nível de 10,0% de inclusão de okara, foi estabelecido como mais vantajoso. Este ponto de equilíbrio aponta que são necessários 0,3073 kg de peso vivo de frango para pagamento dos gastos com a ração, podendo-se concluir que o nível de 10,0% de inclusão de okara apresentou os melhores resultados econômicos, mostrando-se economicamente viável nesta fase.

Tabela 8. Análise econômica (R\$) de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade utilizando-se como base o ganho de peso e o consumo de ração.

	Níveis de inclusão de okara %				
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0
Custo da ração (R\$/kg)	0,9127	0,9029	0,8933	0,8881	0,8857
Receita bruta media	1,7222	1,7716	1,7435	1,7206	1,6453
Custo médio bruto da ração (R\$/kg)	0,8019	0,8171	0,8131	0,7872	0,7561
Margem bruta	0,9203	0,9544	0,9305	0,9334	0,8892
Índice de rentabilidade	1,1476	1,1681	1,1444	1,1857	1,1761
Ponto de equilíbrio	0,3260	0,3322	0,3305	0,3200	0,3073

Tabela 9. Análise econômica (%) de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade utilizando-se como base o ganho de peso e o consumo de ração (Controle=100).

	Níveis de inclusão de okara (%)				
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0
Custo da ração (R\$/kg)	100,0000	98,9263	97,8744	97,3047	97,0417
Receita bruta media	100,0000	102,8684	101,2368	99,9071	95,5348
Custo médio bruto da ração (R\$/kg)	100,0000	101,8955	101,3967	98,1669	94,2886
Margem bruta	100,0000	103,7053	101,1083	101,4234	96,6207
Índice de rentabilidade	100,0000	101,7863	99,7212	103,3200	102,4834

Simulando que o okara corresponda a 50% do preço do farelo de soja, o custo da ração com okara é menor somente com 2,5 e 5% de inclusão de okara, igualando-se ao preço da ração sem inclusão de okara no nível de 7,5% de inclusão. A partir de 60% do preço do farelo de soja, o custo da ração com okara é maior que o da ração controle independente do nível de inclusão (figura 1).

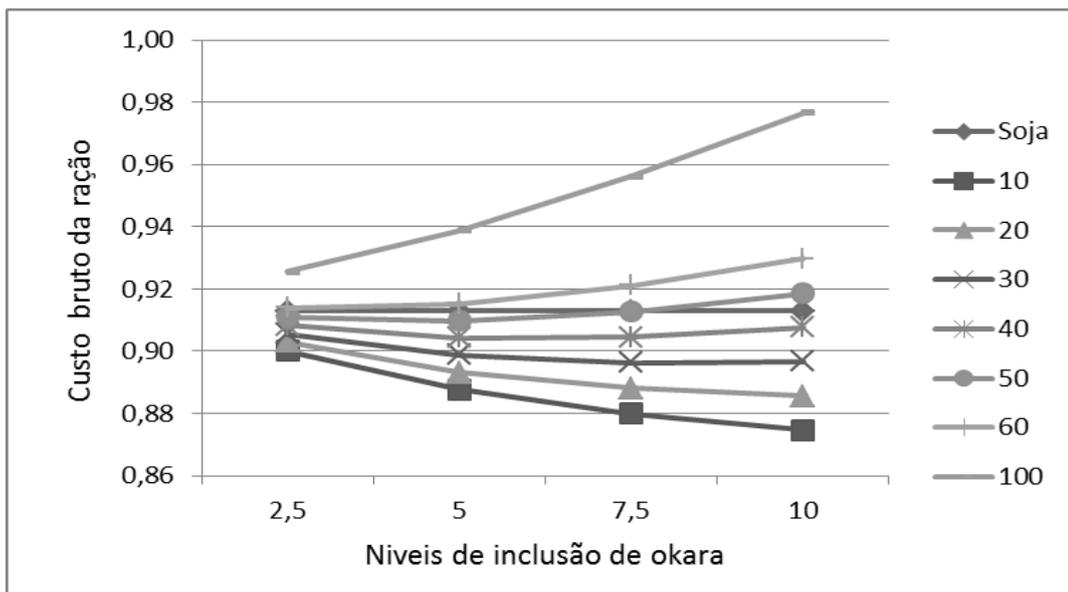


Figura 1. Custo bruto da ração (R\$/kg) de 1 a 21 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo como base o preço do farelo de soja, simulando alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).

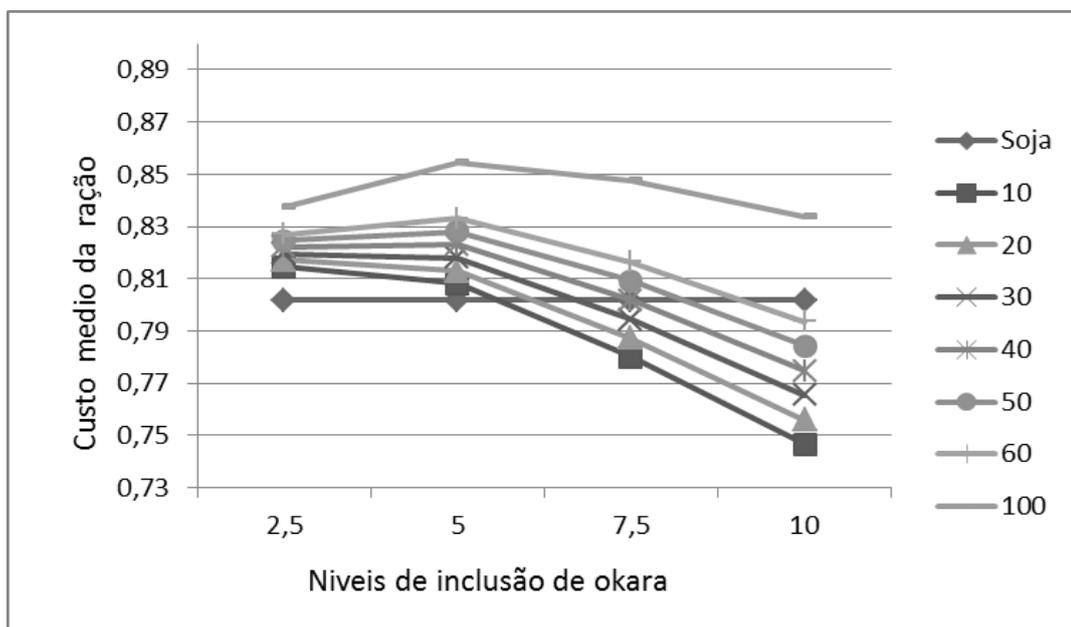


Figura 2. Custo médio bruto da ração (R\$/kg) de 1 a 21 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo como base o preço do farelo de soja simulando alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).

Analisando-se o custo médio da ração no período de 1 a 21 dias de idade (Figura 2), observa-se que o custo médio da ração é menor, utilizando-se 10,0% de inclusão de

okara quando o preço do okara corresponder de 10 a 60% do preço do farelo de soja. Com 7,5 de inclusão de okara, o preço médio da ração é menor quando o valor do okara corresponder de 10 a 30% do preço do farelo de soja.

Simulando que o preço do okara seja igual ao do farelo de soja (100%), o custo médio da ração com inclusão de okara é maior que o da ração controle em todos os níveis de inclusão.

Conclusão

O okara apresentou 2.946 kcal de EMAn/kg de MS e 35,64% de proteína bruta. Okara pode ser utilizado em até 10,0 % de inclusão nas rações de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade, sem prejuízo no desempenho, rendimento de carcaça, parâmetros sanguíneos e com melhores índices econômicos, sendo economicamente viável.

Referências

- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, p.335, 1995.
- ARRUDA A.M.V., PEREIRA E.S., MIZUBUTI I.Y. & SILVA L.D.F. **Ciências Agrárias**, v. 24, p.181-190, 2003.
- AVISITE – **Estatísticas e Preços**. Available at: <www.avesite.com.br>. Accessed on: 10/dez/2012
- BELLAVER, C. & SNIZEK JUNIOR, P.N. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: Congresso Brasileiro de Soja, 1999, Londrina, PR. **Anais...** Embrapa Soja, p.165-175, 1999.
- BLOOR, S. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. **Methods Enzymology**, v. 335, p. 03-14, 2001.
- BORGES, S.A; SALVADOR, D.; IVANOVSKI, R.A. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Cascavel, PR. **Anais...** Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.21-66, 2003.
- BOWLES S. E DEMIATE I. M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 26, P. 652-659, 2006.
- BOWLES, S. **Utilização do subproduto da obtenção de extrato aquoso de soja okara em pães do tipo francês**. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- BURKHALTER, T. M.; MERCHEN, N. R.; BAUER, L. L. et al. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. **Journal of Nutrition**, v. 131, p.1978-1985, 2001.
- FARHAT,A.; NORMAND, L.; CHAVEZ,E. R. et al. nutrient digestibility in food waste ingredients for pekin and muscovy ducks. **Poultry Science**, v. 77, p.1371-1376,1998.
- GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; VALENCIA, D.G. et al. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, v.86, p.1705-1715, 2007.
- GRACIA, M. I.; LATORRE, M. A.; GARCÍA, M. et al. Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers. **Poultry Science**, v.82, p.1281-1291, 2003.
- JACKSON, C. J.; DINI, J. P.; LAVANDIER, C. et al. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. **Process Biochemistry**, v.37, p.1117-1123, 2001.
- JIMÉNEZ-ESCRIG, A., TENORIO, M. D., ESPINOSA-MARTOS, I. et al. Health promoting effects of a dietary fiber concentrate from the soybean by product okara in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.7495-7501, 2008.
- MA, C. Y.; LIU, W. S.; KWOK, K. C. et al. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (okara). **Food Research International**, v.29, p.799-805, 1996.
- MANDARINO, J.M.G. **Compostos antinutricionais da soja: caracterização e propriedades funcionais**. 1.ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2008. p.177- 192.

- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, N.W. 1965. The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens. Storrs: University of Connecticut - Agricultural Experiment Station. P.11, 1965.
- MILES, RD; BUTCHER, GD; HENRY, PR et al. Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters, and quantitative morphology. **Poultry Science**, v.85, p. 476-485, 2006.
- O'TOOLE, D. K. Characteristics and use of okara, the soybean residue from soy milk production-a review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.47, p.363-371, 1999.
- OLIVEIRA, MC; RODRIGUES, EA; MARQUES, RH. et al. Performance and morphology of intestinal mucosa of broilers fed mannan-oligosaccharides and enzymes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p. 442-448, 2008.
- REDONDO-CUENCA, A., VILLANUEVA-SUAREZ, M.J., RODRIGUEZ-SEVILLA, M.D. Chemical composition and dietary fibre of yellow and Green commercial soybeans (Glycine max). **Food Chemistry**, v.101, p.1216-1222, 2006.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 2011, p.186.
- SAEG - **Sistema para análises estatísticas**, versão 7.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos para avaliação biológica dos alimentos e exigências nutricionais para animais monogástricos**. Jaboticabal, SP, UNESP. 2007.
- SAXENA, R. K. et al. Purification strategies for microbial lipases. **Journal Microbiology Methodology**, v.52, p.1-18, 2003.
- SCHEIDELER, S.E.; JARONI, D.; PUTHPONGSIRIPRON, U. Strain, fiber source, and enzyme supplementation effects on pullet growth, nutrient utilization, gut morphology, and subsequent layer performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, p.359-371, 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise dos Alimentos: Métodos químicos e biológicos**, 3ª edição, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- SILVA, M. R. & SILVA, M. A. A. P. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. **Revista de Nutrição**, v.13, p.3-9, 2000.
- SILVA, MA; PESSOTTI, BMS; ZANINI, SF et al. Intestinal mucosa structure of broiler chickens infected experimentally with *Eimeria tenella* and treated with essential oil of oregano. **Ciência Rural**, v.39, p.1471-1477, 2009.
- SINGLETON, V. L., & ROSSI, J. A., JR. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16 No. 3, p.144-158, 1965.
- SMITH, M.O. Parts yield of broilers reared under cycling high temperatures. **Poultry Science**, v.72, p.1146-1150, 1993.
- SONG, T. et al. Soy isoflavones analysis: quality control and a new internal standard. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 68, p. 1474S-1479S, 1998.
- SUREL, O.; COUPLET, B. Influence of the dehydration process on active compounds of okara during its fractionation. **Journal of Science Food Agriculture**, v.85, p.1343-1349. 2005.

- TARACHAI, P. & YAMAUCHI, K. Metabolizable energy of soybean curd residue and its effective utilization for broiler chick feed. **Poultry Science**, v.38, p.160-168, 2001.
- WALISZEWSKI, K. N.; PARDIO, V.; CARREON, E. Physicochemical and sensory properties of corn tortillas made from nixtamalized cor flour fortifies with spent soymilk residue (okara). **Food Science**, v.67, p. 3194-3197, 2002.
- WARD, N.E. **Quality considerations for soybean meal**. Blairstown, NJ. American Soybean Association. 1996. MITA n.195/11/95. v.1.

IV – Utilização do okara (resíduo do extrato aquoso) na alimentação de frangos de corte na fase de crescimento.

Resumo – O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da inclusão de okara na alimentação de frangos de corte na fase de crescimento sobre o desempenho, rendimento de carcaça, níveis séricos de colesterol e triglicerídeos, cálcio e fósforo, parâmetros ósseos, qualidade e oxidação lipídica da carne, viabilidade econômica. Foram utilizados 575 pintos de corte machos da linhagem comercial Cobb com 21 dias de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com quatro níveis de inclusão de okara (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0%) e um grupo controle, com cinco repetições e 23 aves por unidade experimental. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os diferentes níveis de inclusão de okara para os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça, qualidade da carne, parâmetros ósseos e níveis séricos de triglicerídeos, cálcio e fósforo aos 42 dias de idade. Os níveis séricos de colesterol apresentaram uma resposta quadrática ($P < 0,05$), com menor nível apresentado com 6,53% de inclusão de okara. Avaliando a oxidação lipídica da carne, observou-se que o nível de 10% de inclusão de okara na dieta ($P < 0,05$) apresentou uma menor oxidação lipídica. A avaliação econômica da utilização do okara com base nos parâmetros de desempenho indicou a inclusão de 5,0% de okara por apresentar os melhores parâmetros com relação ao custo da ração, receita bruta média e margem bruta. O okara pode ser incluído nas dietas de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade até o nível de 10% na dieta, sem afetar o desempenho, rendimento, parâmetros ósseos, qualidade da carne e promove a redução do processo oxidativo da carne, aumentando o prazo de validade. Palavras chave: antioxidante, isoflavonas, okara, oxidação lipídica, rendimento.

IV – Use to the by-product of production of the extract of soybean (okara) in broilers chickens diets in the growing phase.

Abstract – The present study aimed to evaluate the effect of different levels of okara on performance, carcass parameters, weight of gastrointestinal organs, intestinal morphometry, 575 21 day-old males broilers were distributed in a completely randomized design with five treatments, five replicates and 23 chicks per experimental unit. The experimental diets corresponded to the same used in the Experiment II. The experimental diets were administered from the 21st to the 42st days of life, before that period a diet based on corn and soybean meal was provided. There was no difference between the different levels of inclusion for the parameters of performance, carcass yield, meat quality, bone parameters and serum levels of cholesterol, calcium and phosphorus at 42 days old. The inclusion of 10% of okara in broilers feed improved the antioxidant activity in meat, decreasing the lipid oxidation and increasing the expired date of the product. The levels of triglycerides show a quadratic behavior with the lowest level stated with 6.53% of okara. The economic evaluation of the use of this residue, based on performance parameters indicated the inclusion of 5.0% of okara as the one that show the best parameters relative to the cost of the animal feed, average gross income and gross margin. According to the results, okara can be included in diets for broiler chickens from 21 to 42 days old until the level of 10% in the diet, without affecting the performance, yield and bone parameters and the quality of the meat.

Key-words: morphology intestinal, okara, oxidation, performance, residue.

Introdução

O okara é um subproduto da indústria de alimentos, obtido do processamento do grão de soja, para produção do extrato aquoso ou tofu. O farelo de soja é a principal fonte de proteína de origem vegetal utilizada nas rações de frango de corte. Este ingrediente é incluído em aproximadamente 25 a 30% nas rações (Dale, 1997). Para a obtenção do okara, o grão de soja é limpo, aquecido e triturado com água para produção do extrato aquoso de soja (Jackson et al., 2001).

O valor nutricional do okara tem sido avaliado em diferentes pesquisas que demonstraram elevada qualidade alimentar e possibilidade de utilização em produtos alimentícios (O'Toole, 1999). Dentre os nutrientes contidos no okara, encontra-se 20% de proteínas, 11% de lipídios, 47% de carboidratos, 22% de fibras e 35,7 mg de isoflavonas totais/kg dados expressos na matéria seca (Bowles & Demiate, 2006).

O okara possui um alto teor de ácidos graxos poliinsaturados, como o ácido linoleico e linolênico e alto teor de compostos fenólicos que atuam como antioxidantes, impedindo a degradação por oxidação de lipídios e melhoram a qualidade e valor nutricional dos alimentos como disjuntores ou sequestradores de radicais, dependendo de sua estrutura química (Rice-Evans, 2001). Além disso, em algumas circunstâncias, podem apresentar efeitos pro-oxidativos (Weiss & Landauer, 2003), pelo que tem despertado grande interesse

Entre os compostos fenólicos contidos no okara, destacam-se principalmente as isoflavonas que são os compostos fenólicos principais da soja. Elas podem estar presentes como agliconas ou glicosídeos, dependendo do processo de preparação da soja (Hasna, 2009) e podem ter efeito nos parâmetros sanguíneos de colesterol e HDL (Clarkson, 2002), no metabolismo ósseo das aves (Ratna, 2002), no processo de remodelação óssea (Albense et al., 1994), e, além disso têm ação antimicrobiana, antiviral, antioxidante, estimulante do sistema imune, regulador do metabolismo dos hormônios e a expressão gênica na proliferação celular e na apoptoses das células (Hollman & Katan, 1997; Redondo-Cuenca et al., 2008).

Considerando as importantes funções biológicas dos compostos presentes no okara, a inclusão deste na alimentação de frangos de corte pode melhorar a imunidade dos animais, a saúde intestinal, os índices zootécnicos, diminuir os processos de oxidação lipídica da carne e, conseqüentemente, aumentar o tempo de prateleira dos

produtos. A inclusão de okara na ração também pode diminuir o custo da ração que é o principal fator limitante da produção e reduzir o impacto ambiental que pode ser ocasionado pelo descarte inapropriado deste resíduo. As pesquisas realizadas para avaliar estas funções benéficas do okara mostraram que a inclusão de 5 a 20% de okara nas dietas de frangos de corte melhora o desempenho (Tarachai & Yamauchi, 2001) e diminui as concentrações séricas de colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL) e triglicerídeos (Jimenez-Escrig et al., 2008)

Este estudo teve como objetivo avaliar diferentes níveis de inclusão de okara nas dietas de frango de corte na fase de crescimento e analisar seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça, parâmetros ósseos, atividade antioxidante na carne e viabilidade econômica.

Material e métodos

O experimento foi realizado no aviário do setor de Avicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Foram utilizados 575 pintos de corte machos, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (2,5% 5,0%; 7,5% e 10% de inclusão de okara) mais um controle, cinco repetições com 23 aves por unidade experimental.

As aves foram alojadas em galpão climatizado, com ventilação negativa e placa evaporativa, subdividido em boxes de 1,0 x 2,0m. A água foi fornecida em bebedouros tipo nipple e as rações em comedouros tubulares á vontade em um programa de alimentação dividido em duas fases: inicial e crescimento.

As aves foram criadas até os 21 dias de idade com uma única ração e, de 21 a 42 dias de idade, receberam as rações experimentais, isonutritivas, com níveis crescentes de okara. O valor nutricional do okara utilizado para elaboração das rações foi determinado através de um ensaio de digestibilidade e análises para composição química do resíduo, obtendo os seguintes resultados: 95,35% de MS, 35,64% de PB, 21,50% de EE, 12,67% de FDN, 12,16% de FDA, 2972 kcal de EMA/kg de MS, 1,83% de alanina, 2,26% de arginina, 4,00% de ác. aspártico, 1,80% de glicina, 1,69% de isoleucina, 2,99% de leucina, 5,64% de ác. glutâmico, 2,58% de lisina, 0,65% de cistina, 0,52% de metionina, 1,82% de fenilalanina, 1,31% de tirosina, 1,47% de treonina, 0,28% de triptofano, 1,70% de prolina, 1,85% de valina, 0,81% de histidina,

1,78% de serina, 0,26% de Mg, 0,52% de Ca, 0,98% de K, 0,54% de P, 4,96% de N, 206,65 mg de Fe/kg, 8,45 mg de Cu/kg, 29,10 mg de Mn/kg, e 27,65 mg de Zn/kg.

As dietas (Tabela 1) foram formuladas utilizando-se os valores de composição química dos alimentos e as exigências nutricionais para frangos de corte machos de desempenho médio (Rostagno et al., 2011).

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais inicial e crescimento.

Ingrediente	Inicial	Crescimento (22 a 42 dias)				
		% de inclusão de okara				
		Controle	2,5	5,0	7,5	10,0
Milho	58,72	65,20	64,60	64,01	63,43	62,85
Farelo de soja 45%	34,74	28,60	26,76	24,90	23,04	21,18
Okara	0,00	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00
Óleo de soja	2,53	2,87	2,67	2,46	2,25	2,04
Fosfato bicálcico.	1,72	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25
Calcário	0,95	0,86	0,82	0,79	0,75	0,71
Sal	0,200	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
DL-Metionina, 98%	0,325	0,234	0,257	0,280	0,303	0,326
L-Lisina HCL, 78%	0,306	0,230	0,292	0,355	0,418	0,481
L- Treonina, 98%	0,109	0,055	0,086	0,117	0,148	0,180
L-Valina, 98%	0,000	0,035	0,074	0,113	0,152	0,191
L-Triptofano, 98%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,011
Supl. Min. e vit.	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição calculada						
EM (kcal/kg)	2.975	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125
Proteína Bruta (%)	21,10	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75
Met + Cist digestível (%)	0,90	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Arginina digestível (%)	1,32	1,15	1,09	1,03	0,97	0,90
Lisina digestível (%)	1,25	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Treonina digestível (%)	0,81	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Triptofano digestível (%)	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19
Valina digestível (%)	0,88	0,81	0,82	0,82	0,82	0,82
Fósforo disponível (%)	0,43	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Sódio (%)	0,21	0,16	0,23	0,31	0,38	0,45
Potássio (%)	0,80	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66
Cloro (%)	0,22	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34
Cálcio (%)	0,87	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69

Suplemento vitamínico (conteúdo/kg de premix): Vit. A 2.250.000 UI/kg; Vit. D3 450.000 UI/kg; Vit. E 7.000 UI/kg; Vit. K3 418 mg/kg; Vit. B1 300 mg/kg; Vit. B2 1000 mg/kg; Vit. B12 3000 mcg/kg; Niacina 7000 mg/kg; Pantotenato de Cálcio 2500 mg/kg; Ácido Fólico 140 mg/kg; Biotina 14 mg/kg. Suplemento mineral (conteúdo/kg de premix): Ferro 12.5 g/kg; Cobre 3000 mg/kg; Iodo 250 mg/kg; Zinco 12.5 g/kg; Mangânes 15 g/kg; Selênio 75 mg/kg; Cobalto 50 mg/kg.

As aves foram vacinadas no incubatório contra Marek. Foi utilizado um programa de luz contínuo de 24 horas de luz (natural + artificial) nos 10 primeiros dias e no restante do período experimental 23 horas de luz (natural + artificial) até o abate. A mortalidade das aves foi registrada diariamente e as possíveis causas foram determinadas através de necropsia. As pesagens das aves e das rações experimentais foram realizadas aos 21, e 42 dias, para determinação do consumo de ração, da conversão alimentar e do peso corporal acumulado.

Aos 42 dias de idade, duas aves por repetição foram selecionadas (média±5%), para análise de rendimento de carcaça e cortes e percentual de gordura abdominal. Após seis horas de jejum, as aves foram desensibilizadas por eletrochoque e sacrificadas por sangria, depenadas e evisceradas, e as carcaças foram pesada em balança digital. Para o cálculo de rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça sem pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo, o qual foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento dos cortes, foi considerado o rendimento de peito, pernas (coxa e sobrecoxa) com pele e ossos, asas e dorso, sendo calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. Considerou-se gordura abdominal aquela presente ao redor da cloaca, bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes, sendo posteriormente pesada e calculado seu peso relativo em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Duas aves por unidade experimental foram selecionadas (média±5%) e 3,0 ml de sangue foi colhido, por meio da veia jugular, para obtenção de soro. O soro obtido foi transferido para tubos identificados e armazenados em freezer (-18°C) para posteriores análises. A determinação dos níveis séricos de colesterol total (mg/dL), triglicérides (mg/dL), cálcio (mg/dL) e fósforo (mg/dL) foi realizada mediante processo enzimático-colorimétrico utilizando-se kits (Gold Analisa Diagnóstica Ltda.) e leitura em espectrofotômetro Bio-2000 (Bioplus Produtos para Laboratório Ltda) segundo metodologias descritas por Gold Analisa Diagnóstica.

Posteriormente, as aves foram desensibilizadas por eletrochoque e sacrificadas. Para avaliação dos parâmetros ósseos, foi coletada a perna esquerda das aves, que foi acondicionada em sacos plásticos identificados e congelada (-18°C) até o início das análises. Após descongelamento, as pernas foram descarnadas para remoção do tecido muscular aderido e separação do fêmur e a tíbia. Os ossos foram limpos pesados em balança analítica (0,0001g) e medido o comprimento e diâmetro na porção média

usando paquímetro eletrônico digital (mm). O índice de seedor (Seedor et al., 1991) foi calculado segundo a fórmula:

$$\text{Índice de Seedor} = \text{peso do osso (mg)} / \text{comprimento do osso (mm)}$$

As análises de resistência óssea foram realizadas com os ossos descongelados *in natura*. Os ossos foram posicionadas na região da epífise, na posição antero-posterior no texturometro (modelo TAXT2i) com uma base que apoia as regiões das epífises ósseas para aplicação da força de 5mm/s com carga de 200 kgf na região central do osso. Os valores foram expressos em quilograma de força (kgf). Após o processo de quebra, os ossos foram identificados e armazenados em frascos de vidro com éter etílico até a retirada total de resíduos de gordura, secos em estufa de ventilação forçada a 100°C por 24 horas, triturados em moinho tipo bola, pesados em balança analítica (0,0001g), secos em estufa de ar forçado a 105°C por 12 horas. Estes foram pesados após resfriamento e calcinados em mufla a 600°C, para obtenção das cinzas, segundo a metodologia de Oliveira (2006). As determinações de fósforo foram realizadas pelo método colorimétrico, com utilização de solução mineral e as determinações de cálcio foram analisadas por espectrofotometria.

Para avaliação da qualidade da carne, o músculo do peito (*Pectoralis major*) direito e esquerdo e a coxa direita foram retirados. O pH foi medido com auxílio de um potenciômetro de contato da marca Testo® (modelo 205) introduzido diretamente no filé do peito 15 minutos após o abate, conforme descrito por Boulianne & King (1995) e adaptado por Olivo et al. (2001). A coloração do peito (*Pectoralis major*) e da perna da ave foi mensurada após o abate, utilizando-se colorímetro portátil (modelo CR-400 Konica Minolta) com as seguintes configurações: Luminosidade D65; 0° ângulo de visão e auto-average em três pontos diferentes da superfície da coxa e peito segundo metodologia descrita por Van Laack et al. (2000). Os componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho e verde) e b* (componente amarelo e azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

O músculo do peito do lado esquerdo de dez aves por tratamento foi utilizado para análise da capacidade de retenção de água na carcaça (CRA), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC). A CRA foi realizada, utilizando-se o método por centrifugação proposto por Nakamura & Katok (1985). As amostras de 1g de músculo

do peito (*Pectoralis major*) cru foram embrulhadas em papel filtro, centrifugadas a 1.500 rpm durante quatro minutos, pesadas em balança analítica (0,001g) e secas em estufa a 70°C por 12 horas, pesadas novamente para o cálculo da CRA, em porcentagem.

Para avaliação de PPC, as amostras congeladas de peito de aproximadamente 200g foram pesadas, embaladas em papel laminado e assadas em chapa elétrica de modelo comercial, com aquecimento até 180°C. Quando atingiram temperatura de 35°C, as amostras foram viradas e mantidas desta forma até a temperatura das mesmas atingisse 80°C. Posteriormente, foram retiradas e mantidas em repouso, para estabilizar na temperatura ambiente e serem pesadas, obtendo-se, assim, o peso após o cozimento (Honikel, 1998).

As amostras utilizadas para PPC foram as mesmas utilizadas para determinação da FC. Após o cozimento, estas foram aparadas e cortadas em 5 retângulos (1,0 x 1,0 x 1,3 cm) e colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina. O equipamento utilizado foi texturômetro (modelo TAXT2i), acoplado com a probe 29 *Warner-Bratzler Shear Force*, mecânico, calibrado com peso-padrão de 5 kg e velocidade do seccionador de 3 mm/minuto, fornecendo a medida da força de cisalhamento da amostra em quilograma força (kgf).

Para avaliação da oxidação lipídica da carne de animais alimentados com diferentes níveis de inclusão de okara na dieta, foram utilizadas amostras de 20 gramas da carne de coxa e sobrecoxa foram armazenadas em refrigeração a 4°C, e analisadas durante quatro dias alternados (2, 4, 6 e 8 dias) observando-se a oxidação equivalente em malonaldeído, pela metodologia de T-Bars de acordo com Sorensen & Jorgensen (1996) a cada dia, uma amostra de 20 gramas de carne foi moída e 5 g foi homogeneizada com 15 ml de solução de ácido tricloroacético (7,5%), Propilgalato (0,1%) e EDTA (0,1%) em tubos falcon. Em seguida, a solução obtida foi filtrada em papel de filtro qualitativo (12,5 mm) e 1,5 ml da solução filtrada foi misturado com 1,5 ml de TBA em tubo de ensaio e levados ao banho maria por 40 minutos. Posteriormente foram centrifugados a 3000 RPM durante 10 minutos. Após a centrifugação, a absorbância foi lida em comprimento de onda de 545 nm em espectrofotômetro. Para os cálculos, foi utilizada uma curva padrão de malonaldeído e os dados foram expressos como mg de malonaldeído (MDA)/kg de amostra.

Para verificar a viabilidade econômica da inclusão do okara nas rações, foram utilizados o preço pago ao produtor pelo quilograma de frango vivo (R\$ 2,46/kg) e os preços dos ingredientes da ração, tomados como referência dos cálculos de sites de comercialização de produtos agrícolas do Paraná no mês de janeiro de 2013: milho R\$ 1,13/kg; farelo de soja R\$ 0,60/kg; óleo de soja R\$ 1,68/kg; calcário R\$ 0,18/kg; fosfato bicálcico R\$ 1,31/kg; sal comum R\$ 0,12/kg; premix R\$ 6,50/kg; inerte R\$ 0,65/kg; Dimetionina R\$ 10,25/kg; L-lisina R\$ 6,61/kg; L-arginina R\$ 19,08/kg; L-valina R\$ 25,00/kg; L-treonina R\$ 12,44/kg, L-triptofano R\$ 91,0/kg, okara R\$ 0,5/kg (valor de comercialização da Cocamar). O custo médio de ração (CMR) foi calculado de acordo com a composição centesimal das rações experimentais para frangos 21 a 42 dias, o consumo médio de ração das aves para cada nível de adição de okara. A receita bruta (RBM) foi obtida do produto do total de ganho de peso das aves e o preço pago ao produtor. A margem bruta (MB) foi o resultado entre a receita bruta (RBM) e o CMR. O índice de rentabilidade (IR) foi calculado do quociente MB e CMR. O IR indica a taxa de retorno do capital empregado.

O ponto de equilíbrio (PE) mostra o volume exato de produção em que há retorno zero (RBM=CMR). No presente estudo, a abordagem econômica levou em consideração somente os custos com a alimentação, devido ao escopo da pesquisa, não abrangendo os demais componentes de custo de produção. Portanto, trata-se do ganho de peso necessário para se cobrir os custos com a alimentação. No caso, inferiu-se apenas o ponto de equilíbrio parcial.

Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAEG (1998). Após a análise de variância, quando houve diferença, os graus de liberdade foram desdobrados em polinômios e analisados por regressão para as diferentes relações linear ou quadrática ($P < 0,05$). Para as variáveis respostas que apresentaram efeito quadrático foram calculados o ponto de inflexão, como as melhores relações, e 95% destes valores como limite de confiança (Sakomura & Rostagno, 2007). As comparações entre as médias das variáveis estudadas para o grupo controle e os tratamentos foram realizadas mediante o teste de comparação de médias de Dunnett ($P < 0,05$).

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = valor observado da variável estudada j, submetido ao tratamento i

μ = média geral de todas as observações

T_i = efeito do tratamento ($i = 5\%, 10\%, 15\%$ e 20% de okara)

e_{ij} = erro experimental

Resultados e discussão

Os parâmetros de desempenho do período de 21 a 42 dias e de rendimento de carcaça aos 42 dias de idade não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de inclusão de okara, assim como cada nível comparado com o grupo controle (Tabela 3 e 4). Este resultado de desempenho é importante, considerando que o okara tem um alto teor de fibra, de 12,7% de FDN, o que poderia ser prejudicial ao desenvolvimento de frangos de corte por ser um diluente da dieta (Jeraci & Van Soest, 1990). No entanto, quantidades moderadas de fibra podem melhorar o desenvolvimento dos órgãos digestivos, produção de enzimas biliares, de ácido clorídrico e composição da microbiota cecal, o que, conseqüentemente, resulta em maior digestibilidade de nutrientes e melhores parâmetros de desempenho em frangos de corte (Mateos et al., 2002).

Os níveis séricos de triglicérides não foram influenciados pela inclusão de okara na dieta de frangos de corte ($P > 0,05$), no entanto os níveis séricos de colesterol apresentaram uma resposta quadrática aos 42 dias de idade ($Y = 199,09 + 40,43x + 3,098x^2$; $R^2 = 0,84$), sendo o menor valor encontrado com 6,53% de inclusão de okara (Tabela 4). Esta diferença pode ser devida à ação das isoflavonas 24,34 mg/100g contidas no okara sobre os receptores β estrogênicos presentes no fígado, aumentando os receptores hepáticos da enzima lipase lipoprotéica (LPL) e diminuindo gradativamente o teor de colesterol pela ação da LPL (Tulenko & Sumner, 2002; Garcia & Oliveira, 1992). Ainda, os níveis séricos de colesterol podem ter sido influenciados pela presença de fibras da dieta principalmente as fibras solúveis (Marrero, 1998), as quais se ligam aos ácidos biliares ou colesterol durante a formação das micelas no intestino delgado aumentando a excreção destes e, conseqüentemente, diminuindo os níveis séricos (Burkhalter et al., 2001).

Tabela 2. Desempenho (\pm erro padrão) de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Okara %					CV (%)	Reg.
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0		
Peso médio aos 42 dias (g)	2660,23 \pm 45,51	2681,94 \pm 36,16	2692,73 \pm 14,53	2676,67 \pm 42,96	2639,17 \pm 35,75	3,12	Ns
Consumo de ração (g)	3769,30 \pm 4,71	3747,11 \pm 98,10	3886,02 \pm 36,63	3761,51 \pm 56,67	3847,30 \pm 45,22	4,18	Ns
Conversão alimentar	2,021 \pm 0,039	1,982 \pm 0,030	2,046 \pm 0,033	1,996 \pm 0,018	2,089 \pm 0,033	3,52	Ns

*Teste Dunnett a 5%. Ns = Não- significativo.

Tabela 3. Rendimento de carcaça (%) e de cortes (%) (\pm erro padrão) de frangos abatidos aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Okara %					CV (%)	Regressão
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0		
Carcaça	70,46 \pm 0,30	71,41 \pm 1,22	70,8 \pm 0,49	70,61 \pm 0,77	70,57 \pm 0,50	2,21	Ns
Peito	26,82 \pm 0,57	28,80 \pm 1,18	27,39 \pm 0,84	28,03 \pm 0,86	27,23 \pm 0,59	6,58	Ns
Perna	22,32 \pm 0,53	22,07 \pm 0,24	22,69 \pm 0,12	21,68 \pm 0,45	22,56 \pm 0,30	3,68	Ns
Asas	7,54 \pm 0,21	7,56 \pm 0,06	7,65 \pm 0,29	7,50 \pm 0,14	7,41 \pm 0,11	5,36	Ns
Dorso	13,52 \pm 0,46	12,70 \pm 0,30	12,88 \pm 0,35	13,22 \pm 0,31	13,07 \pm 0,19	5,72	Ns
Gordura	2,22 \pm 0,26	1,58 \pm 0,07	1,86 \pm 0,14	1,90 \pm 0,14	2,05 \pm 0,17	19,99	Ns

*Teste Dunnett a 5%. Ns = Não- significativo.

Silva et al. (2001) avaliaram o efeito dos flavonóides (naringina, rutina) na alimentação de ratos e observaram diminuição dos níveis de triglicérides e colesterol devido ao aumento da atividade da lipase lipoprotéica causada pelos flavonóides, levando a uma maior hidrólise dos triglicérides e, conseqüentemente, maior mobilização destes para o fígado, tecido muscular e tecido adiposo.

Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) nos parâmetros ósseos (diâmetro dos ossos, índice de Seedor, resistência óssea, composição de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos), conteúdos séricos de cálcio, fósforo entre as aves que receberam os diferentes níveis de okara.

O okara possui alto teor de cálcio (0,525%) e fósforo (0,54%), sendo o conteúdo de cálcio do okara superior ao contido no farelo de soja 45% (Rostagno et al., 2011). Além disso, o consumo elevado de proteína da soja está associado com maior densidade mineral óssea e menor reabsorção óssea.

Harkness (2004) avaliaram uma dieta com alto teor de proteína da soja em ratas encontrando maior densidade óssea no fêmur e na quarta vértebra lombar e menor excreção de cálcio urinário e diminuição da perda óssea na coluna lombar e no fêmur, sem diferença entre o conteúdo de cálcio na coluna lombar, este efeito pode ser devido ao alto teor de isoflavonas contidas na proteína da soja.

O okara possui 24,34 mg de isoflavonas (agliconas) totais/100g que podem agir no metabolismo ósseo das aves, aumentando a mobilização de cálcio e fósforo, aumentando o conteúdo total de minerais nos ossos, com conseqüente melhora dos parâmetros ósseos (Albanese et al., 1994). Pesquisas indicam que principalmente a daidzeína e a genisteína (agliconas) estimulam o aumento do conteúdo de cálcio, a formação do osso e impedem a reabsorção óssea em animais de laboratório (Ishimi et al., 1999).

Estudos têm mostrado que extratos enriquecidos com isoflavonas aumentam a massa e resistência óssea (Anderson et al., 1998). Williams et al. (1998) avaliaram o efeito *in vitro* da genisteína em baixas concentrações, mostrando que esta aumenta a produção de biomarcadores ósseos e fosfatase alcalina.

Tabela 4. Colesterol total (mg dL-1), triglicérides (mg dL-1), cálcio (mg dL-1) e fósforo (mg dL-1), (\pm erro padrão) de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara no período de crescimento.

	Okara %					CV (%)	Regressão
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0		
Colesterol	96,30 \pm 13,66	121,25 \pm 11,24	62,75 \pm 6,96	81,75 \pm 18,27	100,70 \pm 16,59	33,84	Y=199,09+40,43x+3,10x ² ; R ² =0,841
Triglicérides	83,40 \pm 8,86	93,75 \pm 6,54	71,00 \pm 11,00	79,13 \pm 10,77	79,80 \pm 13,58	28,96	Ns
Cálcio	3,97 \pm 0,38	4,12 \pm 0,23	4,18 \pm 0,35	3,85 \pm 0,02	4,97 \pm 0,048	15,34	Ns
Fósforo	6,03 \pm 0,27	5,60 \pm 0,53	5,52 \pm 0,47	5,53 \pm 0,31	6,16 \pm 0,353	15,05	Ns

* Teste Dunnett a 5%. ns = Não- significativo. L – Linear; Q – Quadrática.

Tabela 5. Parâmetros ósseos da tíbia (\pm erro padrão), na matéria seca desengordurada de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Okara %					CV (%)	Regressão
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0		
Diâmetro (mm)	8,42 \pm 0,31	7,80 \pm 0,17	8,50 \pm 0,42	8,11 \pm 0,20	8,82 \pm 0,18	7,25	Ns
Índice de Seedor	80,40 \pm 1,04	72,09 \pm 3,60	87,07 \pm 4,69	77,39 \pm 1,06	90,29 \pm 4,95	9,63	Ns
Resistência Óssea (kgf)	33,41 \pm 1,46	34,47 \pm 4,27	44,91 \pm 6,26	35,33 \pm 1,43	48,06 \pm 4,21	22,54	Ns
Cinzas (%)	29,89 \pm 1,22	31,64 \pm 0,90	31,11 \pm 0,69	32,72 \pm 0,81	31,99 \pm 0,52	5,98	Ns
Cálcio (%)	11,53 \pm 0,46	13,06 \pm 0,28	15,02 \pm 0,56	14,16 \pm 0,66	14,44 \pm 0,42	10,43	Ns
Fósforo(%)	7,39 \pm 0,52	7,32 \pm 0,34	6,17 \pm 0,19	9,72 \pm 0,86	7,56 \pm 0,48	12,28	Ns

*Teste Dunnett a 5%. Ns = Não-significativo.

Ishida et al. (1998) investigaram os efeitos da administração de 50 mg/kg/dia de daidzina e genistina (glicosídicos precursoras da genisteína e daidzeína) em ratos alimentados com dietas deficientes em cálcio e encontraram que os ossos do fêmur destes animais apresentaram maior densidade, força de quebra, cinzas, peso e conteúdo de cálcio e fósforo, quando comparados com o grupo controle. Devido a estas substâncias contidas no okara, esperava-se que estes parâmetros apresentassem diferenças de acordo com os níveis de inclusão de okara, no entanto, não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) o que pode ser pelo teor de fibras presentes no okara, que promove o aumento da excreção fecal de cálcio, fósforo, ferro, magnésio e zinco (Prosky & De Vries, 1992), ocasionando a perda destes minerais no fluxo sanguíneo e conseqüentemente, nos ossos.

O pH, a coloração, a CRA, a FC e a PPC da carne do peito 15 min *post mortem* (Tabela 6) não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos diferentes níveis de okara. O okara possui um alto teor de isoflavonas, que tendem a aumentar a atividade da enzima catalase que capta o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) presente na carne e o descompõe em oxigênio e água antes que ele possa formar radicais livres, retardando assim o processo de oxidação

Estas mudanças melhoram os atributos físico-químicos, como aumento do pH, luminosidade e redução na produção de ácido láctico com o tempo de armazenamento (Jiang et al., 2007), o que indica que, provavelmente, se esses parâmetros fossem mensurados ao longo do tempo de armazenamento, seriam encontradas diferenças devido ao alto potencial antioxidante das isoflavonas contidas no okara, as quais reduzem o processo de oxidação lipídica e, minimizam as mudanças na coloração e pH (Jiang et al., 2007).

Os valores de produção de malonadeído, indicativo do processo de oxidação lipídica na carne, nas amostras da carne da coxa e da sobrecoxa (Tabela 7) mostraram interação ($P < 0,05$) entre os níveis de okara e os dias de armazenamento. Os grupos alimentados com inclusão de 2,5 a 7,5% de okara apresentaram aumento linear ($P < 0,05$) na produção de malonaldeído com o maior período de armazenamento.

Tabela 6. Parâmetros de qualidade de carne do peito (\pm erro padrão) de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de okara.

	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0	CV (%)	Regressão
Luminosidade	51,29 \pm 0,72	51,30 \pm 0,41	51,32 \pm 0,30	50,63 \pm 0,16	51,14 \pm 0,53	2,86	Ns
Intensidade de vermelho/verde	8,39 \pm 0,51	10,26 \pm 0,58	8,73 \pm 0,19	10,12 \pm 0,32	9,37 \pm 0,15	25,42	Ns
Intensidade de amarelo/azul	7,27 \pm 0,65	8,01 \pm 0,17	7,52 \pm 0,25	7,16 \pm 0,37	7,42 \pm 0,29	15,19	Ns
pH	6,10 \pm 0,03	6,09 \pm 0,05	6,13 \pm 0,04	6,06 \pm 0,04	6,06 \pm 0,03	2,01	Ns
Capacidades de retenção de água (%)	66,00 \pm 1,23	65,82 \pm 1,01	64,18 \pm 0,73	65,82 \pm 1,32	65,94 \pm 0,89	3,61	Ns
Perda de peso por cocção (%)	27,56 \pm 1,35	23,75 \pm 0,48	24,24 \pm 2,01	25,30 \pm 3,38	26,59 \pm 1,47	16,81	Ns
Força de cisalhamento (kgf/cm ⁻²)	41,40 \pm 4,68	40,83 \pm 5,15	39,62 \pm 6,50	36,24 \pm 4,53	35,67 \pm 3,46	28,30	Ns

*Teste Dunnett a 5%. Ns = Não-significativo.

O aumento crescente da formação desses compostos durante o armazenamento da carne é esperado, devido à reação de oxidação dos ácidos graxos contidos nela. A exposição dos fosfolipídeos da membrana ao oxigênio dá início a uma série de reações que produzem radicais livres, que, posteriormente são decompostos em aldeídos que se acumulam no alimento ao longo do tempo de armazenamento (Fellenberg, 2004).

Em comparação ao grupo controle, observa-se que o grupo alimentado com 7,5% de okara, apresentou maior produção de malonadeído nos dias 6 e 8 ($P < 0,05$), o que pode ser devido ao maior teor de ácidos graxos poliinsaturados no okara que é de aproximadamente 60% (Liu, 1999).

O perfil lipídico da carne se altera com mudanças na composição lipídica da dieta de frangos de corte (Wood & Enser, 1997) e a presença de ácidos graxos poliinsaturados, como o ácido linoléico e linolênico, promovem maior susceptibilidade à oxidação lipídica da carne (Wang et al., 2000). No perfil lipídico do okara, destacam-se os ácidos graxos poliinsaturados (Redondo-Cuenca et al., 2008), o que pode ter causado a ausência de resposta na diminuição do processo oxidativo da carne.

Assim, a diferença encontrada entre o grupo alimentado com 7,5% de okara e o grupo controle pode ser atribuída ao aumento dos ácidos graxos poliinsaturados na carne devido ao seu grau de insaturação, que influenciam na velocidade de oxidação, ocasionando maior susceptibilidade à oxidação lipídica (Frankel, 1996), sendo que os ácidos graxos poliinsaturados se oxidam até em alimentos congelados (Pereira et al., 2006). Os demais tratamentos apresentaram valores similares ao grupo controle ($P > 0,05$).

O nível de 10% de inclusão de okara apresentou valores similares ao grupo controle ($P > 0,05$), indicando que provavelmente, em níveis a partir de 10% de inclusão do okara, as isoflavonas contidas neste resíduo poderiam diminuir o processo oxidativo da carne. Isto, pelo fato de que esses compostos são conhecidos como potentes antioxidantes, agindo na neutralização ou sequestro de radicais livres ou na quelação de metais de transição, tanto na etapa de iniciação, como na de propagação do processo oxidativo (Soares, 2002).

Okara possui na sua composição 19,83 mg/100g de compostos fenólicos, entre os que encontram-se 24,34 mg/ 100g isoflavonas totais, que inibem as enzimas prooxidantes, como a lipoxigenase, interrompendo a oxidação lipídica e interferindo na propagação da cadeia ou nos processos de decomposição da carne (Decker, 1995).

Tabela 7. Evolução da oxidação lipídica (valores de TBARS expressos como mg de MDA/kg) da carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com ração com diferentes níveis de okara durante diferentes períodos de armazenamento.

Nível/Dia	0	2	4	6	8	Média tratamento	Regressão
Controle	1,23±0,11	1,13±0,21	1,41±0,34	1,14±0,13	1,76±0,25	1,34a	Ns
2,5	1,21±0,06	1,15±0,11	1,06±0,23	1,38±0,09	2,22±0,33	1,40a	Linear ¹
5,0	1,07±0,07	1,22±0,15	0,99±0,31	1,53±0,18	1,93±0,03	1,35a	Linear ²
7,5	0,94±0,01	1,04±0,12	1,42±0,33	1,94±0,38*	3,67±0,82*	1,80ab	Linear ³
10	1,31±0,07	1,07±0,06	1,27±0,26	1,68±0,06	1,81±0,22	1,35a	Ns
Média do dia	1,15	1,12	1,15	1,53	2,28		
CV (%)			39,88				
Nível			Ns				
Dia			0,00				
Nível x dia			0,03				

*Interação a, b; *Teste Dunnett a 5%;Ns= Não - significativo.

¹Y= 0,95 + 0,11x; R² = 0,57

²Y= 0,94 + 0,10x; R² = 0,69

³Y= 0,74 + 0,11x; R² = 0,50

Tabela 8. Análise econômica em reais de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade utilizando como base o ganho de peso e o consumo de ração.

	Níveis de inclusão de okara %				
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0
Custo da ração (R\$/kg)	0,9127	0,9029	0,8933	0,8881	0,8857
Receita bruta média	1,7222	1,7716	1,7435	1,7206	1,6453
Custo médio bruto da ração (R\$/kg)	0,8019	0,8171	0,8131	0,7872	0,7561
Margem bruta	0,9203	0,9544	0,9305	0,9334	0,8892
Índice de rentabilidade	1,1476	1,1681	1,1444	1,1857	1,1761
Ponto de equilíbrio	0,3260	0,3322	0,3305	0,3200	0,3073

Na avaliação econômica, observou-se que em todos os níveis de inclusão de okara, o custo da ração foi inferior à ração controle (Tabela 8 e 9). O índice de rentabilidade (IR) mais vantajoso se estabeleceu aos 7,5% de inclusão com retorno de 102,84%. O melhor ponto de equilíbrio ocorre no nível de 10% de inclusão de okara, sendo necessários 0,922 kg de peso vivo para cobrir o custo com a ração. O nível de 5,0% de inclusão de okara apresentou os melhores resultados relativos a CR, RBM e MB o que poderia indicar este como o melhor nível de inclusão na fase de crescimento.

Tabela 9. Análise econômica em porcentagens de dietas contendo diferentes níveis de okara para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade utilizando-se como base o ganho de peso e o consumo de ração (Controle=100).

	Okara %				
	Controle	2,5	5,0	7,5	10,0
Custo da ração (R\$/kg),	100,0000	99,7676	99,5004	99,6398	99,8606
Renda bruta média (R\$/kg),	100,0000	101,1780	101,7898	101,0343	98,7240
Custo médio bruto (R\$/kg),	100,0000	100,5809	100,7163	99,9083	99,0697
Margem bruta (%)	100,0000	101,7673	102,8571	102,1494	98,3760
Índice de rentabilidade (%)	100,0000	101,1831	102,1277	102,2470	99,3040
Ponto equilíbrio	100,0000	100,5801	100,7091	99,9033	99,0653

Analisando-se o custo médio da ração no período de 21 a 42 dias de idade, o preço das rações com inclusão de okara com relação ao preço da ração sem inclusão de okara foi menor quando o preço do okara representa 10% do preço do farelo de soja no nível de 10 e 7,5% de inclusão. Nos valores atuais do okara, em relação ao farelo de soja (20%), o custo médio da ração é menor com inclusão de 10% de okara na ração em comparação à ração sem inclusão de okara.

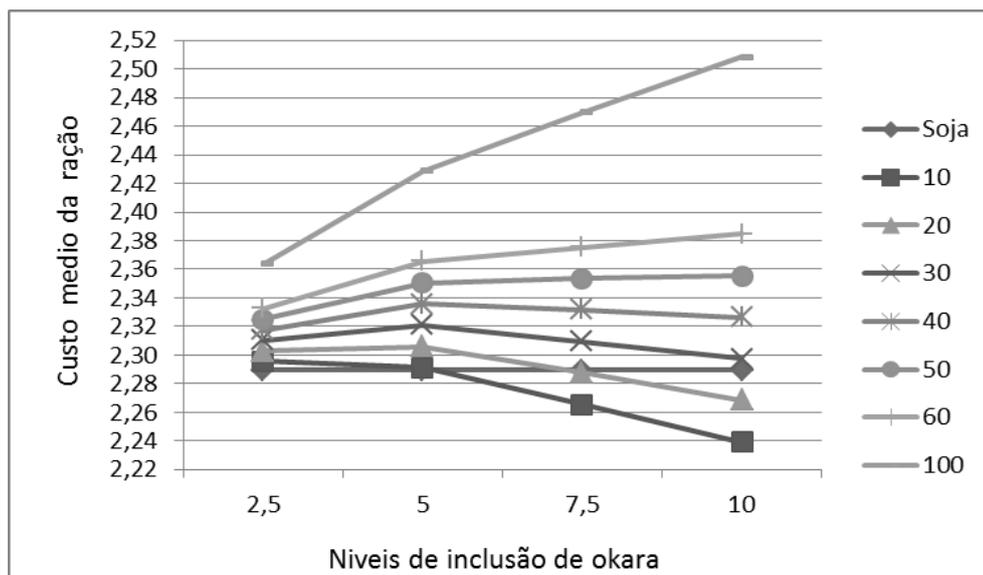


Figura 1. Custo médio da ração (R\$/kg) de 21 a 42 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo como base o preço do farelo de soja simulando-se alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).

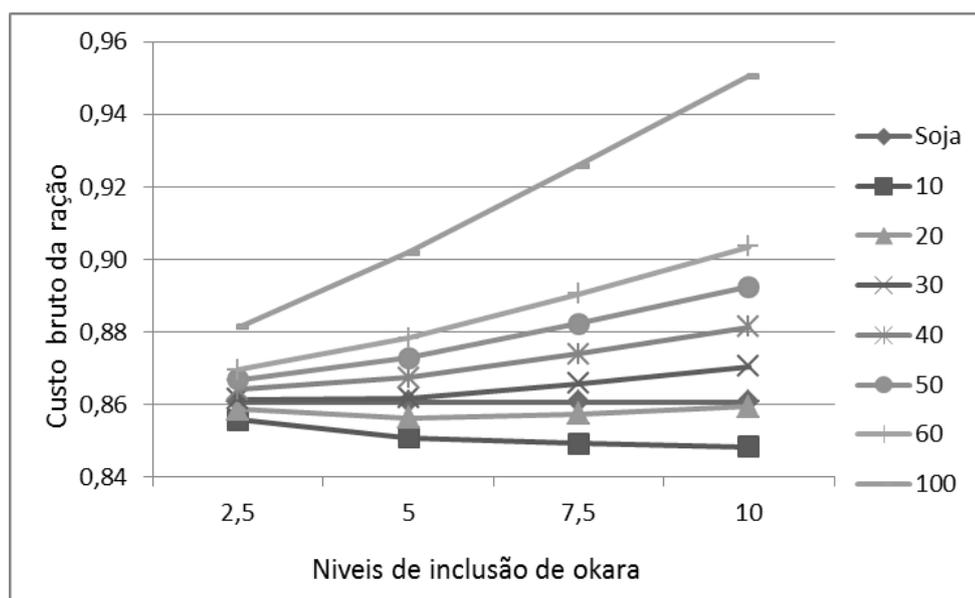


Figura 2. Custo bruto da Ração (R\$/kg) 21 a 42 dias de idade com diferentes níveis de okara, tendo como base o preço do farelo de soja, simulando alterações no preço do okara com relação ao preço do farelo de soja (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100%).

Considerando o custo bruto da ração em todos os níveis de inclusão, quando o preço do okara corresponde de 10 a 20% do preço do farelo de soja, o custo da ração com okara é menor. Quando o preço do okara representa mais de 20% do preço do farelo de soja, o valor das rações é maior comparado ao valor das rações sem inclusão de okara.

Conclusão

O okara pode ser incluído nas rações de frangos de corte, no período de 21 a 42 dias de idade em até 10% na dieta sem afetar o desempenho, rendimento de carcaça, parâmetros ósseos, diminui o processo de oxidação lipídica da carne e aumenta o tempo de prateleira. No entanto, considerando-se a análise econômica, as inclusões de okara na dieta de frangos de corte na fase de crescimento, são economicamente viáveis só até 5,0% de inclusão.

Referências

- ALBANESE, C.B.; CUDD, A.; ARGENTINO, L. et al. Ipriflavone directly inhibits osteoclasts activity. **Biochemical Biophysical Research Communications**, v.199, p.930-936, 1994.
- ANDERSON, J.J., AMBROSE, W.W., GARNER, S.C. Biphasic effects of genistein on bone tissue in the ovariectomized, lactating rat model. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v.217, p.345-350, 1998.
- BOULIANNE, M.; KING, A.J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless broiler chicken breast meat. **Poultry Science**, v.74, p.1693-1698, 1995.
- BOWLES S. E DEMIATE I. M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 26, P. 652-659, 2006
- BURKHALTER, T. M.; MERCHEN, N. R.; BAUER, L. L. et al. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. **Journal of Nutrition**, v. 131, p.1978-1985, 2001.
- CLARKSON, T.B. Soy, soy phytoestrogens and cardiovascular disease. **Journal of Nutrition**, v.132, p.566-569, 2002.
- DECKER, E.A. The role of phenolics, conjugated linoleic acid, and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary antioxidants. **Journal of Nutrition**, v. 53, p. 49-58, 1995.
- FELLENBERG, M.A. La carne de pollo, su importancia y prevención de su oxidación. **Journal a voz academica de la Universidad Católica de Chile, Agronomía y forestal**, V.7, P. 17-19, 2004.
- FRANKEL, E. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food chemical**, v.57, p.51-55, 1996.
- GARCIA, R.C.; OLIVEIRA, H.C.F. **Fisiologia das lipoproteínas**. 1.Ed.Rio de Janeiro: Quality mark, 1992, P. 1-30.
- HASNA E. G. Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v.44, p.2512-2518, 2009
- HARKNESS L. Soy and bone. Where do we stand. **Orthopedic Nursing**, v.23, p.12-17, 2004.
- HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, p. 447-457, 1998.
- ISHIDA, H., UESUGI, T., HIRAI, K. Preventive effect of the plant isoflavones, daidzin and genistin, on bone loss in ovariectomized rats fed a calcium-deficient diet. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v.21, p.62-66, 1998.
- ISHIMI Y.; MIYAURA C.; OHMURA M. et al. Selective effects of genistein, a soybean isoflavone, on B-lymphopoiesis and bone loss caused by estrogen deficiency. **Endocrinology**, v.140, p.1893-1900, 1999.
- JACKSON, C. J.; DINI, J. P.; LAVANDIER, C. et al. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. **Process Biochemistry**, v.37, p.1117-1123, 2001.
- JERACI, J.L.; VAN SOEST, P.J. Improve methods for analysis and biological characterization of fiber. **Advances in experimental Medicine and Biology**, v.270, p.245-263, 1990.

- JIANG Z. Y., JIANG S. Q., LIN Y.C., et al. Effects of soybean isoflavones on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers. **Poultry Science**, v.86, p.1356-1362, 2007.
- LIU, K. **soy beans**. 1. Ed. Gainthersburg: Aspen Publishers, 1999.
- MARRERO, A. I. **Contribución al estudio de la utilización de la fibra dietética en gallinaceas**. 1998. Tesis (Doctorado em Ciências Veterinária) - Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- MATEOS, G. G.; LÁZARO, R.; GRACIA, M.. The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feeds. **Journal of Applied Poultry Research**, v.11, p. 437-452, 2002.
- NAKAMURA, M.; KATOK, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. **Bulletin of Ishika Prefecture College of Agriculture**, v.11, p.45-49, 1985.
- O'TOOLE, D. K. characteristics and use of okara, the soybean residue from soy milk Production-A Review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 363-371, 1999.
- OLIVEIRA, A.F.G. **Estudo do padrão de crescimento ósseo em frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em duas densidades populacionais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- PROSKY, L.; N.G. ASP, T. F; SCHEWEIZER, J.W. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fibre in foods and food products: collaborative study. **Journal of AOAC International**. v.75, p.360-367, 1992.
- RATNA, W. N. Inhibition of estrogenic stimulation of gene expression by genistein. **Life Science**. v.71, p.865-877, 2002.
- REDONDO-CUENCA, A., VILLANUEVA-SUAREZ, M.J., RODRIGUEZ-SEVILLA, M.D. Chemical composition and dietary fibre of yellow and Green commercial soybeans (*Glycine max*). **Food Chemistry**, v.101, p.1216-1222, 2006.
- RICE-EVANS, C. Flavonoid antioxidants. **Current Medicinal Chemistry**, v.8, p.797-809, 2001.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 2011, p.186.
- SAEG - **Sistema para análises estatísticas**, versão 7.0. Viçosa:Fundação Arthur Bernardes, 1997.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos para avaliação biológica dos alimentos e exigências nutricionais para animais monogástricos**. Jaboticabal, SP: UNESP. 2007.
- SEEDOR, J.G.; QUARTUCCIO, H.A.; THOMPSON, D.D. The biophosphonate alendronate (MK – 217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 6, p. 339-346, 1991.
- SIGNORINI, J.L. Atividade física e radicais livres: aspectos biológicos, químicos, fisiopatológicos e preventivos. **Ícone** v.10, 1999.
- SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, v.15, p. 71-81, 2002.
- SORENSEN, G.; JORGENSEN, S.S.A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrift Lebensmittel Untersuchung Forschung A**, v.202, p.205-210, 1996.
- TULENKO, T.N.; SUMNER, S.E. The physiology of lipoproteins. **Journal Nuclear Cardiology**, v.9, p.638-649, 2002.

- VAN LAACK, R. L. J. M.; LIU, C. H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, p. 1057- 1061, 2000.
- WANG Y.; SUNWOO H.; CHERIAN G. et al. Fatty acid determination in chicken egg yolk: a comparison of different methods. **Poultry Science**, v.79, p.1168-1171, 2000.
- WEISS, J.F. & LANDAUER, M.R. Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals. **Toxicology**, v.189, p.1–20, 2003.
- WILLIAMS, J.P., JORDAN, S.E., BARNES, S. Tyrosine kinase inhibitor effects on osteoclastic acid transport. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.68, p.1369-1374, 1998.
- WOOD, J.D.; ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. **Poultry Science**, v.78, p.49-60, 1997.

IX – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da avicultura do Brasil nos últimos anos aumentou a demanda por milho e farelo de soja, que são as principais matérias primas que compõem a alimentação de frangos de corte e representam o maior gasto na produção. Assim, surge a necessidade de pesquisas que procurem novos ingredientes que diminuam os custos das rações sem prejuízo à eficiência produtiva dos animais. Entre as alternativas, estão os resíduos da agroindústria, como o okara, resíduo da produção do extrato aquoso da soja, que tem se mostrado uma potencial alternativa para substituir o farelo de soja e suprir esta demanda, por ser uma farinha de boa qualidade nutricional e de baixo custo, que apresenta um alto teor de proteína bruta e lipídeos o que o torna um ingrediente de grande interesse para utilização nas rações de frangos de corte.

Na fase inicial, okara pode ser incluído em até 10%, como alimento protéico para substituir parcialmente o farelo de soja na dieta, sem afetar o desempenho das aves. O okara pode ser incluído nas rações de frangos de corte em até 10% na fase de crescimento, sem afetar os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e parâmetros ósseos. Melhora a atividade antioxidante da carne, diminuindo a oxidação lipídica e aumentando o tempo de prateleira. E a inclusão de 5,0% nas dietas é economicamente viável nesta fase.

Ao utilizar o okara nas dietas de frangos de corte, como fonte protéica em substituição parcial da soja, diminuiria os custos de produção e reduz o impacto no meio ambiente que pode ser ocasionado pelo descarte inapropriado destes resíduos.