

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

UTILIZAÇÃO DE POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE
FRANGOS DE CORTE, POEDEIRAS COMERCIAIS E
CODORNAS JAPONESAS.

Autora: Mayra Diaz Vargas
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Alice Eiko Murakami

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro- 2017

UTILIZAÇÃO DE POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE
FRANGOS DE CORTE, POEDEIRAS COMERCIAIS E
CODORNAS JAPONESAS.

Autora: Mayra Diaz Vargas
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Alice Eiko Murakami

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

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro-2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR, Brasil)

D542u Diaz Vargas, Mayra
Utilização de polpa cítrica na alimentação de frangos de corte, poedeiras comerciais e codornas japonesas / Mayra Diaz Vargas. -- Maringá, PR, 2017. 81 f. : il. figs. tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alice Eiko Murakami.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2017.

1. Frango de corte - Alimentação. 2. Frango de corte - Desempenho - Polpa cítrica. 3. Frango de corte - Oxidação - Polpa cítrica. I. Murakami, Alice Eiko, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 23.ed. 636.5085

MRP-003579



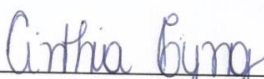
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

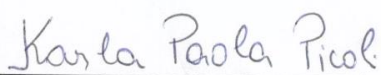
**UTILIZAÇÃO DE POLPA CÍTRICA NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE, POEDEIRAS
COMERCIAIS E CODORNAS JAPONESAS**

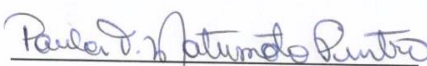
Autora: Mayra Diaz Vargas
Orientador: Profª Drª Alice Eiko Murakami

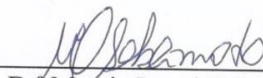
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

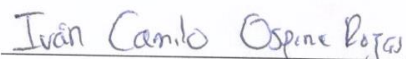
APROVADA em 17 de fevereiro de 2017.

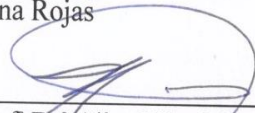

Profª Drª Cinthia Eyng


Profª Drª Karla Paola Picoli


Profª Drª Paula Toshimi
Matumoto Pintro


Drª Marcia Izumi Sakamoto


Dr. Iván Camilo Ospina Rojas


Profª Drª Alice Eiko Murakami
(Orientadora)

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.

Aos meus sobrinhos, Claudia Helena, Daniel Felipe e Pedro Lorenzo pelo amor incondicional, por sempre me fazer sorrir, por alegrar meus dias.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter possibilitado a realização de meus estudos.

À minha orientadora Prof^ª Dr^ª. Alice Eiko Murakami, pela oportunidade de fazer meu mestrado e doutorado, por sua orientação, por sua confiança, por me ajudar, 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.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação 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.

Aos funcionários do laboratório de análises de alimentos e nutrição animais – LANA, Creuza Azevedo, Osvaldo e Augusto. Agradeço a ajuda durante a etapa de análises.

À Cristiane, Cinthia e Karla, muito obrigada por terem paciência para me ensinar e por incentivar.

As minhas companheiras de república, Tamara e Marcelisse, agradeço pelos bons dias de convívio.

Aos alunos de graduação e pós-graduação, Ana Flávia, Camilo, Bianca, Caio, Camila, Cleverson, Cristiano, Guilherme, Janaina, Jamile, Leonardo, Alisson, Agelica, Maíra, Marília, Kelly, Kazuo, Mirian, Humberto, Mariane, Ester, Geovanne, Welligton e Elisson obrigada pela imensa colaboração, sem vocês não teria sido possível a realização dos experimentos.

Aos Professores, Carlos Poveda e Angela Poveda pelo incentivo e ajuda para a realização de meus estudos no Brasil.

Á Laura, Tiago, Caio, Bruno, Thiago, Ivan, Alma e Vinicius, pela ajuda, amizade e apoio, obrigada.

Aos meus amigos, Maribel, Ivanor, Leandro, Maira, e Leonardo meu agradecimento especial, a todos os momentos compartilhados, conversas, conselhos e ajuda a mim concedida. Obrigada por fazerem mais fácil a minha estadia aqui.

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

A Coodernadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e as embaixadas do Brasil e da Colômbia 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 1988.

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 e no dia 22 de março de 2013, submeteu-se a banca para defesa da Dissertação.

Em março de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Doutorado, área de concentração Produção Animal na Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xiv
ABSTRACT.....	xvi
I - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 REVISÃO DE LITERATURA	2
1.1.1. Produção de citros.....	2
1.1.2. Subprodutos das frutas.....	3
1.1.3. Polpa cítrica.....	4
1.1.3.1. Compostos presentes na polpa cítrica.....	4
1.1.3.2. Polpa cítrica na alimentação de monogástricos.....	7
1.1.4. Qualidade físico-química da carne.....	9
REFÊRENCIAS.....	14
II - OBJETIVOS GERAIS.....	21
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
III - POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.....	22
Resumo.....	22
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	33
Conclusão.....	45
Refêrencias.....	46
IV- POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS.....	51
Resumo.....	51
Abstract.....	52
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	54

Resultados e Discussão.....	58
Conclusão.....	64
Refêrencias.....	65
V- UTILIZAÇÃO DE POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS.....	
Resumo.....	67
Abstract.....	68
Introdução.....	69
Material e Métodos.....	70
Resultados e Discussão.....	75
Conclusão.....	78
Refêrencias.....	79
VI- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81

LISTA DE TABELAS

Página

Capítulo III

Tabela 1. Composição percentual (kg) e calculada da ração referência.....	26
Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais da fase inicial de 1 a 21 dias de idade.....	27
Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais da fase de crescimento de 22 a 42 dias de idade.....	28
Tabela 4. Composição química da polpa cítrica.	34
Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade aparente da polpa cítrica.	34
Tabela 6. Desempenho (média \pm erro-padrão) de frangos de corte machos alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.	36
Tabela 7. Níveis séricos (mg dL ⁻¹) (média \pm erro padrão) de frangos de corte machos alimentados com diferentes níveis de polpa cítrica aos 21 e 42 dias de idade.....	37
Tabela 8. Peso relativo dos órgãos (g) e comprimento do intestino (cm) (média \pm erro-padrão) de frangos de corte machos aos 21 e 42 dias de idade, alimentados dietas contendo níveis de polpa cítrica.	38
Tabela 9. pH do conteúdo do intestino delgado e grosso (média \pm erro-padrão) em frangos de corte machos alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.....	39
Tabela 10. Altura de vilo (μ m), profundidade de cripta (μ m) e relação altura de vilo:profundidade de cripta (\pm erro padrão) de frangos de corte machos de 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.	40
Tabela 11. Variáveis de qualidade da carne de peito (média \pm erro-padrão) mensurada em frangos de corte machos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.	41
Tabela 12. Qualidade da carne da coxa (média \pm erro-padrão) mensurada em frangos de corte machos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.	41
Tabela 13. Evolução da oxidação lipídica (valores de TBARS expressos como g de MDA/kg) da carne de frangos alimentados com dietas com dietas contendo níveis de polpa cítrica, em diferentes dias de armazenamento.	42

Tabela 14. Variáveis ósseas da tíbia (média \pm erro padrão) de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.	43
Tabela 15. Rendimento (%) de carcaça e cortes e porcentagem (%) de gordura abdominal (média \pm erro-padrão) de frangos de corte mensurados aos 42 dias de idade.	44
Tabela 16. Análise econômica da inclusão da polpa cítrica de laranja (POLPA) em rações para frangos de corte de 1 a 42 dias.....	45

Capitulo IV

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais de poedeiras comerciais com 38 semanas de idade.	55
Tabela 2. Desempenho (\pm erro padrão) de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.....	59
Tabela 3. Qualidade de ovos (\pm erro padrão) de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.....	59
Tabela 4. Parâmetros sanguíneos de poedeiras comerciais.	60
Tabela 5. Produção de malonaldeído (g/kg) em gema de ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com diferentes níveis de polpa cítrica.	62
Tabela 6. Análise econômica da inclusão do resíduo da semente de maracujá (polpa cítrica) em rações para poedeiras comerciais.	64

Capitulo V

Tabela 1. Composição porcentual (kg) e calculada da ração referência.	71
Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais.....	73
Tabela 3 - Composição química e energética do resíduo de suco de laranja (polpa cítrica).....	75
Tabela 4. Valores percentuais médios da velocidade de trânsito da ração no trato gastrointestinal de codornas em função dos níveis de inclusão de polpa cítrica.....	76
Tabela 5. Desempenho (\pm erro padrão) de codornas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.....	77
Tabela 6. Qualidade de ovos (\pm erro padrão) de codornas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.	78

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo III	
Figura 1. Efeito dos níveis de inclusão de polpa cítrica (%) sobre a produção de MDA da carne da coxa de frangos em diferentes dias de armazenamento.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS

- μm : Micrômetros
- AGE: Ácido gálico equivalente
- B: Boro total
- BED: Balanço eletrolítico da dieta
- Ca: Cálcio
- CA: Conversão Alimentar
- CAPES: Coodernadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- 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
- CEUA: Comissão de ética no uso de animais
- CHO: Carboidratos totais
- C_{j0} : Porcentagem do ingrediente j na dieta controle
- C_{ji} : Porcentagem do ingrediente j na dieta i
- Cl_i : Porcentagem de subproduto na dieta i
- cm: centímetro
- CM: Coeficiente de metabolizabilidade
- CMB: Custo bruto médio da ração
- CMEMAn: Coeficiente de matabolizabilidade da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio
- CMFDA: Coeficiente de metabolizabilidade da fibra detergente ácida
- CMFDN: Coeficiente de metabolizabilidade da fibra detergente neutra
- CMMS: Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca
- CMPB: Coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta

- CMR: Custo médio de ração
- CNF: Carboidratos não fibrosos
- CONCEA: Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
- CR₀: Consumo de ração médio total por animal referente a dieta controle
- CRA: Capacidade de retenção de água
- CR_i: Consumo de ração médio total por animal inerente a dieta i
- CR_m: Consumo médio de ração
- CV: Coeficiente de variação
- Dz: Dúzia
- EB: Energia bruta
- EDTA: Ácido etilenodiamino tetra-acético
- EE: Extrato etéreo
- EM: Energia metabolizável
- EMA: Energia metabolizável aparente
- EMAn: Energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço 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
- g: Grama
- GP: Ganho de peso
- HDL: Lipoproteína de alta densidade
- IBE: Índice bio-econômico
- IR: Índice de rentabilidade
- ISF: Isoflavona
- K: Potássio
- kg: Quilogramas
- L: Linear
- LDL: Lipoproteína de baixa densidade
- M: Molar

- MAPA: Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MDA: Malonaldeído
- Mg: Magnésio
- mg: Miligramas
- ml: Mililitro
- MM: matéria mineral
- mm: Milímetro
- Mn: Manganês
- MN: Matéria natural
- MS: Matéria seca
- N: Nitrogênio total
- nm: nanômetro
- Ns: Não-significativo.
- P: Fósforo total
- PB: Proteína bruta
- PDZ: Preço da dúzia do ovo
- PFV: Preço do frango vivo
- PNA: Polissacarídeos não amiláceos
- PPC: Perda de peso por cocção
- PUFA: Ácidos graxos poli-insaturados
- Q: Quadrática
- RPM: Resoluções por minuto
- RR: Ração referência
- RT: Ração teste
- S: Enxofre total
- SAEG: Sistema para análises estatísticas e genéticas
- TBA: Ácido tiobarbitúrico
- TBARS: Sustância reativa ao ácido tiobarbitúrico
- UEM: Universidade Estadual de Maringá
- UH: Unidade Haugh
- Vit: Vitamina

RESUMO

Foram realizados seis experimentos para determinar o valor nutricional da polpa cítrica e seus efeitos na alimentação de frangos de corte, poedeiras comerciais e codornas japonesas de postura. O experimento I foi conduzido com o objetivo de determinar a composição química e o valor energético da polpa cítrica. Foram utilizados 108 frangos de corte com 21 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (ração referência e ração referência com 10% e 20% do alimento teste), seis repetições e seis aves por unidade experimental. A polpa cítrica apresentou 1311 kcal de EMAn/kg de MS, 4,62% de proteína bruta, 30,85% de fibra em detergente neutro, 36,93% de fibra em detergente ácido e 23,45% de pectina. O experimento II foi realizado com objetivo de avaliar o desempenho, morfometria intestinal e níveis séricos de frangos de corte alimentados com rações contendo níveis crescentes de polpa cítrica, na fase inicial de 1 a 21 dias de idade. Foram utilizados 966 pintos de corte, machos, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica), sete repetições e 23 aves por unidade experimental. A inclusão de níveis crescentes de polpa diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o ganho de peso, sem afetar ($P > 0,05$) o consumo de ração e a conversão alimentar, demonstrando que a polpa pode ser utilizada em até 10% de inclusão nas rações para frangos de corte na fase inicial, sem prejuízos ao desempenho das aves, parâmetros sanguíneos, peso relativo dos órgãos e morfometria intestinal. Além disso, a inclusão de polpa cítrica na dieta de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, mostra-se economicamente viável em níveis acima de 8% de inclusão. O experimento III teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de polpa cítrica na dieta de frangos de corte na fase de crescimento sobre o desempenho, rendimento de carcaça, variáveis sanguíneas e ósseas, qualidade e oxidação lipídica da carne e viabilidade econômica. Foram utilizados 882 pintos de corte machos, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em delineamento experimental

inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica), sete repetições e 21 aves por unidade experimental. A polpa cítrica pode ser utilizada em até 10% de inclusão nas rações para frangos de corte no período de 21 a 42 dias de idade, sem prejuízos ao desempenho, rendimento de carcaça, parâmetros sanguíneos, variáveis ósseas, morfometria intestinal, qualidade da carne e conferindo melhores índices econômicos. A oxidação lipídica da carne da coxa foi avaliada durante 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento a 4°C. Houve interação entre o nível de inclusão de polpa e o tempo de armazenamento ($P < 0,05$). Observou-se que o tratamento com 10% de inclusão de polpa cítrica apresentou menor oxidação. A inclusão de polpa cítrica na dieta de frangos de corte mostra-se economicamente viável em níveis acima de 8% de inclusão, justificando a inclusão do subproduto em até 10% por apresentar menor oxidação e melhor viabilidade econômica. O experimento IV foi realizado com o objetivo de avaliar a utilização e os efeitos da inclusão do subproduto de laranja (polpa cítrica) na alimentação de poedeiras comerciais, sobre os parâmetros de desempenho, qualidade de ovos, níveis séricos de colesterol e a viabilidade econômica. Foram utilizadas 336 aves da linhagem Hy-line W36, com 38 semanas de idade, em primeiro ciclo de produção, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica), sete repetições e oito aves por unidade experimental. Não houve diferença ($P > 0,05$) para os parâmetros de desempenho, qualidade dos ovos, níveis séricos de colesterol total, glicose e triglicérides. A oxidação lipídica dos ovos indicou que houve interação ($P < 0,05$) entre o nível de inclusão de polpa cítrica x período de armazenamento x ambiente. Na temperatura ambiente e refrigerado, o nível de 0% de inclusão de polpa cítrica, apresentou a maior concentração de malonaldeído, indicando maior oxidação. No entanto o nível de 10% de inclusão de polpa apresentou a menor concentração de malonaldeído, indicando menor oxidação e melhores indicadores econômicos, sendo economicamente viável a utilização de até 10% de polpa cítrica na dieta das galinhas poedeiras. No experimento V foram utilizadas 180 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) machos, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (ração referência e ração referência com 10%, 20, 30 e 40% de substituição por polpa cítrica), 6 repetições e 6 aves por unidade experimental. A polpa cítrica apresentou energia metabolizável aparente corrigida de 1382 kcal/kg, 9,6% de proteína bruta e 6,0% de extrato etéreo, valores expressos na matéria seca. No experimento VI foram utilizadas 288 codornas japonesas, com 80 dias

de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica), 6 repetições e 6 aves por unidade experimental. As variáveis de desempenho e qualidade dos ovos não apresentaram diferenças ($P>0,05$) em função dos diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica na dieta. A polpa cítrica pode ser utilizada em até 10,0% sem prejuízo sobre os parâmetros de desempenho e com melhores índices econômicos. A polpa cítrica pode ser utilizada em até 10% na alimentação de frangos de corte, poedeiras e codornas comerciais sem comprometer o desempenho produtivo e a qualidade do produto final.

Palavras chaves: subproduto, desempenho, oxidação, qualidade.

ABSTRACT

Six experiments were conducted to determine the nutritional value of citrus pulp and its effects in the feeding of broiler chickens, laying hens and Japanese laying quails. Experiment I was conducted in order to determine the chemical composition and energy value of citrus pulp. For that, 108 21-days-old broiler chickens were distributed in a completely randomized design with three treatments (basal diet and basal diet + 10 or 20% of testing feed), six replicates and six birds each. The citrus pulp presented 1311 kcal of AME/kg DM, 4.62% crude protein, 30.85% neutral detergent fiber, 36.93% acid detergent fiber and 23.45% pectin. Experiment II was conducted to evaluate the performance, carcass yield and serum levels of broilers fed diets with increasing levels of citrus pulp in the initial stage of 1 to 21 days of age. For that 966 Cobb male broiler chicks were distributed in a completely randomized design with five treatments (2, 4, 6, 8 and 10% inclusion of citrus pulp) plus a control, seven replicates and 23 birds by experimental unit. As result, the inclusion of increasing levels of pulp decreased linearly ($P < 0.05$) weight gain without affecting ($P < 0.05$) feed intake and feed conversion, showing that the pulp can be used up to 10% inclusion in diets for broilers in the initial phase, without prejudice to performance of the birds, blood parameters, organ weights and intestinal morphology. Moreover, inclusion of citrus pulp in the diet of broilers from 1 to 21 days old proves economically viable up to 8% inclusion levels. Experiment III evaluated the effects of citrus pulp inclusion in diets for broilers in the growth stage on performance, carcass yield, blood and bone variables, quality and lipid oxidation of meat and economic viability. For that, 882 21-days-old Cobb broiler chicks were distributed in a completely randomized design with five treatments (2, 4, 6, 8 and 10% inclusion of citrus pulp) plus a control, seven replicates and 21 birds per experimental unit. The citrus pulp can be used up to 10% inclusion in diets for broilers from 21 to 42 days of age, without prejudice to performance, carcass yield, blood parameters, bone variables, intestinal morphometry, meat quality and giving better economic indices. At

room temperature and refrigerated the 0% inclusion level of citrus pulp at 60 days of storage, presented the highest concentration of malonaldehyde, indicating higher oxidation. However, the level of 10% of pulp inclusion had the lowest concentration of malonaldehyde, indicating less oxidation and better economic indicators. The inclusion of citrus pulp in broiler diet was economically viable at levels up to 8% inclusion, justifying the inclusion of by-product up to 10% by having less oxidation and better economic viability. Experiment IV was conducted to evaluate the use and effects of orange waste (citrus pulp) inclusion in the feeding of commercial laying hens on performance parameters, egg quality, serum cholesterol levels, and the economic feasibility. For that, 336 38-weeks-old Hy-line W36 strain birds in the first production cycle were distributed in a completely randomized design with six treatments (0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 and 10.0% inclusion of citrus pulp in the feeding), seven replicates and eight birds each. There was no difference ($P > 0.05$) for performance parameters, egg quality, total serum cholesterol, glucose and triglycerides. Measurement of lipid oxidation eggs indicated that there was interaction ($P < 0.05$) between the level of inclusion of citrus pulp x ambient storage. At room temperature ($\pm 22^\circ \text{C}$), the level of 0% inclusion of citrus pulp at 60 days of storage showed the highest concentration of malondialdehyde, indicating increased oxidation, followed by treatments 2% and 4% of citrus pulp at 50 and 60 days of storage. However the level of 10% of citrus pulp in the refrigerated environment had the lowest concentration of malondialdehyde, indicating lower oxidation and better economic indicators, being economically feasible to use up to 10% of citrus pulp in the diet of laying hens. Experiment V and VI were conducted in order to determine the energy value, the nutritional composition and the effect of citrus pulp in the diet of Japanese quails on performance and egg quality. In Experiment V 180 Japanese male quails (*Coturnix coturnix japonica*) were distributed in a completely randomized design with five treatments (basal diet with 0, 10, 20, 30 and 40% substitution by citrus pulp), 6 replicates and six birds each. Citrus pulp presented an apparent corrected metabolizable energy of 1382 kcal/kg, 9.6% crude protein and 6.0% ether extract, with values expressed in dry matter. In Experiment VI 288 80-days-old Japanese quails were distributed in a completely randomized design with six treatments (0, 2, 4, 6, 8 and 10% inclusion of citrus pulp), six replicates and birds each. The performance variables and quality of the eggs did not differ ($P > 0.05$) due to the different levels of inclusion of citrus pulp. The citrus pulp can be used in up to 10.0%

without loss of performance parameters and with better economic indices. Citrus pulp can be used up to 10% for broiler chickens, laying hens, and commercial quails.

Key words: By-product, performance, oxidation, quality.

I - INTRODUÇÃO

A indústria avícola brasileira tem se destacado nos últimos anos, com uma produção de 13,55 milhões de toneladas de carne de frango em 2016, do qual foram exportadas 4,31 milhões de toneladas e o consumo *per capita* atingiu em média 42,3 quilos/ano (AVISITE, 2017). Esta produção tem grande expressão na região sul do país, que no ano de 2016 abateu aproximadamente 4,6 milhões de aves por dia, só no Estado do Paraná, responsável por 35,7% dos embarques nacionais (Avicultura Industrial, 2017). Igualmente ao Estado do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul também incrementaram suas exportações e contribuíram para elevar a participação da Região Sul no total exportado (IBGE, 2015).

A produção de ovos de galinha, que foi de 3,25 bilhões de dúzias em 2016, encontra-se concentrada no sudeste do país (54,35%), sendo São Paulo o maior estado produtor nacional (32,24%), seguido por Minas Gerais (11,5%) e pelo Espírito Santo (9,61%). O sul do país foi responsável por 15% da produção nacional, principalmente pela participação do Paraná (5,82 %) e do Rio Grande do Sul (5,88%) (AVISITE, 2017).

A coturnicultura é economicamente interessante, decorrente do aumento no consumo de ovos de codorna, do sabor de sua carne e da lucratividade do setor, além de ser uma atividade em expansão (Móri et al., 2005). No entanto, a alimentação é o fator que mais afeta os custos da produção avícola, 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, destacando-se atualmente a indústria de frutas, com o objetivo de reduzir os custos de produção e aumentar o aproveitamento do alimento, além de reduzir o impacto que esses subprodutos podem causar ao serem descartados no ambiente.

O Brasil, possui um grande número destas e a maioria contém em sua composição consideráveis quantidades de micronutrientes, minerais, fibras, vitaminas, e compostos fenólicos, de importância para a saúde (Veer et al., 2000; Vasco et al., 2008).

Algumas frutas são processadas para serem consumidas (Miljkovic e Bignami, 2002; Ayala-Zavala et al., 2010), como a polpa de citrus (laranja, limão, mandarin, toronja), cuja produção tem se tornado potencial de grande interesse para a agroindústria, obtendo acesso a mercados internacionais onde os consumidores apreciam as frutas da América do Sul pela presença de compostos bioativos chamados de fitoquímicos, ou compostos bioativos e nutracêuticos, capazes de prevenir doenças degenerativas (Botero et al., 2007; Alves et al., 2008). Pesquisas indicam que o consumo de frutas está associado a um menor risco de doenças crônicas (Van't et al., 2000; Bae et al., 2008), por conter vitaminas, minerais, antioxidantes fenólicos e fibras (Ruxton et al., 2006), que podem inibir os efeitos dos radicais livres responsáveis por danos aos lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos em células que causam diferentes problemas fisiológicos e patológicos, como inflamação, doenças cardiovasculares e envelhecimento (Leong e Shui, 2002).

Espera-se com este trabalho que o subproduto avaliado traga benefícios as aves comerciais e permita assim um destino adequado, não acarretando em problemas ambientais.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. Produção de citrus

A produção de citrus é a cultura mais abundante no mundo, constituída pela industrialização de laranjas, limões, toronjas e mandarins, que representam aproximadamente 98% de toda a cultura industrializada (ABECITRUS, 2015). As frutas cítricas são processadas principalmente para a obtenção de suco, e também na indústria de conservas (Izquierdo e Sendra, 2003).

O Brasil ocupa o primeiro lugar na produção mundial de citrus 15,98 milhões de toneladas, seguido pelos EUA, China, Índia, México, Egito e Espanha, e também o primeiro lugar na exportação de suco concentrado (IBGE, 2013), sendo responsável por aproximadamente 30% da produção de laranja *in natura* e por 53% da produção de suco de laranja de todo o mundo (IBGE, 2015). Em 1988, a região noroeste do Paraná iniciou um projeto de citricultura, liderado pela Cooperativa dos Cafeicultores e Agropecuaristas de Maringá (COCAMAR), tendo como parceiras a Cooperativa

Agrária dos Cafeicultores de Nova Londrina (COPAGRA) e a empresa americana Albertson Group Brasil-Flórida, EUA. Este incentivo à citricultura resultou no estabelecimento de indústrias de suco nos municípios de Apucarana, Rolândia, Campo Mourão, Maringá e Paranaíba, absorvendo as produções das microrregiões adjacentes (Calliari, 2009). Atualmente o Estado do Paraná é um dos maiores produtores do suco concentrado de laranja, produzindo em torno de 810 mil toneladas de laranja, no ano de 2016 (IBGE, 2017). A indústria de suco de laranja produz como subproduto o bagaço de laranja ou polpa de laranja, que compreende aproximadamente 45 a 58% do total da fruta.

1.1.2. Subprodutos

O termo “subproduto” caracteriza produtos resultantes de um processamento, cujo objetivo final da produção é outro produto. É importante destacar que um volume muito grande de subprodutos agroindustriais é produzido anualmente no Brasil, a partir do processamento de uma grande variedade de frutas, e que alguns subprodutos são restritos a determinadas regiões, enquanto outros são encontrados em todo país. Quando analisados para a nutrição animal, muitas vezes apresentam excelentes qualidades como ingredientes para ração, diminuindo a competição entre humanos e animais domésticos por alimentos nobres, como milho e soja. Além disso, a utilização de subprodutos agroindustriais atualmente tem ganhado importância devido às políticas ambientais que exigem e supervisionam a correta eliminação de produtos poluentes das indústrias, e geram uma possível vantagem econômica, por redução direta no custo da alimentação ou por melhor desempenho dos animais.

Outra possível vantagem é uma maior flexibilidade na formulação das dietas devido à disponibilidade de maior diversidade de alimentos e por conter ingredientes especiais ou complementares aos já existentes, os quais proporcionam melhor ajuste da dieta e um melhor desempenho dos animais. Existe uma grande oferta de frutas em algumas épocas, que também para maximizar seu aproveitamento, são processadas em produtos secos, sucos, geleias, néctares, compotas, entre outros, os quais têm como principais subprodutos desta transformação a casca e a semente. A massa de subprodutos obtidos como resultado da transformação de frutas pode se aproximar ou até ultrapassar o peso do produto inicial (Miljkovic e Bignami, 2002).

1.1.3. Polpa cítrica de laranja

A polpa cítrica é o subproduto do processamento da laranja está composta pelas cascas, membranas, vesículas e sementes da laranja. O subproduto é obtido após a laranja sofrer duas prensagens para a extração do suco, que reduzem a umidade em 65-75%, e posteriormente sofre o processo de secagem, até atingir 90% de matéria seca (Teixeira, 2001). A utilização desse ingrediente na alimentação animal pode ser uma alternativa para diminuir os custos com rações, sem prejuízos ao desempenho, uma vez que é considerado um alimento energético que possui aproximadamente 3700kcal/kg (Rostagno et al., 2011).

1.1.3.1. Compostos presentes na polpa cítrica

A polpa cítrica caracteriza-se como um produto intermediário entre volumosos e concentrados, rica em pectina, celulose e polissacarídeos hemicelulósicos (Franzolin e Franzolin, 2000). Geralmente, é utilizada para substituir o milho, tendo em sua composição 85-90% do valor energético do milho (Pedroso e Carvalho, 2006). Ferreira et al. (2005) e Rostagno et al. (2011) reportaram valores de energia metabolizável (EM) para suínos de 2904 e 2863 kcal EM/kg da polpa cítrica, respectivamente. Além disso, a polpa cítrica exibe um elevado teor de fibra em detergente neutro (FDN), correspondente a 220 g/kg, pectina (223 g/kg) e de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) (324 g/kg) (Bampidis e Robinson, 2006). Segundo Watanabe et al. (2010), Oluremi et al. (2006) e Carvalho (1995), a polpa cítrica apresenta valores médios de 89-90% de matéria seca (MS), 6 - 11% de proteína bruta (PB), 2 - 12% de extrato etéreo (EE), sendo que o teor de extrato etéreo depende da extração ou não dos óleos durante o processamento, 6% de matéria mineral (MM), 57 - 74% de extrativo não nitrogenado (ENN), 7,86% de fibra bruta (FB), 25 - 41 % de fibra em detergente neutro (FDN), 14 % de fibra em detergente ácido (FDA), 1% de lignina, 0,2% de amido, 25% de pectina, 3,88 mg de vitamina C/100g de subproduto, 1,6 - 1,8% de cálcio e baixo teor de fósforo (0,08 - 0,75%), o que pode ser devido ao complexo do fósforo aos componentes fibrosos ou ao ácido fítico. A polpa cítrica é deficiente em aminoácidos como triptofano, metionina e cistina (Amorim, 2014).

A composição bromatológica e a aceitabilidade da polpa cítrica pelos animais dependem da variedade da laranja, da inclusão de sementes e da retirada ou não de óleos essenciais, da variedade de laranja utilizada para sua produção, do solo e da estação do ano em que foi colhida. Em geral, a polpa é caracterizada pela alta digestibilidade da

matéria seca, elevado teor de fibra, alto teor de carboidratos solúveis e parede celular altamente digestível (Carvalho, 1995). Os teores de fibra bruta da laranja encontram-se principalmente na casca, e sua maior parte é composta por celulose, que é uma parte importante de fibra alimentar insolúvel.

As propriedades físico-químicas da fibra alimentar (porção solúvel e insolúvel), estão relacionadas ao retardamento ou diminuição da absorção de matérias orgânicas ou inorgânicas. Além disso, podem ter efeito na redução dos níveis de colesterol, glicose e lipídeos (Burkhalter et al., 2001). Os efeitos sobre a redução dos níveis de colesterol e triglicerídeos no sangue são geralmente pela fração da fibra insolúvel, que tem interferência direta na absorção e aumento da excreção dos compostos lipídicos nas fezes (Chau e Huang, 2004).

A polpa cítrica apresenta em sua composição cerca de 25% de pectina. A pectina é um carboidrato estrutural, componente da fração solúvel da fibra, sendo esta um polímero de ácido galacturônico (Santos et al, 2007). Segundo, Domínguez (1995), a pectina tem a capacidade de se ligar aos ácidos biliares, aumentando sua excreção e reduzindo o pool entero-hepático de colesterol circulante (Silva et al., 2003; Montagne et al., 2003). Avaliando a inclusão de um concentrado rico em pectina na dieta de frangos de corte, Sarikhan et al. (2010) verificaram que, aos 42 dias de idade, houve redução dos níveis séricos de triglicerídeos, colesterol total e colesterol HDL, LDL e VLDL.

A polpa cítrica contém em sua composição entre 0,25 a 0,45% de flavonoides que se encontram principalmente nas cascas e sementes da laranja. Devido a isso, na maioria dos casos, não são consumidos como os outros compostos bioativos presentes nestas partes não comestíveis. Por meio do processamento, estes subprodutos podem ser usados para diferentes fins na alimentação humana e animal, trazendo benefícios como pigmentos amarelos (carotenoides) (Kumar, 1991), que podem prevenir ou retardar o dano oxidativo de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos por espécies reativas de oxigênio, eliminar ou sequestrar radicais livres (superóxido, hidroxil, peróxil, alcóxil, peróxido de hidrogênio, hipocloroso), inibir a iniciação e propagação da ruptura da cadeia ou suprimir a formação de radicais livres, ligando-se aos íons metálicos, reduzindo o peróxido de hidrogênio, de superóxido e de oxigênio singleto (Decker, 1997; Shi et al., 2001).

O flavonoide mais importante na polpa cítrica é a hesperidina, que pode atuar no controle da pressão arterial, bem como do colesterol e tem propriedades anti-

inflamatórias (Tirkey et al., 2005; Galati et al., 1996). O consumo de flavonoides tem sido associado a efeitos protetores contra doenças cardiovasculares, câncer e doenças degenerativas, tais como cancro, artrite, arteriosclerose, inflamação, disfunção cerebral e aceleração do processo de envelhecimento (Feskanich et al., 2000; Halliwell, 1996). Além disso, os compostos fenólicos podem inibir os processos de oxidação em certos sistemas (Decker, 1997).

As saponinas são outro grupo de compostos presentes na polpa cítrica, e sua concentração varia de 0,030 a 0,043%, e caracterizam-se por ter um sabor amargo, reduzir a palatabilidade dos alimentos e aumentar a excreção de colesterol por se fixar às moléculas de gordura, evitando sua absorção (Fenwick et al., 1991). O teor de fitato na polpa cítrica é de 0,062 - 0,082%, o que é considerado baixo comparado com outros alimentos como milho (146 e 353 mg/ 100g), sorgo (206 e 280 mg/ 100g) batata (14mg/ 100g) e mandioca (624mg/ 100g) (Concon, 1988; Marfo e Oke, 1988). O fitato age na complexação de minerais essenciais na dieta, tornando-os pouco disponíveis para os animais monogástricos.

Além disso, a polpa cítrica tem em sua composição 0,033 a 0,048% de oxalato, que podem reduzir a disponibilidade de minerais essenciais na dieta, tais como cálcio (Kumar, 1991). A polpa cítrica possui também, em sua composição, de 3,88 a 145,83 mg de vitamina C /100g, que encontra-se principalmente na casca de laranja (Nobakht et al., 2013; Ibrahim et al., 2011). Também contém aproximadamente 2,6 mg de carotenoides totais/100g de polpa cítrica (Ibrahim et al., 2011), e estes compostos podem aumentar a produção de anticorpos, melhorando o sistema imunitário indiretamente pela sua atividade antiviral e efeitos antibacterianos e na fase aquosa sobre os radicais livres (Bianchi e Antunes, 1999). Estudos *in vitro* demonstraram que a vitamina C na presença de metais de transição, como o ferro, pode atuar como uma molécula pró-oxidante e gerar os radicais H_2O_2 e OH^- (Odin, 1997). Os carotenoides tem potencial importância na saúde, por agirem como antioxidantes biológicos, protegendo células e tecidos dos efeitos prejudiciais dos radicais livres e de oxigênio singleto, sendo pigmentos naturais responsáveis pelas colorações do amarelo ao laranja, na forma de carotenos ou como ésteres de xantofilas.

A polpa cítrica caracteriza-se por ter minerais em sua composição, dentre os quais se destaca o potássio, com o maior teor, em média 0,99%, e o Ca, com 0,36%, seguido por outros minerais como 0,18 μ g de As/g, 0,082 μ g de Co/g, 6,27 μ g de Cr/g, 789 μ g de Fe/g, 0,058 μ g de Hg/g, 270 μ g de Na/g e 0,025 μ g de Sb/g (Embrapa, 2008).

1.1.3.2. Polpa cítrica na alimentação de monogástricos

Estudos nutricionais em animais monogástricos têm mostrado que a utilização de polpa cítrica pode substituir o milho nas dietas, sem apresentar efeitos adversos sobre o desempenho. Ani et al. (2015) avaliaram o valor nutritivo do subproduto de casca de laranja doce (*Citrus sinensis*), seca ao sol por um período de 63 dias, na alimentação de frangos de corte de uma semana de idade e observaram que as dietas não tiveram efeito sobre o consumo de ração, ganho de peso, consumo de água, conversão alimentar e custo da ração por ave. O peso vivo final e o rendimento de carcaça foram afetados, sendo que as aves alimentadas com dietas de até 15% de inclusão do subproduto de laranja apresentaram um maior peso final e rendimento de coxa e sobrecoxa e maior porcentagem de gordura abdominal, devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta. Dados similares são reportados por Oluremi et al. (2006) e Agu et al. (2010), que relataram que a polpa cítrica pode ser utilizada para substituir de 15-20% de milho na dieta de frangos de corte, sem qualquer efeito adverso sobre o desempenho. Hosna et al. (2012) avaliaram três níveis de polpa cítrica (0, 3% e 6%) na alimentação de pintos de corte (Ross 308) de um dia, reportaram que não obtiveram diferença no desempenho aos 42 dias, porém observaram redução do colesterol total no plasma sanguíneo.

Sobre a qualidade da carne de frangos de corte, Mourão et al. (2008) avaliaram a inclusão de 5 e 10% de subproduto de laranja de um a 42 dias de idade, e observaram redução dos valores de a^* (Intensidade de vermelho/verde) para avaliação da cor do peito, indicando diminuição da cor vermelho da carne do peito de frangos devido à inclusão de polpa cítrica na dietas, o que pode ser devido aos baixos níveis de moléculas bioativas vermelhas contidos na polpa e à absorção intestinal reduzida destes pigmentos, devido ao teor de fibras solúveis contido na polpa cítrica que pode afetar a digestão e absorção destes pigmentos (Silva e Smithard, 1997).

Ojabo e Adenkola (2013) realizaram um estudo para determinar o desempenho, crescimento e hematologia de machos Isa Brown alimentados com dietas contendo níveis crescentes de 0; 2,5; 5; 7,5 e 10% de polpa cítrica (*Citrus sinensis*) substituindo o milho na dieta. Os autores observaram diminuição no peso final, ganho de peso e consumo de ração com o aumento do nível de inclusão do subproduto na dieta. No entanto, a conversão alimentar, taxa de eficiência proteica e os parâmetros hematológicos não foram afetados.

Ahmad et al. (2010) avaliaram o efeito de diferentes níveis (0, 4, 8, 12 e 16%) de polpa cítrica sobre o desempenho, qualidade de ovos e parâmetros sanguíneos de

galinhas poedeiras, de 25 a 37 semanas de idade, e observaram que os tratamentos não diferiram para o consumo de ração, produção de ovos, massa de ovos, conversão alimentar, peso corporal final, índice de gema, coloração da gema, espessura da casca, índice de casca de ovo e Unidade Haugh. O teor de glicose no soro e os teores de lipoproteína de alta densidade aumentaram, enquanto os teores de colesterol, lipoproteína de baixa densidade e triglicérides, diminuíram.

Existe uma preferência na utilização do extrato da casca de laranja, devido ao maior teor de compostos benéficos da laranja estarem concentrados na casca, e assim evita-se a utilização da fração fibrosa da polpa, como é o caso de Zohreh et al. (2015), que avaliaram a inclusão de 0, 1000 e 1250 ppm de extrato de casca de laranja doce (*Citrus sinensis*) na ração de 300 pintinhos Ross-308, de 1 dia de idade, sobre as respostas do sistema imune humoral. As aves foram vacinadas contra o vírus da doença de Newcastle, gripe aviária, gumboro e bronquite infecciosa. Observou-se que a inclusão de extrato de casca de laranja doce melhorou a resposta imune e resistência a doenças, sendo que um nível moderado de 1000 ppm pode ajudar a aumentar a resposta imune em frangos de corte, por apresentar elevados teores de anticorpos de resposta a células vermelhas do sangue de ovelha, imunoglobulina G (IgG), IgM e titulação de anticorpos para todas as vacinas, sem afetar o peso corporal, ganho de peso diário, ingestão diária de ração e conversão alimentar dos frangos.

Florou-Paneri et al. (2001) relataram que o uso de até 6% polpa cítrica em dietas de codornas não apresentou efeito adverso sobre o desempenho. Guluwa et al. (2014) reportaram que a utilização de 5% de polpa cítrica de laranja doce substituindo o milho na dieta de codornas apresenta um maior peso corporal, ganho de peso e melhor conversão alimentar, mostrando a eficiência da utilização de polpa cítrica na dieta.

Trabalhando com coelhos, Okokon et al. (2013) avaliaram a utilização da polpa cítrica utilizando uma dieta controle e 3 dietas experimentais, com substituição do trigo da dieta por endocarpo (OEM) (parte interna da laranja ou bagaço), farinha de mesocarpo (OMM) (casca da laranja ou parte branca que se encontra grudada à casca) e pericarpo (combinação do endocarpo e mesocarpo da laranja). O resultado mostrou que a inclusão dos componentes do subproduto de laranja na dieta melhorou o ganho de peso médio diário, média de consumo diário de ração, conversão alimentar e custo por kg de ganho de peso e as aves alimentadas com dietas contendo endocarpo ou mesocarpo apresentaram um maior rendimento de carcaça.

Ibrahim et al. (2011) avaliaram a digestibilidade dos nutrientes e valor nutritivo da polpa, substituindo o milho amarelo na dieta basal em 3 níveis (20, 40 e 60%), utilizando 21 coelhos brancos da raça Nova Zelândia, com 8 semanas de idade. Não houve diferenças para os coeficientes de digestibilidade, tendo sido obtida a maior digestibilidade da fibra bruta (CF) para o nível de 60% de substituição de polpa de laranja, o que demonstra que a fibra contida na polpa tem um alto aproveitamento para coelhos.

Na alimentação de suínos, Watanabe et al. (2010) observaram que a inclusão de diferentes níveis de polpa cítrica (0, 10, 20 e 30%) nas dietas de suínos em terminação não apresentaram efeitos sobre a conversão alimentar e o consumo de ração, porém houve maior ganho de peso diário ao nível de 10,79% de inclusão, sendo que os autores reportaram que a polpa cítrica tem 55% de coeficiente de digestibilidade para a PB. Por outro lado, Mejía et al. (2001) trabalharam com 0, 5, 10, 15 e 20% de inclusão de polpa cítrica na dieta de suínos na fase de crescimento, e não encontraram diferenças na digestibilidade da matéria seca, proteína e energia bruta, sendo que o melhor consumo diário de ração, o ganho diário de peso e a conversão alimentar foram observados nos níveis de até 5% de inclusão, provavelmente, devido a que em níveis maiores que 5% o teor de fibra da polpa afeta a absorção dos nutrientes da dieta.

1.1.4. Qualidade físico-química da carne

Em frangos o músculo vivo possui valores médios de pH de 7,2. Após o abate acontece uma série de processos bioquímicos de transformação do músculo em carne, no qual o glicogênio do músculo são transformados em ácido láctico através da ação de várias enzimas, influenciando assim a qualidade final da carne, a cor, aparência, aroma, textura e propriedades funcionais. Segundo Dransfield e Sosnicki (1999), a instalação do *rigor mortis* em frangos leva cerca de 1 hora, entretanto valores de pH são aferidos em 15 minutos após o abate devido a rápida glicoses *post-mortem* que apresentam as aves e variam de 6,2 a 6,6 em aves.

O pH final geralmente avaliado 24 horas *post-mortem*, é um bom indicativo da qualidade da carne, segundo Venturini et al., 2007 se o pH da carne de frango estiver superior a 6,2, a carne irá se encontrar com grande retenção de água, o que implica em curto tempo de conservação e o estabelecimento da coloração escura, caracterizando a carne DFD (dark, firm, dry – escura, dura e seca). Se o pH final se encontra abaixo de 5,4 a carne apresenta baixa retenção de água, aspecto pálido e mole e se denomina que carne é PSE (pale, soft, exudative – pálida, mole e exsudativa). É importante ressaltar

que o pH da carne de frango pode ser afetado por diversos fatores, como idade, sexo, linhagem, dieta, gordura intramuscular, condições de pré-abate, como o estresse térmico e pelas condições de abate e industrialização da carne, como temperatura de escaldagem e condições de armazenamento e congelamento (Contreras et al., 2002).

O pH da carne é um dos principais fatores que afeta a coloração, devido as reações associadas ao ferro heme serem pH dependentes (Contreras et al., 2002; Fletcher et al., 2002). O frango possui músculos com cores diferentes, o peito possui cor rosa pálida, enquanto a coxa e sobrecoxa possuem coloração vermelha intensa. A cor da carne de frango varia da tonalidade cinza até o vermelho pálido (Costa et al., 2011), e é influenciada por diferentes fatores como a presença de carotenoides na alimentação, os tipos de fibras musculares, o pigmento mioglobina e a hemoglobina presente no sangue (Pérez et al., 2001). A cor é um dos principais fatores na percepção do consumidor quanto à qualidade da carne, influencia a escolha inicial do produto e a aceitação no momento do consumo, e é o resultado da absorção da luz pela mioglobina e as fibras musculares e suas proteínas, sendo influenciada pela quantidade de líquido livre na carne (Olivo et al., 2001).

A quantidade de líquido livre na carne pode ser mesurada mediante a avaliação da capacidade de retenção de água que mede a capacidade do músculo e dos produtos cárneos em manter a água retida em sua maior parte intracelularmente e entre as miofibrilas ligada a si, influencia seu aspecto, sua palatabilidade e está diretamente relacionada às perdas de água antes e durante o cozimento (Mendes e Miranda, 2012). A quantidade de água intramuscular esta relacionada a maciez ou textura da carne, quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, maior a maciez da carne e é mesurada mediante a força de cisalhamento (Anadón, 2002; Menezes et al., 2009). A capacidade da carne e dos produtos cárneos em reter água intercelular e entre as miofibrilas durante o aquecimento é mesurada mediante a análises da perda por cocção. Dentre os fatores que influenciam a força de cisalhamento e a perda por cocção encontra-se o manejo pré-abate, a velocidade de instalação do *rigor mortis*, o pH *pós mortem*, a temperatura pré-abate, a instalação e extensão da glicólise, o músculo utilizado, as condições de acondicionamento, temperatura e tempo empregado no processo de cocção (Souza et al., 2012).

Outro parâmetro importante da qualidade da carne é a oxidação lipídica. Nas aves, os depósitos de gordura subcutânea, são na cavidade abdominal e nas sobrecoxas, compostos principalmente por ácidos graxos poli-insaturados; devido a isso, a carne de

frango pode apresentar deterioração da qualidade pela oxidação lipídica (Gray et al., 1996). A oxidação lipídica constitui um dos principais processos de deterioração que podem ocorrer nos produtos cárneos, limitando a vida de prateleira e a estabilidade comercial destes alimentos (Terra et al., 2008). Devido à modificação das características organolépticas como alterações na coloração da carne, na gordura, produção de odores e *flavours* ofensivos, e a textura dos alimentos, limitando sua estabilidade e vida útil (Almeida et al., 2012; Mariutti e Bragagnolo, 2009), destruindo constituintes essenciais, ocasionando o decréscimo do valor nutricional da carne e a formação de compostos tóxicos para o organismo humano (Padilha, 2007; Souza et al., 2009; Yunes, 2010).

A oxidação da carne pode ocorrer devido à ação de enzimas lipoxigenases ou mediante ação não enzimática, como auto-oxidação e foto-oxidação, que se inicia no frango ainda vivo (*pre-mortem*), induzido pelo estresse provocado pela apanha, no transporte, principalmente porque as membranas celulares das aves são ricas em ácidos graxos poli-insaturados, que por processos catabólicos e anabólicos nos tecidos geram radicais livres (Bertechini, 2006). Posteriormente, a oxidação lipídica ocorre logo após o abate, na instalação do *rigor mortis* durante este período, que é de menos de 30 minutos em frangos. Nesse processo, o glicogênio é convertido em ácido lático, que reduz o pH original de aproximadamente 7,4 para 5,6. Devido ao acúmulo de ácido lático, a destruição dos compartimentos celulares leva à liberação do ferro quelatável de baixo peso molecular, a liberação do cálcio contido no retículo endoplasmático, e a diminuição da circulação de nutrientes e do sistema de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase, glutathione peroxidase e glutathione reductase). Todas estas mudanças bioquímicas levam à perda do equilíbrio entre os fatores pró-oxidativos e o sistema antioxidante natural, oferecendo condições favoráveis para a oxidação (Al-Najdawi e Abdullah, 2002).

A oxidação lipídica tem duas fases, na primeira ocorre a oxidação das gorduras altamente insaturadas, principalmente dos ácidos graxos poli-insaturados, catalisada por lipoxigenase e outras oxidases (Adegoke et al., 1998). A segunda fase é a oxidação das gorduras moderadamente insaturadas, resultando na formação de radicais livres, mediante a decomposição de hidroperóxidos (ROOH), pela reação da molécula lipídica com o oxigênio na presença de catalisadores, como luz, temperatura, metais (denominados iniciadores da oxidação), que levam ao aparecimento do ranço e odores estranhos (Castro et al., 2005). As duas fases da oxidação lipídica são consideradas um processo autocatalítico, que tem três períodos: iniciação, propagação e terminação. Os

produtos iniciais das reações dos lipídeos propagam-se em cadeia, originando novos compostos, que levam à destruição dos componentes da carne, diminuindo o valor nutricional desta e formando compostos tóxicos (Yang et al., 2002; Kring e Berger, 2001; Frankel, 1996).

A iniciação ocorre quando um átomo de hidrogênio é retirado de uma molécula de ácido graxo para formar um radical livre ou radical hidroxila (Adams, 1999). A propagação é a reação do radical livre com o oxigênio molecular para formar um radical peróxido, que pode capturar um átomo de hidrogênio de outro ácido graxo insaturado e propagar a reação em cadeia. Nesta fase, iniciam-se as alterações sensoriais da carne e aparece o odor ranço. A terminação é a reação entre radicais livres para formar produtos estáveis secundários da oxidação, ocasionando uma forte alteração sensorial, da cor e da viscosidade da carne (Monahan, 2000).

Os hidroperóxidos (ROOH) são considerados como os mais importantes produtos iniciais da oxidação lipídica (Raharjo e Sofos, 1993), a decomposição dos hidroperóxidos mediante a presença de calor ou metais forma diferentes aldeídos e radicais instáveis (Guardiola et al., 2002). Os aldeídos são os compostos mais importantes da decomposição dos hidroperóxidos, por contribuírem na mudança do aroma da carne, pela alta velocidade de formação, principalmente de malonaldeído, que é característico de alimentos com alto teor de ácidos graxos insaturados como a carne de frango (Racanucci et al., 2008; Ulu, 2004).

Atualmente os antioxidantes têm ganhado elevada importância por retardar o aparecimento de alterações oxidativas e de rancificação nos alimentos, principalmente em relação ao odor e sabor desagradáveis. Especialmente os antioxidantes naturais, por considerar que os artificiais podem trazer prejuízos à saúde dos consumidores (Wurtzen, 1990). Há quatro mecanismos segundo os quais um antioxidante pode funcionar: doação de hidrogênio, doação de elétrons, adição do lipídeo ao anel aromático do antioxidante e formação de um complexo entre lipídio e o anel aromático do antioxidante (Carvalho-Jr et al., 2005). Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: os com atividade enzimática, que são compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, por serem enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio; e os sem atividade enzimática, que são moléculas que interagem com os radicais e são consumidas durante a reação.

Entre os antioxidantes, destacam-se os compostos fenólicos, substâncias químicas do metabolismo secundário de plantas (Hollman e Katan, 1998), divididos em

ácidos fenólicos (ácido hidroxibenzóico e ácido hidroxicinâmico), flavonoides (flavonóis, flavonas, flavanols, flavanones, isoflavonas e proantocianidinas), estilbenos e lignanas, distribuídas em plantas e alimentos de origem vegetal (Manach et al., 2004). Estes compostos fenólicos contêm número diferente de anéis fenol, ou seja, um grupo hidroxila funcional em um anel aromático, podendo ser classificados de acordo com os anéis fenol e os elementos estruturais que se ligam (Kähkönen et al., 1999).

Os compostos fenólicos constituem um grupo quimicamente heterogêneo, com aproximadamente 10.000 compostos, com atividades benéficas em animais quando é ingerido como alimento (Setchell et al., 2001). Estes compostos atuam como antioxidantes, impedindo a degradação por oxidação de lipídios e melhorando a qualidade e valor nutricional dos alimentos como disjuntores ou sequestradores de radicais, dependendo de sua estrutura química (Rice-Evans, 2001). Impedem agregação plaquetária e danos das células vermelhas do sangue (Cheynier, 2005) e 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 e Landauer, 2003). As principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, que 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, retardando os processos de oxidação lipídica da carne de frango e aumentando o tempo de prateleira dos produtos.

Referências

- Adams, C. A. 1999. *Nutricines: food components in health and nutrition*. Nottingham: Nottingham University Press.
- Adegoke, G. O., K. M. Vijay, K. A. G. Gopala, M. C. Varadaraj, K. Sambaiah, and B. R. Lokesh. 1998. Antioxidants and lipid oxidation in food - a critical appraisal. *J. Food. Sci. Technol.* 35:283-298.
- Agu, P. N., O. I. A. Oluremi, and C. D. Tuleun. 2010. Nutritional evaluation of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit peel as feed resource in broiler production. *Int. J. Poult. Sci.* 9:684-688.
- Ahmad, N., R. Mansour, and S. Hadi. 2010. Effect of different levels of dried citrus pulp on performance, egg quality, and blood parameters of laying hens in early phase of production. *Trop. Anim. Health. Prod.* 42:737-742
- Almeida, J. N., G. R. Santos, F. M. Beteto, L. G. Medeiros, A. Oba, M. Shimokomaki, and A. L. Soares. 2012. Suplementação de selênio quelatado na ração e qualidade da carne de frango. *Semina. Ciênc. Agrárias.* 33:3117-3122.
- Al-Najdawi, R., and B. Abdullah, 2002. Proximate composition, selected minerals, cholesterol content and lipid oxidation of mechanically and hand-deboned chickens from the Jordanian Market. *Meat Sci.* 61:243-247.
- Alves, R. E., E. A. Brito, M. S. M. Rufino, and C. G. Sampaio. 2008. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: A case study with acerola. *Acta Hort.* 773:299-305.
- Amorim, A. B., M.C. Thomaz, U. S. Ruiz, J. F. Martinez, L. A. F. Pascoal, E. Daniel, P. H. Watanabe, D. L. Rosalen. 2014. Polpa cítrica e complexo enzimático para suínos na fase de crescimento e terminação. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 15:369-380.
- Anadón, H. L. S. 2002. Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers. PhD Thesis. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Ani, A. E. A., O. Iloh, and O. O. Akinsola. 2015. Dietary Effect of Processed Orange Peels on Growth Performance of Broiler Finisher Birds. *Brit. J. Appl. Sci. Tech.* 9:576-583.
- Associação Brasileira de Proteína Animal- ABPA. Pesquisa produção brasileira de carne frango. Accessed Jan. 2016. <http://abpa-br.com.br/>.
- Associação Brasileira-Exportadores-de-Citricos- ABECITRUS Accessed Dez. 2015: <http://abecitrus.com.br/>.
- Avicultura indústria. Pesquisa produção brasileira de carne frango. Accessed Jan. 2016. <http://www.aviculturaindustrial.com.br/>.
- AviSite - O Portal da Avicultura na Internet. Estatísticas e preços. Accessed Jan. 2016. <http://www.avisite.com.br/>.
- Ayala-Zavala, J. F., V. Vega-Vega, C. Rosas-Dominguez, H. Palafox-Carlos, J. A. Villa-Rodriguez, W. M. Siddiqui, J. E. Dávila-Aviña, and G. A. González-Aguilar. 2011. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Res. Int.* 44:1866-1874.

- Bae, J. M., E. J. Lee, and G. Guyatt. 2008. Citrus fruit intake and stomach cancer risk, a quantitative systematic review. *Gastric. Cancer.* 11:23-32
- Bampidis, V. A., and P. H. Robinson. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 128:75-217.
- Bertechini, A. G. 2006. *Nutrição de monogástricos.* 1th ed. Lavras.
- Bianchi, M. L. P., and L. M. G. Antunes. 1999. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev. Nutr.* 12:123-130.
- Botero, M. L., S. C. Ricaurte, C. E. Monsalve, and B. A. Rojano. 2007. Capacidad reductora de 15 frutas tropicales. *Scientia Et Technica.* 13:295-296.
- Burkhalter, T. M., N. R. Merchen, L. L. Bauer, S. M. Murray, A. R. Patil, J. L. Brent-Jr, and G.C. Fahey-Jr. 2001. The ration of insoluble to soluble fiber componentes in soybean hulls affects ileal and total-tract nutriente digestibilities nad fecal characteristics of dogs. *J. Nutr.* 131:1978-1985.
- Calliari, C. M. 2009. Extração aquosa de pectina de bagaço de laranja. *Rev. Eletrônica Múltiplo Saber.* 5:1.
- Carvalho, M. P. 1995. Citros. p. 171-214. *Proc. Anais do simpósio sobre nutrição de bovinos.* Piracicaba: FEALQ.
- Carvalho-Jr, R. N., L. S. Moura, T. V. P. Rosa, and A. M. A. Merieles. 2005. Supercritical fluid extraction from rosemary (*Rosmarinus officinalis*): kinetic data, extract's global yield, composition, and antioxidant activity. *J. Supercrit Fluid.* 35:197-204.
- Chau, C. F., and Y. L. Huang. 2004. Characterization of passion fruit seed fibres: a potential fibre source. *Food Chem.* 85:189-194.
- Chen, P. C., D. S. Wheeler, V. Malhotra, K. Odoms, A. G. Denenberg, and H. R. Wong. 2002. A green tea-derived polyphenol, epigallocatechin-3-gallate, inhibits IkappaB kinase activation and IL-8 gene expression in respiratory epithelium. *Inflammation.* 26:233-241.
- Cheyrier, V. 2005. Polyphenols in foods are more complex than often thought. *The Am J. Clin. Nutr.* 81:223S-229S.
- Concon, J. M. 1988. *Food Toxicology Parts A and B.* Marcel Dekke, New York.
- Contrera, C. C., R. Bromberg, K. M. V. A. B. Cipolli, and L. Miyagusku. 2002. *Higiene e Sanitização na Indústria de Carnes e Derivados.* Varela. 181.
- Costa, R. G., N. M. Santos, W. H. Sousa, R. C. R. E. Queiroga, P. S. Azevedo, and F. Q. Cartaxo. 2011. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso:concentrado. *Rev. Bras. Zootecn.* 40:1781-1787.
- Decker, E. A. 1997. Phenolics: prooxidants or antioxidants. *Nutr. Rev.* 55:396-398.
- Domínguez, P. L. 1995. Pulpa de cítricos en la alimentación de cerdos. *Rev. Comput. Prod. Porcina.* 2:1-14.
- Dransfield, E., A. A. Sosnicki. 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Sci.* 78:743-746.
- EMBRAPA. 2008. *Polpa cítrica: uma boa substituta para o milho.*
- Ferreira, W. M. A., M. G. Mejía, F. C. O. Silva, D. O. Fontes, E. O. Simões, and F. E. Gomes. 2005. Energia digestível, metabolizável e balanço de nitrogênio da polpa

- cítrica seca para suínos em terminação. Proc. Anais do Congresso Brasileiro de veterinários especialistas em suínos. Fortaleza: ABREVES.
- Feskanich, R. G., D. S. Ziegler, E. L. Michaud, F. E. Giovannucci, W. C. Speizer, and G. A. Willett. 2000. Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *J. Natl. Cancer I.* 92:1812-1823
- Fletcher, D. L. 2002. Poultry meat quality. *World's Poult. J. Sci.* 58:131-145.
- Florou-Paneri, P., V. Babidis, D. Kufidis, E. Christaki, and A. B. Spais. 2001. Effect of feeding dried citrus pulp on quail laying performance and some egg quality characteristics. *Arch. Geflügelk.* 65:178-181
- Frankel, E. N. 1996. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food chem.* 57:51-55.
- Franzolin, R., and M. H. T. Franzolin. 2000. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana de açúcar. *Rev. Bras. Zootecn.* 29:1853-1861.
- Galati, E. M., A. Trovato, S. Kirjavainen, A. M. Forestieri, A. Rossito, and M. T. Monforte 1996. Biological effects of hesperidin, a citrus flavonóide. Antihypertensive and diuretic activity rat. *Farmaco.* 51:219-221.
- Gray, J. I., E. A. Gooma, and D. J. Buckley. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* 43:111-123.
- Guardiola, F., P. C. Dutta, R. Codony, and G. P. Savage. 2002. Cholesterol and phytosterol oxidation products: analysis, occurrence, and biological effects. Champaign: AOCS press. 394.
- Guluwa, L. Y., Y. A. Madaki, H. Machido, R. J. Dantayi, and S. Kulokom. 2014. Growth Performance and Carcass Evaluation of Quails Fed Graded Levels of Water Soaked Sweet Orange Peel Meal (SOPM). *Adv. Life Sci. Techn.* 20.
- Halliwel, B. 1996. Antioxidants in human health and disease. *Ann. Rev. Nutr.* 16:33-50
- Hollman P. C. H. 1977. Bioavailability of flavonoids. *Eur. J. Clin. Nutr.* 51: 566-569.
- Hollman, P. C., and M. B. Katan. 1998. Bioavailability and health effects of dietary flavonoids in man. *Arch. Toxicol. Supl.* 20:237-248.
- Hosna, H., H. Ahmad, and T. Y. Asadollah. 2012. Effect of citrus pulp on performance and some blood parameters of broiler chickens. Proc. Anais da The 1th International and The 4th National Congress on Recycling of Organic Waste in Agriculture. Isfahan, Iran.
- Ibrahim, M. R., H. M. El-Banna, I. I. Omara, and A. Suliman. 2011. Evaluation of nutritive value of some citrus pulp as feedstuffs in rabbit diets. *Pak J. Nutr.* 10:667-674.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2013. Anuário estatístico do Brasil: Aspecto das atividades agropecuárias e extração vegetal. 172p. IBGE, Rio de Janeiro.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2015. Anuário estatístico do Brasil: Aspecto das atividades agropecuárias e extração vegetal. 126p. IBGE, Rio de Janeiro.

- Izquierdo, L., and J. M. Sendra. 2003. Citrus fruits composition and characterization. In B. Caballero, L. Trugo, e P. Finglas (Eds.), *Encyclopedia of food sciences and nutrition* p. 6000. Oxford: Academic Press.
- Kähkönen, M. P., A. I. Hopia, H. J. Vuorela, J. Rauha, K. Pihlaja, T. S. Kujala, and M. Heinonen. 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agr. Food Chem.* 47:3954-3962.
- Kring, U., and R. G. Berger. 2001. Antioxidant activity of some roasted foods. *Food Chem.* 72: 223-229.
- Kumar, R. 1991. Antinutritional Factors, the Potential risks of toxicity and methods to alleviate them. Proc. Proceeding of FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute. Kuala Lumpur, Malaysia. (Abstr.)
- Leong, L. P., and G. Shui. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.* 76:69-75.
- Liu, K. 2004. *Soybean as Functional Foods and Ingredients*. Lincoln: CRC Press.
- Manach, C., A. Scalbert, C. Morand, C. Rémésy, and L. Jiménez. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* 79:727-47.
- Marfo, E. K., and O. L. Oke. 1988. Changes in phytate content of some tubers during cooking and fermentation. Personal communication.
- Mariutti, L. R. B., and N. Bragagnolo. 2009. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. *Rev. I. Adolfo Lutz.* 68:1-11.
- Mejía, G. A., W. M. Ferreira, S. G. Oliveira, and V. L. Araújo. 2001. Efeito da inclusão de polpa seca na dieta sobre desempenho de suínos em terminação. Proc. Anais da 38º Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, Piracicaba. 812-814. (Abstr.)
- Mendes, R. E., and G. L. A. Miranda. 2012. *Avaliação da qualidade de carnes - Fundamentos e Metodologias*. Edição: 1. Editora: UFV.
- Menezes, J. J. L., H. C. Gonçalves, M. S. Ribeiro, L. Rodrigues, G. I. L. Cañizares, and B. B. L. Medeiros. 2009. Efeitos do sexo, do grupo racial e da idade ao abate nas características de carcaça e maciez da carne de caprinos. *Rev. Bras. de Zootecn.* 38:1769-1778.
- Miljkovic, D., and G. S. Bignami. 2002. Nutraceuticals and methods of obtaining nutraceuticals from tropical crops. USA. Application number: 10/992.502.
- Monahan, F. J. 2000. Oxidation of lipis in muscle foods: fundamental and applied concerns. Proc. Decker, E. A., Faustman, C., Lopez-Bote, C.J. *Antioxidants in muscle foods: nutritional strangies to improve quality*. New York: Wiley Interscience. 3-24. (Abstr.)
- Montagne, L., J. R. Pluske, and D. J. Hampson. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosae, and their consequences on digestive health in young nonruminant animals. *Anim. Feed Sci. Tech.* 108:95-117.
- Móri, C., E. A. Garcia, A. C. Pavan, A. Piccinin, and C.C. Pizzolante. 2005. Desempenho e rendimento de carcaça de quatro grupos genéticos de codornas para produção de carne. *Rev. Bras. Zootecn.* 34:870-876.

- Mourão, J. L., V. M. Pinheiro, A. M. Prates, R. J.B. Bessa, and L. M. A. Ferreira. 2008. Effect of dietary dehydrated pasture and citrus pulp on the performance and meat quality of broiler chickens. *Poult. Sci.* 87:733-743.
- Nobakht, A. 2013. Evaluation the effects of different levels of dried lemon (*Citrus aurantifolia*) pulp on performance of broilers and laying hens. *Int. Res. J. Appl. Basic. Sci.* 4:882-888.
- Odin, A.P. 1997. Vitamins as antimutagens: advantages and some possible mechanisms of antimutagenic action. *Mutat. Res.* 386:39-67.
- Ojabo, L. D., and A. Y. Adenkola. 2013. The growth performance and haematology of cockerel chicks fed with sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit peel meal. *Ann. Bioll. Res.* 4:11-15.
- Okokon, O. E., G. S. I. Wogar, and E. U. Donald. 2013. Comparative Evaluation of Sweet Orange Waste Meals and Wheat Offal as Fibre Sources in Growing Rabbits Diets. *J. Agr. Sci.* 5:3.
- Olivo, R., P. D. Guarnieri, and M. Shimokomaki. 2001. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. *Rev. Nac. Carne.* 25: 44-49.
- Oluremi, O. I. A., V. O. Ojighen, and E. H. Ejembi. 2006. The nutritive value of sweet orange (*Citrus sinensis*) in broiler production. *Inter. J. Poult. Sci.* 5:613-617.
- Padilha, A. D. G. 2007. Antioxidante natural na conservação da carne de frango in vivo. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Pedroso, A. M., and M. P. Carvalho. 2006. Polpa cítrica e farelo de glúten de milho. In: Pedroso, A. M., *Treinamento on line: Subprodutos para ruminantes: estratégias para reduzir o custo de alimentação.* AgriPoint. 2:1-35.
- Pérez, A. M., J. M. Hernandez, L. Llaurodo, J. Schierle, and J. Brufau. 2001. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poult. Sci.* 80:320-326.
- Racanicci, A. M. C., J. F. M. Menten, M. A. B. R. D'arce, and L. M. Pino. 2008. Dietary oxidized poultry offal fat: performance and oxidative stability of thigh meat during chilled storage. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 10:29-35.
- Raharjo, S., and J. N. Sofos. 1993. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: a review. *Meat Sci.* 35:145-169.
- Ramos, L. S. N., J. B. Lopes, A. V. Figuerêdo, A. C. Freitas, L. A. Farias, L. S. Santos, and H. O. Silva. 2006. Polpa de caju em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e características de carcaça. *Rev. Bras. Zootecn.* 35:804-810.
- Rice-Evans, C. 2001. Flavonoid antioxidants. *Curr Med. Chem.* 8:797-809.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. p.186. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa.
- Ruxton, C., E. Gardner, and D. Walker, 2006. Can pure fruit and vegetable juices protect against cancer and cardiovascular disease too A review of the evidence. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 57:249-272.

- Santos, F. A. P., C. A. Carmo, C. M. M. Bittar, A. V. Pires, A. M. Pedroso, and E. M. Pereira. 2007. Milho com diferentes graus de moagem em combinação com polpa cítrica peletizada ou casca de soja para vacas leiteiras no terço médio da lactação. *Rev. Bras. Zootecn.* 36:1183-1191.
- Sarikhhan, M., H. A. Shahryar, B. Gholizadeh, M-H. Hosseinzadeh, B. Beheshti, and A. Mahmoodnejad. 2010. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. *Int. J. Agric. Biol.* 12:531-536.
- Serres, H. 1999. Manual of Pig production in the Tropics. CABS Publishing in Association with CTA. Biddles Ltd. Guild for Kings Lynn London: 101.
- Setchell, K. D., N. M. Brown, P. Desai, L. Zimmer-Nechemias, B. E. Wolfe, W. T. Brashear, A. S. Kirschner, A. Cassidy, and J. E. Heubi. 2001. Bioavailability of pure isoflavones in healthy humans and analysis of commercial soy isoflavone supplements. *J. Nutr.* 131:1362-1375.
- Shi, H., N. Nogushi, and E. Niki. 2001. Introducing natural antioxidants. In antioxidants in food-pratica applications. Ed pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M. – Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Silva, E. P., D. A. I. Silva, C. B. V. Rabello, R. B. lima, M. B. Lima, and J. V. Ludke. 2009. Composição físico-química e valores energéticos dos subprodutos de goiaba e tomate para frangos de corte de crescimento lento. *Rev. Bras. Zootecn.* 38:1051-1058.
- Silva, M. A. M., M. F. P. Barcelos, R. V. Sousa, H. M. Lima, I. R. Falco, A. L. Lima, and M. C. A. Pereira. 2003. Efeito das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue de ratos (*Rattus Norvegicus*) Wistar. *Ciênc. Agrotecnologia.* 27:1321-1329.
- Silva, S. S., and R. R. Smithard. 1997. Digestion of protein, fat and energy in rye-based broiler diets is improved by the addition of exogenous xylanase and protease. *Brit. Poultry Sci.* 38:S38-S39.
- Souza, M. A. A., N. N. Terra, and L. L. M. Fries. 2009. Ação antioxidante de extratos da casca da batata inglesa (*Solanum Tuberosum*). *Hig Aliment.* 23:168.
- Souza, T. C., S. A. Amador, J. M. Palma, C. B. Lima, and A. M. C. Racanicci, 2012. Estabilidade oxidativa da carne de frango pré-cozida contendo extrato de pacari (*Lafoensia pacari*). Proc. IV Simpósio de Qualidade da Carne, 2012, Jaboticabal. Funep.
- Teixeira, J.C. 2001. Utilização da polpa cítrica na alimentação de bovinos leiteiros. Parte I. *Milkbizz Tecnol.* 1:25-28.
- Terra, N. N., L. I. G. Milani, L. L. M. Fries, D. Urnau, A. Cirolini, and B. A. Santos. 2008. Extrato de erva mate (*Ilexparaguariensis*) como antioxidante, em carne de peru, submetida a tratamento térmico. *Hig Aliment.* 22:189-193.

- Tirkey, N., S. Pilkhwal, A. Kuhad, and K. Chopra. 2005. Hesperidin, a citrus bioflavonoid, decreases the oxidative stress produced by carbon tetrachloride in rat liver and kidney. *BMC Pharmacology*. 5:2.
- Trindade-Neto, M. A., I. M. Petelincar, D. A. Berto, J. A. Moreira, and D. M. S. Vitti. 2004. Subproduto de Polpas de Frutas Desidratadas na Alimentação de Leitões em Fase de Creche. *Rev. Bras. Zootecn.* 33:1254-1262.
- Ulu, H. 2004. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products. *Meat Sci.* 67: 638-687.
- Van't Veer, P., M. Janson, M. Klert, and F. Kok. 2000. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. *Public Health Nutr.* 3:103-107.
- Vasco, C., J. Ruales, and A. Kamal-Eldin. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chem.* 111:816–823.
- Veer, P., M. C. J. F. Jansen, M. Klerk, and F. J. Kok. 2000. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. *Public Health Nutr.* 3:103-107.
- Vieira, P. A. F., J. H. Queiroz, L. F. T. Albino, G. H. K. Moraes, A. A. Barbosa, E. S. Muller, and M. T. S. Viana. 2008. Efeitos da inclusão de farelo do subproduto de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. *Rev. Bras. Zootecn.* 37:2173-2178.
- Watanabe, P. H., M. C. Thomaz, U. S. Ruiz, V. M. Santos, G. C. Masson, A. L. Fraga, L. A. F. Pascoal, R. A. R. Huaynate, and S. Z. Silva. 2010. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp levels. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoo.* 62:921-929.
- Weiss, J. F., and M. R. Landauer. 2003. Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals. *Toxicology*.189:1-20.
- Wurtzen, G. 1990. Shortcomings of current strategy for toxicity testing of food chemicals: antioxidants. *Food Chem. Toxicol.* 28:743-745.
- Yang, A., M. C. Lanari, M. Brewster, and R. K. Tume. 2002. Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Sci.* 60:41-50.
- Yunes, J. F. F. 2010. Avaliação dos efeitos da adição de óleos vegetais como substitutos de gordura animal em mortadela. PhD Diss. Univ. Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Zohreh, P., A. A. Q. Ali, S. Alireza, L. Vito, C. Gerardo, and T. Vincenzo. 2015. Effect of different levels of dietary sweet orange (*Citrus sinensis*) peel extract on humoral immune system responses in broiler chickens. *J. Anim. Sci.* 86:105-110

II – OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a utilização do subproduto de laranja (polpa cítrica) na alimentação de frangos de corte, poedeiras comerciais e codornas japonesas, sobre o desempenho produtivo e qualidade do produto final.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudar a composição química e nutricional da polpa cítrica e os coeficientes de digestibilidade para frangos de corte e codornas japonesas;

Avaliar o efeito da utilização da polpa cítrica na alimentação de frangos de corte sobre o desempenho, morfometria intestinal, parâmetros bioquímicos sanguíneos, qualidade da carne; variáveis ósseas e no processo de oxidação da carne;

Avaliar o efeito da utilização da polpa cítrica na alimentação de poedeiras comerciais sobre o desempenho, qualidade física dos ovos e no processo de oxidação dos ovos em armazenamento;

Estudar o efeito da utilização de polpa cítrica na alimentação de codornas japonesas sobre o desempenho e qualidade física dos ovos;

Avaliar a viabilidade econômica e o melhor nível de inclusão de polpa cítrica na alimentação de frangos de corte, poedeiras comerciais e codornas japonesas.

III- POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.

RESUMO: Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar o valor energético e a composição química da polpa cítrica, e avaliar o desempenho, rendimento de carcaça, qualidade da carne e oxidação lipídica durante o tempo de armazenamento da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo níveis crescentes de polpa cítrica na fase inicial e crescimento. No experimento I, foram utilizados 108 frangos de corte com 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (ração referência e 10% ou 20% de substituição do alimento teste), seis repetições e seis aves por unidade experimental. No experimento II, foram utilizados 966 pintos de corte machos, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica) mais um controle, sete repetições e 23 aves por unidade experimental. A polpa cítrica apresentou 1311 kcal de EMAn/kg de MS, 4,62% de proteína bruta, 30,85% de fibra em detergente neutro, 36,93% de fibra em detergente ácido, podendo ser utilizada em até 10% de inclusão nas rações para frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade, sem prejuízos ao desempenho, rendimento de carcaça, parâmetros sanguíneos, variáveis ósseas, morfometria intestinal, qualidade da carne e conferindo melhores índices econômicos. A oxidação lipídica da carne da coxa foi avaliada durante 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento a 4°C, apresentando interação entre o nível de inclusão de polpa e o tempo de armazenamento ($P < 0,05$). Observou-se que o tratamento com 10% de inclusão de polpa cítrica apresentou menor oxidação.

Palavras chaves: desempenho, oxidação lipídica, qualidade, resistência óssea, subproduto.

III- CITRUS PULP IN BROILER FEED.

ABSTRACT: Two experiments were conducted in order to determine the energy value and the chemical composition of citrus pulp, and evaluate the performance, carcass yield, meat quality and lipid oxidation during the storage time of broiler meat fed diets with increasing levels of citrus pulp in phase initial and growth. Experiment I was conducted in order to determine the chemical composition and energy value of citrus pulp. For that, 108 21-days-old broiler chickens were distributed in a completely randomized design with three treatments (basal diet and basal diet + 10 or 20% of testing feed), six replicates and six birds each. The citrus pulp presented 1311 kcal of AME/kg DM, 4.62% crude protein, 30.85% neutral detergent fiber, 36.93% acid detergent fiber and 23.45% pectin. Experiment II was conducted to evaluate the performance, carcass yield and serum levels of broilers fed diets with increasing levels of citrus pulp in the initial and growth stage. For that 966 Cobb male broiler chicks were distributed in a completely randomized design with five treatments (2, 4, 6, 8 and 10% inclusion of citrus pulp) plus a control, seven replicates and 23 birds by experimental unit. As result, citrus pulp can be used up to 10.0% of inclusion in broiler diets in the period from 1 to 42 days old, with no damage to performance, carcass yield, blood parameters, bone variables, morphometry intestinal, quality of meat and with better economic indices. The lipid oxidation of thigh meat was evaluated at 0, 30, 60 and 90 days of storage at 4 ° C, with interaction between the level of inclusion of pulp and storage time (P <0.05). The treatment with 10% citrus pulp inclusion presented less oxidation.

Keywords: by-product, meat quality, performance

Introdução

A indústria avícola brasileira tem se destacado nos últimos anos, com uma produção de 13,55 milhões de toneladas de carne de frango em 2016 (AVISITE, 2017). A América do Sul possui uma grande variedade de espécies de frutas, devido às características geográficas da região, especialmente a heterogeneidade de seu clima (Alves et al., 2008). O consumo de frutas tropicais vem aumentando nos mercados domésticos e internacionais, devido ao seu alto valor nutritivo e terapêutico. O Brasil, que possui um grande número destas e a maioria contêm em sua composição consideráveis quantidades de micronutrientes, como minerais, fibras, vitaminas, vitamina C e compostos fenólicos, de importância para a saúde (Vasco et al., 2008; Veer et al., 2000).

Entre os subprodutos das agroindústrias de frutas, encontra-se a polpa cítrica, proveniente das indústrias de suco de laranja, caracterizada como um alimento de alto valor energético, 13% inferior ao milho, segundo o *National Research Council*, (1996). Além disso, exibe um elevado teor de FDN (22 %), pectina (22 %) e de PNAs (32,4%) (Bampidis e Robinson, 2006). Segundo Carvalho (1995), a polpa cítrica apresenta valores médios de 90% de MS, 6% de PB, 2% de EE, 6% de MM, 74% de ENN, 25% de FDN, 1% de lignina, 0,2% de amido, 25% de pectina, 1,59% de cálcio e 0,08% de fósforo.

Dados similares aos reportados por Oluremi et al. (2006) relatam que o subproduto de laranja apresenta 89,65% de matéria seca, 10,74% de proteína bruta, 7,86% de fibra bruta, 12,60% de extrato etéreo, 11,90% de cinzas, 56,90% de extrato não nitrogenado, 1666 kcal/kg de EMA para frangos de corte, 3,88 mg de vitamina C/100g de polpa, antioxidantes como ácido ascórbico, compostos fenólicos, flavonoides e limonoides (Jayaprakasha e Patil, 2007). Entre os antioxidantes presentes em citros, destacam-se a vitamina C, que proporciona proteção contra a oxidação no meio aquoso da célula, devido ao seu alto poder redutor, e também os polifenóis, que são substâncias com grande poder de neutralizar as moléculas de radicais livres (Klimckac et al., 2007; Jayaprakasha e Patil, 2007).

Considerando o valor nutricional e a disponibilidade deste subproduto, este estudo teve como objetivo determinar a composição química e energética da polpa cítrica e avaliar sua utilização na alimentação de frangos de corte sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal, peso relativo dos órgãos do trato gastrointestinal, qualidade e oxidação lipídica da carne e índices econômicos.

Material e métodos

Dois experimentos foram conduzidos no Setor de Avicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá (UEM, Maringá, Paraná, Brasil), todos os procedimentos experimentais foram de acordo com a aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA da Universidade Estadual de Maringá - UEM (Registro N° 8614020316).

Experimento I - Ensaio de metabolizabilidade e composição da polpa cítrica

Foi realizado um ensaio de metabolizabilidade utilizando polpa cítrica obtida de uma Cooperativa Agroindustrial da região (COCAMAR: Sucos Rolândia), seca ao ar em área cimentada e coberta, com ventilação, temperatura média variando de 23,4 a 28,5°C e umidade relativa de 73,1%. O material foi espalhado em camadas e revolvido três vezes ao dia, por um período de seis dias, até atingir teor de umidade de aproximadamente 10%. Posteriormente, foi moído em moinho do tipo faca (peneira dotada de malha de 2,5 mm de diâmetro), para sua utilização na ração. A dieta experimental (Tabela 1), à base de milho moído e farelo de soja (45%), foi formulada considerando a composição dos alimentos e as exigências segundo Rostagno et al. (2011). O período experimental foi de dez dias (cinco dias de adaptação + cinco dias de coleta de excretas) e nesse período as aves receberam ração e água à vontade.

O ensaio de metabolizabilidade foi conduzido conforme metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2016), utilizando 108 frangos de corte com 21 dias de idade, alojados em baterias de arame galvanizado. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (ração referência e rações testes com 10% e 20% do alimento teste), seis repetições com seis frangos de corte cada. Durante o período de coleta de excretas, foram anotados os tempos de ingestão da ração e de aparecimento das excretas marcadas com óxido férrico, com o auxílio de um observador para cada repetição. Para avaliação da velocidade de trânsito do alimento no trato gastrointestinal das aves, este procedimento foi realizado duas vezes, (no primeiro e no último dia do período de coleta).

As análises laboratoriais de matéria seca (MS) das rações, do alimento e das excretas foram realizadas conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2004). Os valores de EB foram determinados por meio de bomba calorimétrica adiabática (Parr Instruments Co.). Uma vez obtido os resultados das análises laboratoriais do alimento, da ração-referência, da rações-teste e das excretas, foi calculado o valor de energia

metabolizável aparente (EMA) estimada do alimento, utilizando-se a equação de Matterson et al. (1965). Para determinação do teor de compostos fenólicos totais, foram obtidos extratos hidroalcoólicos segundo a metodologia de Bloor (2001), sendo os resultados expressos em miligramas de Equivalentes de Ácido Gálico (EAG)/100 gramas de polpa.

Tabela 1. Composição percentual (kg) e calculada da ração referência.

Ingredientes	Quantidade
Milho	64,70
Farelo Soja 45%	29,23
Fosfato bicálcico	1,15
Óleo Vegetal	2,89
Calcário	0,76
Sal	0,300
DL-Metionina, 98%	0,249
L-Lisina HCL, 78%.	0,266
L- Treonina, 98%	0,047
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
Fósforo disponível (%)	0,32
Sódio (%)	0,20
Cálcio (%)	0,69
Cloro (%)	0,30
Potássio (%)	0,71
BED mEq/kg	209

¹Suplemento 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.

Experimento II - Avaliação da polpa cítrica nas dietas de frangos de corte.

Foram utilizados 966 pintos de corte machos, da linhagem comercial Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica) mais um controle, sete repetições e 23 aves por unidade experimental. As aves foram alojadas em galpão climatizado, com ventilação negativa e placa evaporativa, comedouros modelo tubular e bebedouros tipo nipple, sendo que água e ração foram fornecidas à vontade. Após obtidos os dados da digestibilidade, foram formuladas dietas em um programa de alimentação dividido em duas fases: inicial de 1 a 21 dias de idade (Tabela 2) e crescimento de 22 a 42 dias de idade (Tabela 3), de acordo com as exigências

nutricionais para frangos de corte machos de desempenho médio (Rostagno et al., 2011).

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais da fase inicial de 1 a 21 dias de idade.

	Polpa cítrica (%)					
	0	2	4	6	8	10
Milho	58,56	56,27	53,53	50,86	48,48	46,31
Farelo de soja 45%	36,40	36,34	36,30	36,20	35,95	35,84
Polpa cítrica	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
Fosfato bicálcico	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Calcário calcítico	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Óleo de soja	1,08	1,41	2,16	2,90	3,50	3,75
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,400
DL-Metionina, 98%	0,305	0,313	0,321	0,330	0,340	0,350
L- Treonina, 98%	0,080	0,087	0,095	0,104	0,115	0,122
L-Lisina HCL, 78%	0,253	0,260	0,268	0,278	0,292	0,301
Suplemento Mineral e Vitaminico ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,40	0,400
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição calculada						
Proteína bruta (%)	21,50	21,50	21,50	21,50	21,50	21,50
Energia metabolizável (Mcal/kg)	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98
Lisina digestível (%)	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Met + Cist digestível (%)	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Treonina digestível (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Fósforo disponível (%)	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Cálcio (%)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Cloro (%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28
Fibra bruta (%)	2,94	3,30	3,63	3,99	4,33	4,68
Gordura (%)	3,83	4,19	4,88	5,72	6,34	6,63
BED mEq/kg	209	207	204	203	200	198
Polifenóis (mg/g)	82,00	95,61	99,91	108,05	112,35	120,49
Flavonoides (mg/g)	6,91	8,24	9,69	13,47	16,58	26,24

¹ Suplemento vitamínico (conteúdo/kg de premix): Vit. A 11.666,68 UI, Vit. D3 2.333,32 UI, Vit. E 35,00 UI, Vit. K3 1,73 mg, Vit. B1 1,63 mg, Vit. B2 5,33 mg, Vit. B12 16,67 mcg, Niacina 35,93 mg, Pantotenato de cálcio 12,67 mg, Ácido Fólico 0,80 mg, Biotina 0,10 mg. Suplemento Mineral (conteúdo/kg de ração): Ferro 50,40 g, Cobre 12,29 mg, Iodo 0,99 mg, Zinco 50,40 g, Mangânes 0,06 g, Selênio 0,24 mg, Cobalto 0,20 mg.

A composição química da polpa cítrica utilizada para elaboração das rações foi de 87,04% de MS, 9,62% de PB, 6,01% de EE, 4044,041 kcal/kg de EB, 19,79% de FB, 30,85% de FDN, 36,93% de FDA, 21,45% de pectina, 345,47mg/100g de compostos fenólicos e 1311,7 kcal/kg de EMAn.

Desempenho

Para avaliação dos parâmetros de desempenho, durante cada fase experimental, foram realizadas pesagens das aves e das rações experimentais aos 0, 21 e 42 dias de idade, para calcular consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA).

Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais da fase de crescimento de 21 a 42 dias de idade.

	Polpa cítrica (%)					
	0	2	4	6	8	10
Milho	65,12	63,11	60,73	58,22	55,96	53,34
Farelo de soja 45%	29,07	28,96	28,90	28,88	28,81	28,81
Polpa cítrica	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
Fosfato bicálcico	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16
Calcário	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75
Óleo vegetal	2,50	2,60	3,00	3,50	3,80	4,40
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-Metionina, 98%	0,250	0,257	0,264	0,272	0,280	0,288
L- Treonina, 98%	0,154	0,161	0,169	0,176	0,183	0,191
L-Lisina HCL, 78%	0,224	0,233	0,240	0,247	0,255	0,261
Supl. Min. e Vit.	0,400	0,400	0,400	0,400	0,40	0,400
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição calculada						
Proteína bruta (%)	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75
Energia metabolizável (Mcal/kg)	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
Lisina digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Met + Cist digestível (%)	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Treonina digestível (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Fósforo disponível (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Cálcio (%)	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Cloro (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Fibra bruta (%)	2,67	3,02	3,37	3,73	4,08	4,43
Gordura (%)	5,36	5,50	5,93	6,46	6,80	7,42
BED mEq/kg	179	177	176	174	172	170
Polifenóis (mg/g)	91,77	95,72	102,12	124,33	131,65	135,95
Flavonoides (mg/g)	4,36	7,13	11,13	15,47	19,02	23,47

¹Suplemento vitamínico (conteúdo/kg de premix): Vit. A 9.000,00 UI, Vit. D3 1.800,00 UI, Vit. E 28,00 UI, Vit. K3 1,67 mg, Vit. B1 1,20 mg, Vit. B2 4,00 mg, Vit. B12 12,00 mcg, Niacina 28,00 mg, Pantotenato de Cálcio 10,00 mg, Ácido Fólico 0,56 mg, Biotina 0,06 mg. Suplemento mineral (conteúdo/kg de premix): Ferro 50,00 g, Cobre 12,00 mg, Iodo 1,00 mg, Zinco 50,00 g, Mangânes 0,60 g, Selênio 0,30 mg, Cobalto 0,20 mg. BED - Balanço Eletrolítico da Dieta.

Níveis bioquímicos séricos

Aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por unidade experimental foram selecionadas pelo peso médio (média±5%), para colheita de sangue da veia jugular (±3ml) e obtenção de soro. O soro foi armazenado em freezer (-18°C) para posterior determinação dos níveis séricos de colesterol total (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL) e glicose (mg/dL), utilizando-se o método enzimático-colorimétrico (Gold Analisa Diagnóstica Ltda, Belo Horizonte - Minas Gerais), com leitura em espectrofotômetro modelo BIOPLUS 2000 (Bioplus Ltda).

Peso dos órgãos gastrointestinais

Posteriormente, estas aves foram eutanasiadas por meio de administração intravenosa de tiopental (70mg/kg), associado ao sacrifício por perda de sangue da veia

jugular, após constatada a anestesia, de acordo com as diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA (Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal). Os órgãos do trato gastrointestinal (proventrículo, moela, pâncreas, fígado, intestino delgado e grosso) foram colhidos e pesados em balança de precisão (0,001g), e calculado o peso relativo dos órgãos em comparação com o peso vivo por meio da fórmula: (peso órgão/peso vivo) x 100. Foi colhido o conteúdo do intestino delgado e dos cecos, sendo homogeneizados e pesados dois gramas de cada segmento e diluídos em 20 ml de água destilada e posteriormente agitados por 1 min para determinação do pH, com o auxílio do pH (HI 99163 Hanna Instruments, São Paulo, Brasil).

Morfometria intestinal

Para avaliação da morfometria intestinal, 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 vitelínico. As amostras foram armazenadas em solução de formol tamponado a 10% com fosfato monobásico e bibásico, para fixação dos tecidos, para posteriormente serem desidratados em uma série de concentrações crescentes de álcoois, diafanizados em xilol e incluídos em parafina. Os cortes histológicos foram feitos com cinco micrômetros de espessura, semisseriados e transversais, até obter cinco cortes por lâmina, sendo depois corados pelo método de Hematoxilina-Eosina. Para análise da morfometria 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 30 mensurações para altura de vilos e 30 para profundidade de cripta por lâmina. As alturas dos vilos foram medidas a partir da região basal do vilos, coincidente com a porção superior das criptas, até seu ápice. As criptas foram medidas da sua base até a região de transição cripta:vilos.

Qualidade físico-química da carne

Aos 42 dias para avaliação da qualidade da carne, foram coletadas amostras do peito (*pectoralis major*) e da coxa direita de 14 aves por tratamento para avaliação dos parâmetros de pH, cor (L^* , a^* e b^*), perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção (CRA) e força de cisalhamento (FC). O pH foi medido 15 minutos “post-mortem”, com auxílio de um potenciômetro de contato da marca Testo® (modelo 205),

introduzido diretamente no filé do peito e na coxa, conforme descrito por Boulianne e King (1995) e adaptado por Olivo et al. (2001). A coloração do peito (*pectoralis major*) e da coxa da ave foi mensurada 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 foi utilizado para análise da capacidade de retenção de água na carcaça (CRA), e o músculo do peito do lado direito para análise da perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC). A CRA foi realizada utilizando-se o método de centrifugação proposto por Nakamura e Katok (1985). Amostras de 1g de músculo do peito 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, após resfriadas a temperatura ambiente foram pesadas novamente para o cálculo da CRA, em porcentagem.

Para avaliação de PPC, as amostras de peito de aproximadamente 200g foram pesadas, embaladas em papel laminado e assadas em chapa elétrica de modelo comercial. Quando atingiram a temperatura interna de 35°C, as amostras foram viradas e mantidas desta forma até que a temperatura interna das mesmas atingisse 80°C. Posteriormente, foram retiradas e mantidas em repouso, por 30 minutos para estabilizar na temperatura ambiente e pesadas novamente, obtendo-se, assim, o peso após o cozimento (Honikel, 1998). Após o cozimento, as amostras 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 no 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).

Oxidação lipídica da carne

Para avaliação da atividade antioxidante da polpa cítrica aos 42 dias de idade, foi embalada em papel alumínio a coxa esquerda de 14 aves por tratamento e armazenadas em refrigeração a -18°C, foi analisada sob um esquema fatorial 6x4, sendo seis níveis de inclusão de polpa cítrica e 4 períodos de armazenamento (0, 30, 60 e 90 dias de

armazenamento), pela metodologia de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) de acordo com Sorensen e Jorgensen (1996). Foram utilizadas 5 amostras de cada tratamento em cada período de avaliação, cada amostra de 100 gramas de carne foi triturada em um multiprocessador de alimentos, da qual foi retirada uma amostra de 5 g, colocadas em tubo falcon e adicionados 15 ml de solução de TCA (ácido tricloroacético 7,5%), ácido gálico (0,1%) e EDTA (ácido etilenodiamino tetraacético 0,1%), homogeneizados no turax por 30 segundos a 15.000 rpm. Após este procedimento, o homogeneizado foi filtrado em papel de filtro qualitativo (12,5 mm) e 1,5 mm da solução filtrada foi misturada com 1,5 ml de TBA (ácido tiobarbitúrico) em tubo de ensaio e aquecidos em banho-maria a 100°C por 40 minutos. Os tubos foram resfriados em água gelada e posteriormente centrifugados a 3000 RPM durante 10 minutos. Após, foi lida a absorbância em espectrofotômetro em comprimento de onda de 545 nm. Para os cálculos, foi utilizada uma curva padrão de malonaldeído (MDA) e os dados foram expressos como mg de MDA/kg de amostra.

Parâmetros ósseos

Aos 42 dias de idade foi coletada a perna esquerda de sete aves por tratamento, acondicionada em sacos plásticos identificados e congelada (-18°C) para avaliação dos parâmetros ósseos. Após descongelamento, as pernas foram descarnadas para remoção do tecido muscular aderido e foi realizada a separação do fêmur e tíbia. Posteriormente, foram pesados em balança analítica (0,0001g) e medidos o comprimento e diâmetro na porção média, utilizando um paquímetro eletrônico digital (mm). Em seguida, foi determinado o índice de Seedor (Seedor et al., 1991).

Para medição da resistência óssea, os ossos foram posicionados na região da epífise, na posição anteroposterior no texturômetro (modelo TAXC3), para aplicação da força de 5mm/s com carga de 200 kgf na região central do osso. Os valores foram expressos em quilograma força (kgf). Após o processo de quebra, os ossos foram armazenados devidamente identificados em frascos de vidro com éter etílico até a retirada total de subprodutos de gordura, secos em estufa de ventilação forçada a 100°C por 24 horas, triturados e pesados em balança analítica (0,0001g), para posteriormente serem secos em estufa a 105°C, por 12 horas, pesados após resfriamento e calcinados em mufla a 600°C, para obtenção das cinzas, segundo a metodologia de Oliveira (2006).

Rendimento de carcaça

Para análises do rendimento de carcaça e cortes aos 42 dias, 14 aves por tratamento foram abatidas após jejum de seis horas. Para o cálculo do rendimento de carcaça, considerou-se o peso da carcaça quente eviscerada, sem os pés, cabeça, pescoço e gordura abdominal, em relação ao peso vivo das aves. Para o rendimento dos cortes nobres, foi considerado o peso do peito inteiro com pele, ossos e pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), dorso e assas, que foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada conforme descrito por Smith (1993) e posteriormente pesada para calcular a relação da gordura com o peso da carcaça eviscerada.

Viabilidade econômica

A análise econômica do experimento foi calculada pela seguinte expressão adaptada de Guidoni et al. (1997):

$$PM \text{ polpa} \leq \left[PRF (Ganho_i - Ganho_0) - \sum_{j \neq 1}^N P_j (C_{ji} * CR_i - C_{j0} * CR_0) \right] (C_{li} * CR_i)$$

Onde: PM polpa = preço máximo da polpa para que a dieta em que será usado tenha a mesma eficiência econômica que a dieta sem polpa (nível zero de inclusão); PRF = preço do kg do frango vivo; Ganho_i = ganho de peso médio dos frangos de corte do tratamento contendo o nível i de polpa; Ganho₀ = ganho de peso médio dos frangos de corte do tratamento sem polpa (nível zero de inclusão); P_j = preço dos ingredientes restantes em cada dieta; C_{ji} = porcentagem do ingrediente j na dieta i; CR_i = consumo de ração médio total por animal inerente a dieta i; C_{j0} = porcentagem do ingrediente j na dieta sem polpa; CR₀ = consumo de ração médio total por animal referente à dieta sem polpa; C_{li} = porcentagem de polpa na dieta i. A abordagem econômica levou em consideração somente os custos com a alimentação, não abrangendo os demais componentes do custo de produção. Foram utilizados os preços do kg de frango vivo e dos insumos da região de Maringá-PR, com base média dos dois últimos anos e convertidos ao preço do dólar (1 Real=0,3123dólares), sendo: milho grão, US\$ 0,21/kg; farelo de soja US\$ 0,44/kg; fosfato bicálcico US\$ 0,67/kg; calcário US\$ 0,08/kg; sal comum US\$ 0,11/kg; óleo de soja US\$ 0,84/kg; L-Lisina HCl US\$ 2,83; DL-Metionina US\$ 4,56/kg; L -Treonina US\$ 4,01kg; Suplemento vitamínico e mineral US\$ 2,35/kg; e frango vivo US\$ 0,88/kg. O valor da polpa foi obtido através do cálculo do quilo já desidratado.

O valor da polpa foi obtido através do cálculo do quilo já desidratado.

Para analisar a viabilidade econômica da polpa sobre o desempenho de frango de corte foi utilizado o Índice Bio Econômico (IBE), desenvolvido por Guidoni et al. (1994), calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{IBE} = \text{GP} - \left(\frac{\text{PRm}}{\text{PFV}} \right) * \text{CRm}$$

Onde: IBE – Índice Bio-econômico; GP – Ganho de peso vivo (g); PRm – Preço médio da dieta (R\$); PFV – Preço do kg de frango vivo (R\$); e CRm – Consumo médio de ração (g). Para avaliar o efeito do custo da dieta no IBE consideramos o ganho de peso e consumo de ração de 1 a 21 dias.

Análises estatística

Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAEG (2007). Os dados foram analisados em relação aos níveis de polpa utilizando uma análise de variância seguida do teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Após a análise de variância, quando houve diferença, os graus de liberdade foram desdobrados em polinômios e analisados os tratamentos com inclusão de polpa cítrica por regressão para as diferentes relações linear ou quadrática ($P < 0,05$). Para as variáveis respostas que apresentarem comportamento quadrático, foi calculado o ponto de inflexão, como as melhores relações, e 95% destes valores como limite de confiança (Sakomura e Rostagno, 2007). Para os dados obtidos da avaliação da oxidação lipídica da carne foi realizada análise de ANOVA fatorial (5x4) entre os níveis de inclusão de polpa e os dias de armazenamento da carne e as medias foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade).

Resultados e discussão

Experimento I

Os resultados das análises da composição química e os valores energéticos da polpa cítrica (Tabela 4) e os coeficiente de digestibilidade (Tabela 5) estão expressos a seguir. A polpa cítrica apresentou 4.044 kcal de energia bruta (EB)/kg, sendo assim caracterizada como um alimento de alto valor energético, 13% inferior ao milho, segundo o NRC (1996). Não obstante, quando comparado o valor de energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), os valores foram de 1315 kcal de EMA/kg e 1312 kcal de EMAn/kg, sendo este último valor 61,1% inferior à EMAn do milho (3381 kcal/kg). No entanto, o valor de EMA

obtido foi superior 1100 kcal de EMA/kg relatado por Rostagno et al. (2011), o que mostra que mesmo a polpa cítrica tendo um alto valor de energia bruta, não pode ser considerada um alimento de alto valor energético para frangos de corte, devido provavelmente a sua composição química. A polpa cítrica apresentou 30,85% de fibra em detergente neutro (FDN), 36,93% de fibra em detergente ácido (FDA) e 21,45% de pectina, o que dificulta o aproveitamento da energia da polpa.

Tabela 4. Composição química e energia da polpa cítrica.

Composição química	
Matéria seca (%)	87,04
Proteína bruta (%)	9,62
Extrato etéreo (%)	6,01
Energia bruta (kcal/kg)	4044
Fibra bruta (%)	19,79
Fibra em detergente neutro (%)	30,85
Fibra em detergente ácido (%)	36,93
Pectina (%)	21,45
Compostos fenólicos (mg/100g)	345,47
Valores energéticos	
Energia metabolizável aparente (EMA) (kcal/kg)	1315
EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn)(kcal/kg)	1312
Coefficiente de metabolizabilidade da EMA (%)	32,5
Coefficiente de metabolizabilidade da EMAn (%)	32,3

¹Dados expressos na matéria seca.

Os valores de FDN, FDA e pectina obtidos para o subproduto podem aumentar o desenvolvimento do trato digestório, principalmente da moela, pro-ventrículo, fígado, ceco e intestino delgado. O valor de proteína bruta (PB) encontrado foi de 9,62%, similar ao reportado por Oluremi et al. (2006), de 10,74. Para o conteúdo de extrato etéreo da polpa cítrica, encontrou-se um valor de 6,01%, semelhante ao valor encontrado por Valadares-Filho et al. (2006). O coeficiente de digestibilidade da proteína bruta foi de 68,29%, sendo superior ao relatado por Rostagno et al. (2011), de 47,70% para a polpa cítrica, sendo assim demonstrado que o aproveitamento da proteína do subproduto foi maior.

Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade aparente da polpa cítrica.

Coeficientes de digestibilidade	
Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (%)	63,59
Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (%)	68,30
Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (%)	57,18
Coeficiente de digestibilidade da fibra de detergente neutro (%)	44,80
Coeficiente de digestibilidade da fibra de detergente ácido (%)	16,44

¹Dados expressos na matéria seca.

O teor de compostos fenólicos da polpa cítrica utilizada neste estudo foi de 345,47mg de (equivalente de ácido gálico) por 100g de polpa. Badiale-Furlong et al.

(2003) reportaram um teor médio de compostos fenólicos de 374,5mg/100g para a polpa cítrica de diferentes variedades de laranja. Por outro lado, Melo et al. (2008) reportaram 409,00 mg/100g para a laranja cravo e 465,25 mg/100g para a laranja pera. Os compostos fenólicos agem como antioxidantes, não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários compostos do alimento, particularmente de lipídios (Brand-Williams et al., 1995). O teor de pectina da polpa cítrica utilizada neste estudo foi de 21,45%, dados similares foram reportados por Bortoluzzi e Marangoni, (2006) (23,6%), Gonçalves, (2001) (27,5%), Grigelmo-Miguel et al., (1999) (18,1%) e Carvalho, (1995) (25%). As diferenças no teor de pectina e dos outros compostos contidos na polpa cítrica é em função da qualidade da laranja, cuja composição depende do solo, clima e variedade utilizada no processo de elaboração do suco de laranja, diversas condições de processamento, como quantidade de água utilizada na extração e temperatura de processamento, podem causar variações na composição da polpa cítrica.

Avaliando a velocidade de trânsito do alimento, foi observado que o tratamento com 10% de inclusão de polpa cítrica apresentou 145,80 minutos de tempo de transito. Enquanto o tratamento com maior inclusão de polpa cítrica (20%) apresentou o menor tempo de trânsito (126,24 minutos) quando comparado com o controle (146,47 minutos), o que pode estar relacionado à solubilidade da fibra alimentar, principalmente as fibras solúveis, as quais são degradadas no intestino grosso, formando géis em contato com a água, podendo assim aumentar a formação de um bolo alimentar viscoso e diminuir o tempo de trânsito intestinal, a absorção de nutrientes, e aumentando a capacidade de retenção de água (Bedford et al., 1991; Montagne et al., 2003).

Experimento II- Desempenho

Os resultados de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1-21 e 1-42 dias de idade estão apresentados na Tabela 5. No período de 1 a 21 dias, houve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) da polpa cítrica sobre o ganho de peso ($Y = 731,5 - 24,654x$, $R^2 = 0,92$) (Tabela 5). Comparando cada nível de inclusão de polpa cítrica com o tratamento controle, foi observada diferença ($P < 0,05$) nos níveis de 8 e 10% de inclusão de polpa para o peso médio, ganho de peso e conversão alimentar, o que pode ser devido ao efeito da fibra contida na polpa utilizada, sobretudo com relação à pectina, uma vez que possui grande capacidade gelificante e estabilizante, o que leva a

menor tempo de transito intestinal diminuindo o aproveitamento dos nutrientes da dieta e menor ganho de peso e peso vivo.

Tabela 6. Desempenho (média \pm erro-padrão) de frangos de corte machos alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis (%)	Ganho de peso (g)	Consumo de ração (g)	Conversão alimentar
1 a 21 dias de idade			
0	726,66 \pm 15,62	1034,73 \pm 20,02	1,424 \pm 0,026
2	698,52 \pm 15,05	1046,76 \pm 21,13	1,501 \pm 0,045
4	686,79 \pm 12,17	1023,95 \pm 8,14	1,493 \pm 0,022
6	674,28 \pm 17,70	1027,40 \pm 14,11	1,528 \pm 0,029*
8	618,89 \pm 15,82*	976,81 \pm 23,78	1,578 \pm 0,025*
10	609,20 \pm 19,08*	958,15 \pm 22,06	1,576 \pm 0,030*
CV (%)	5,152	6,101	5,267
R	L ¹	Ns	Ns
1 a 42 dias de idade			
0	2031,23 \pm 4,5	4391,43 \pm 7,59	2,161 \pm 0,037
2	2532,78 \pm 3,9	4667,36 \pm 7,32	1,843 \pm 0,030
4	2478,94 \pm 3,6	4535,55 \pm 8,68	1,830 \pm 0,028
6	2427,73 \pm 4,5	4418,70 \pm 9,01	1,820 \pm 0,028
8	2364,67 \pm 4,3	4262,76 \pm 9,35	1,803 \pm 0,036
10	2348,17 \pm 3,6	4306,70 \pm 8,72	1,796 \pm 0,030
CV (%)	3,82	6,38	4,43
R	Ns	Q ² =7,83%	L ³

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo. L= efeito linear

¹Y=731,5 -24,654x; R²=0,91

²Y= 4736,4 - 49,706x; R² = 0,89

³Y= 1,8546 - 0,006x; R²=0,98

No período de 1-42 dias de idade houve efeito quadrático dos níveis de polpa cítrica (P<0,05) no consumo de ração (Y= 4812,7- 65,579x - 4,1145x², R² = 0,88) com menor valor apresentado no nível estimado de 7,83% de inclusão de polpa cítrica e efeito linear decrescente dos níveis de polpa cítrica (P<0,05) na conversão alimentar (Y= 1,8546 - 0,006x; R²=0,98). No entanto, o ganho de peso não apresentaram diferenças. Ani et al. (2015) reportaram redução do consumo em aves alimentadas com dietas com inclusão de até 15% de polpa cítrica. A diminuição no consumo pode ter ocorrido pelo teor de tanino e limoneno presente na polpa, o que geralmente dá origem a uma sensação adstringente, diminuindo o apetite das aves alimentadas com dietas com inclusão de polpa. Além disso, os taninos causam deficiências de nitrogênio em bactérias não adaptadas, inibindo a digestão celulolítica, o que pode resultar na depressão do consumo de alimentos (Van Soest, 1994).

Níveis bioquímicos séricos

Os níveis séricos de colesterol total, triglicerídeos e glicose aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 7) não foram influenciados (P>0,05) pela inclusão de polpa cítrica nas dietas de

frangos de corte. No entanto, quando comparados cada nível de inclusão com o tratamento controle, as aves alimentadas com 10% de inclusão de polpa cítrica apresentaram menores níveis séricos de colesterol total. Isto pode ser devido a que a inclusão de alimentos fibrosos reduz as respostas de hormônios metabólicos (insulina, glucagon e triiodotironina), os quais são fatores importantes que determinam o nível de lipogênese hepática em aves (Richards et al., 2003). Além disso, a fibra presente na polpa cítrica pode reduzir os níveis de colesterol no sangue e aumentar a eliminação de ácidos biliares (Ajila et al., 2007) devido ao fato das fibras alimentares possuírem efeitos fisiológicos que são responsáveis por alterações significativas nas funções gastrointestinais, como redução na absorção de nutrientes e aumento da umidade da massa fecal (Lajolo et al., 2001; Botelho et al., 2002), principalmente as fibras solúveis entre elas a pectina, as quais se ligam aos ácidos biliares ou colesterol durante a formação das micelas no intestino delgado, aumentando a excreção destes e, conseqüentemente, diminuindo seus níveis séricos (Burkhalter et al., 2001).

Tabela 7. Níveis bioquímicos séricos (média \pm erro padrão) de frangos de corte machos alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis (%)	Colesterol total	Triglicerídeos	Glicose
21 dias			
0	128,43 \pm 13,04	50,29 \pm 2,95	264,09 \pm 9,19
2	143,43 \pm 9,58	48,43 \pm 8,19	262,11 \pm 10,83
4	110,71 \pm 11,10	50,43 \pm 5,97	223,91 \pm 5,26
6	144,43 \pm 12,32	58,14 \pm 7,62	249,96 \pm 10,92
8	108,86 \pm 7,61	51,29 \pm 6,28	239,77 \pm 12,40
10	95,00 \pm 3,94*	51,43 \pm 6,22	253,48 \pm 10,39
CV (%)	35,42	35,53	20,47
Regressão	Ns	Ns	Ns
42 dias			
0	150,14 \pm 20,62	70,14 \pm 9,66	267,93 \pm 13,15
2	118,86 \pm 4,05	59,43 \pm 8,43	262,29 \pm 9,62
4	124,43 \pm 18,76	64,14 \pm 7,87	222,74 \pm 5,75
6	146,29 \pm 10,56	79,00 \pm 14,67	264,61 \pm 8,07
8	142,43 \pm 14,78	55,67 \pm 2,04	245,21 \pm 14,68
10	107,00 \pm 3,99*	89,86 \pm 16,69	250,49 \pm 8,05
CV (%)	37,46	31,68	21,83
Regressão	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo

O subproduto de laranja possui também tocotrienóis, que têm ação sobre os receptores beta 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 e Sumner, 2002). Chaudry et al. (2004) utilizaram 5% de casca de frutas cítricas em dietas para frangos de corte e reportaram diminuição na

concentração sérica de colesterol, o que é benéfico para a saúde das aves e a qualidade da carne.

Trato gastrointestinal

Aos 21 dias de idade foi observado que os animais alimentados com os maiores níveis de polpa cítrica na dieta apresentaram maior peso relativo de moela, pró-ventrículo, fígado e intestino delgado, sendo que o peso do intestino delgado apresentou uma resposta linear crescente ($P < 0,05$) ($Y = 4,378 + 0,12x$, $R^2 = 0,71$) (Tabela 8). Isto pode ter ocorrido devido ao teor de fibra que pode aumentar o tamanho dos órgãos do trato gastrointestinal (Santomá, 1997). Jorgensen et al. (1996) observaram aumento no peso dos órgãos do trato gastrintestinal de suínos quando adicionaram pectina purificada, devido ao maior tempo de transito do alimento, o que causou o aumento dos órgãos principalmente do intestino delgado e ceco. Aos 42 dias de idade não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no peso relativo dos órgãos (%) e no comprimento do intestino.

Tabela 8. Peso relativo dos órgãos (%) e comprimento do intestino (cm) (média \pm erro padrão) de frangos de corte machos alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis (%)	Moela	Pro-ventriculo	Fígado	Pâncreas	Ceco	Int. Delgado	Comp. Intestino (cm)
21 dias							
0	2,34 \pm 0,14	0,64 \pm 0,04	2,70 \pm 0,08	0,34 \pm 0,01	0,86 \pm 0,05	4,39 \pm 0,13	159,30 \pm 4,31
2	2,72 \pm 0,10*	0,65 \pm 0,03	3,16 \pm 0,09*	0,40 \pm 0,02	0,88 \pm 0,05	4,47 \pm 0,11	162,40 \pm 6,56
4	2,77 \pm 0,12*	0,76 \pm 0,04*	3,05 \pm 0,14*	0,40 \pm 0,03	0,86 \pm 0,05	4,89 \pm 0,22*	169,30 \pm 6,33
6	2,74 \pm 0,12*	0,71 \pm 0,04	2,96 \pm 0,06	0,38 \pm 0,01	0,80 \pm 0,12	4,89 \pm 0,16*	159,00 \pm 6,98
8	2,82 \pm 0,14*	0,71 \pm 0,03	3,07 \pm 0,06*	0,41 \pm 0,03	0,94 \pm 0,03	5,03 \pm 0,17*	160,00 \pm 5,36
10	2,97 \pm 0,13*	0,75 \pm 0,04*	3,02 \pm 0,11*	0,41 \pm 0,02	0,93 \pm 0,05	5,00 \pm 0,18*	157,89 \pm 4,44
CV%	12,162	13,353	8,461	14,425	19,381	9,214	9,44
Reg.	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	L ¹	Ns
42 dias							
0	1,68 \pm 0,08	0,37 \pm 0,02	2,37 \pm 0,11	0,26 \pm 0,02	0,61 \pm 0,04	2,66 \pm 0,09	150,54 \pm 0,06
2	1,42 \pm 0,10	0,80 \pm 0,48	2,11 \pm 0,07	0,23 \pm 0,01	0,60 \pm 0,02	2,45 \pm 0,06	150,66 \pm 0,06
4	1,42 \pm 0,10	0,33 \pm 0,02	2,07 \pm 0,07	0,23 \pm 0,01	0,61 \pm 0,02	2,63 \pm 0,08	150,60 \pm 0,04
6	1,52 \pm 0,09	0,35 \pm 0,02	2,16 \pm 0,10	0,22 \pm 0,01	0,62 \pm 0,02	2,58 \pm 0,10	150,58 \pm 0,06
8	1,45 \pm 0,08	0,38 \pm 0,03	2,30 \pm 0,07	0,26 \pm 0,01	0,64 \pm 0,04	2,80 \pm 0,09	150,77 \pm 0,07
10	1,44 \pm 0,09	0,38 \pm 0,03	2,50 \pm 0,07	0,24 \pm 0,01	0,65 \pm 0,04	2,63 \pm 0,11	150,58 \pm 0,06
CV%	16,037	19,004	9,895	13,072	14,104	8,923	0,102
Reg.	Ns	Ns	Ns ²	Ns	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo L= efeito linear $Y = 4,378 + 0,12x$, $R^2 = 0,71$

O pH do conteúdo do intestino grosso a os 21 e 42 dias de idade e do intestino delgado a os 21 dias (Tabela 9) não apresentou diferença ($P > 0,05$), o que indica que maior inclusão de polpa cítrica na dieta não afectou a microbiota intestinal nem a fermentação cecal. No entanto, aos 42 dias de idade o pH de intestino delgado

apresentou uma resposta quadrática, com menor pH no nível estimado de 5,69% de inclusão de polpa. Quando comparado com o controle, o nível de 10% apresentou um maior pH. A maior inclusão de polpa cítrica na dieta tem menor velocidade de trânsito intestinal, devido pectina contidas no subproduto de laranja têm a capacidade de formar géis e aumentar a capacidade de retenção de água da digesta aumentando a viscosidade intestinal e reduzindo o pH intestinal (Pinheiro, 2007) .

Tabela 9. pH do conteúdo do intestino delgado e ceco (média \pm erro padrão) em frangos de corte machos alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis (%)	pH intestino grosso		pH intestino delgado
		21 dias	
0	6,46 \pm 0,16		6,42 \pm 0,14
2	6,32 \pm 0,20		6,59 \pm 0,06
4	6,49 \pm 0,17		6,65 \pm 0,11
6	6,36 \pm 0,21		6,75 \pm 0,09
8	6,37 \pm 0,29		6,53 \pm 0,13
10	6,53 \pm 0,23		6,56 \pm 0,14
CV (%)	8,413		4,624
Regressão	Ns		Ns
		42 dias	
0	6,56 \pm 0,13		6,44 \pm 0,12
2	6,13 \pm 0,14		6,74 \pm 0,16
4	6,39 \pm 0,31		6,65 \pm 0,10
6	6,45 \pm 0,25		6,27 \pm 0,14
8	6,13 \pm 0,30		6,62 \pm 0,05
10	6,29 \pm 0,19		6,93 \pm 0,07*
CV (%)	9,534		4,515
Regressão	Ns		Q=5,69%

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.
 $Y = 0,0273x^2 - 0,3104x + 7,302$, $R^2 = 0,78$

Morfometria intestinal

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) na morfometria intestinal (altura dos vilos, profundidade de criptas e relação vilo:cripta) para duodeno e jejuno aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 10), das aves alimentadas com diferentes níveis de polpa cítrica, o que é favorável devido a polpa conter 19,79% de fibra bruta, e 21,45% de pectina alguns autores consideram que poderia promover uma sensação de saciedade e aumentar a viscosidade da dieta, provocando alterações na morfometria intestinal, como redução da altura das vilosidades por provocar um maior atrito na mucosa (Jin et al., 1994; Yu e Chiou, 1997).

Tabela 10. Altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm) e relação altura de vilo:profundidade de cripta (média \pm erro padrão) de frangos de corte machos de 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis%	21 dias					
	Altura de vilo		Profundidade de cripta		Relação vilo:cripta	
	Duodeno	Jejuno	Duodeno	Jejuno	Duodeno	Jejuno
0	1.121,81 \pm 35,21	621,46 \pm 27,52	41,74 \pm 0,99	35,54 \pm 0,98	27,39 \pm 0,55	17,02 \pm 0,96
2	1.149,93 \pm 46,43	549,56 \pm 47,88	41,77 \pm 2,36	34,17 \pm 1,84	29,46 \pm 3,27	16,23 \pm 1,58
4	1.069,17 \pm 71,76	643,62 \pm 44,06	46,87 \pm 9,88	31,94 \pm 7,42	21,01 \pm 0,63	16,60 \pm 1,98
6	1.132,05 \pm 81,83	504,01 \pm 49,75	46,00 \pm 14,98	31,93 \pm 4,36	26,11 \pm 1,75	12,85 \pm 1,01
8	1.188,81 \pm 53,79	605,50 \pm 44,99	42,30 \pm 2,24	37,14 \pm 1,64	28,52 \pm 1,00	14,84 \pm 1,05
10	1.132,95 \pm 71,07	585,78 \pm 30,68	42,84 \pm 58,43	34,70 \pm 1,71	25,26 \pm 1,63	14,26 \pm 0,88
CV(%)	10,95	12,02	9,02	15,11	10,01	15,62
Reg.	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Níveis%	42 dias					
	Altura de vilo		Profundidade de cripta		Relação vilo:cripta	
	Duodeno	Jejuno	Duodeno	Jejuno	Duodeno	Jejuno
0	1.359,05 \pm 50,01	945,82 \pm 8,99	44,45 \pm 0,81	42,30 \pm 0,91	29,09 \pm 0,87	22,61 \pm 0,70
2	1.383,93 \pm 27,39	914,31 \pm 12,47	43,78 \pm 2,27	41,62 \pm 1,93	30,18 \pm 1,19	22,12 \pm 1,19
4	1.308,12 \pm 35,87	979,00 \pm 61,60	51,37 \pm 3,08	50,46 \pm 1,53	24,63 \pm 1,41	19,60 \pm 1,83
6	1.420,45 \pm 26,53	943,90 \pm 9,00	41,23 \pm 4,27	41,42 \pm 6,86	17,83 \pm 2,86	11,13 \pm 1,76
8	1.295,00 \pm 8,40	841,76 \pm 37,53	34,16 \pm 1,74	30,54 \pm 5,32	17,25 \pm 0,30	10,46 \pm 0,38
10	1.363,23 \pm 0,58	737,35 \pm 3,76	30,01 \pm 1,05	30,10 \pm 2,53	19,57 \pm 0,40	10,94 \pm 0,93
CV (%)	5,42	7,02	8,75	6,95	10,05	11,01
Reg.	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.

Qualidade físico-química da carne

Avaliando as variáveis da qualidade da carne de coxa e peito aos 42 dias de idade (Tabela 11 e 12), não houve diferença para qualidade da carne em função dos diferentes níveis de inclusão de polpa ($P>0,05$). A carne dos animais alimentados com as dietas com inclusão de polpa cítrica poderiam ter apresentado aumento da cor amarela, devido aos teores de pigmentos carotenos e xantofilas contidos no subproduto.

Tabela 11. Características de qualidade da carne de peito (média \pm erro padrão) mensurada em frangos de corte machos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis (%)	pH	L*	a*	b*	PPC %	CRA %	FC (kgf/cm ²)
0	6,68 \pm 0,07	47,70 \pm 0,85	6,52 \pm 0,46	2,46 \pm 0,37	22,58 \pm 1,28	75,80 \pm 2,16	2,77 \pm 2,83
2	6,56 \pm 0,05	46,09 \pm 0,84	7,45 \pm 0,35	2,48 \pm 0,60	24,39 \pm 0,89	77,12 \pm 1,28	2,49 \pm 1,07
4	6,64 \pm 0,11	46,25 \pm 0,59	7,41 \pm 0,66	2,93 \pm 0,67	21,71 \pm 1,90	78,79 \pm 1,16	2,51 \pm 0,99
6	6,30 \pm 0,22	45,40 \pm 0,69	6,26 \pm 0,51	2,56 \pm 0,30	24,17 \pm 0,91	77,54 \pm 0,97	3,00 \pm 1,37
8	6,50 \pm 0,18	45,73 \pm 0,86	7,44 \pm 0,86	2,55 \pm 0,67	27,04 \pm 1,47	77,70 \pm 1,82	2,77 \pm 1,85
10	6,46 \pm 0,11	46,20 \pm 0,81	6,99 \pm 0,63	2,42 \pm 0,52	21,04 \pm 0,93	78,10 \pm 0,76	2,66 \pm 2,82
CV %	5,58	4,45	7,71	7,89	5,64	5,34	18,56
R	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

L*=Luminosidade, a*=Intensidade de vermelho/verde, b*=Intensidade de amarelo/azul, PPC= Perda por cocção, CRA=capacidade de retenção de água, Força de cisalhamento.

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.

São conhecidos, aproximadamente, 600 tipos de carotenoides (Chitarra e Chitarra, 2005; Oreopoulou e Tzia, 2007), que se encontram principalmente no pericarpo exterior, na casca, sementes e, em menor grau, na polpa (Kalt, 2005). Além disso, Mourão et al. (2008) reportaram a redução da cor vermelha da pele do peito, devido aos baixos níveis de moléculas bioativas vermelhas contidas na polpa, e ao teor de fibras solúveis da polpa cítrica, que afetam a digestão e a absorção intestinal destes pigmentos.

Tabela 12. Qualidade da carne da coxa (média \pm erro padrão) mensurada em frangos de corte machos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis (%)	pH	L*	a*	b*
0	6,47 \pm 0,08	54,89 \pm 0,99	10,01 \pm 0,49	2,79 \pm 0,38
2	6,70 \pm 0,06	55,57 \pm 1,64	10,05 \pm 0,78	2,21 \pm 0,70
4	6,58 \pm 0,06	53,31 \pm 1,10	9,98 \pm 0,54	3,29 \pm 0,74
6	6,72 \pm 0,06	53,50 \pm 1,11	11,13 \pm 1,25	3,57 \pm 0,69
8	6,55 \pm 0,11	54,93 \pm 1,32	10,04 \pm 0,69	2,50 \pm 0,44
10	6,64 \pm 0,06	54,90 \pm 0,92	11,08 \pm 0,83	3,76 \pm 0,86
CV (%)	2,89	5,85	6,54	8,96
R	Ns	Ns	Ns	Ns

L*=Luminosidade, a*=Intensidade de vermelho/verde, b*=Intensidade de amarelo/azul *Diferente pelo teste de Dunnett a 5%.
CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.

Oxidação lipídica da carne

Avaliando a oxidação lipídica da carne (Tabela 13) equivalente em malonaldeído, observou-se interação ($P < 0,0001$) entre o nível de inclusão de polpa e o período de armazenamento para a produção de malonaldeído (MDA). De modo geral, a produção de malonaldeído na carne da coxa de frangos aumentou em função dos dias de armazenamento (Figura 1).

Tabela 13. Evolução da oxidação lipídica (mg de MDA/kg) (média \pm erro padrão) da carne da coxa de frangos alimentados com dietas com dietas contendo níveis de polpa cítrica, em diferentes dias de armazenamento.

Níveis (%)	Dias de armazenamento				Média do tratamento
	0	30	60	90	
0	0,592 \pm 0,002	0,772 \pm 0,003	0,958 \pm 0,002	1,050 \pm 0,002	0,843
2	0,590 \pm 0,004	0,745 \pm 0,001	1,032 \pm 0,002	0,985 \pm 0,002	0,838
4	0,583 \pm 0,002	0,733 \pm 0,002	0,993 \pm 0,007	1,015 \pm 0,004	0,824
6	0,608 \pm 0,003	0,743 \pm 0,003	0,983 \pm 0,002	1,095 \pm 0,001	0,857
8	0,602 \pm 0,002	0,793 \pm 0,004	0,985 \pm 0,004	0,973 \pm 0,003	0,838
10	0,583 \pm 0,001	0,705 \pm 0,008	0,911 \pm 0,002	0,940 \pm 0,003	0,810
Media do dia	0,593	0,760	0,960	1,010	
CV (%)					12,27
Nível					0,2877
Dia					<0,0001
Nível x Dia					<0,0001

No dia 0 de armazenamento e aos 30 dias, não houve diferença significativa para os tratamentos. No entanto, com 60 dias de armazenamento, a partir do nível de 4% de inclusão de polpa cítrica, a concentração de MDA foi menor, se comparada com o tratamento controle e com a inclusão de 2%. Com 90 dias de armazenamento, a concentração de MDA dos tratamentos com adição de 8 e 10% de polpa cítrica resultaram em menores níveis de malonaldeído, apresentando assim uma menor oxidação e uma maior vida útil da carne. Os resultados deste estudo sugerem que a inclusão de polpa cítrica em até 10% na dieta de frangos de corte afeta o processo de peroxidação, provavelmente devido ao maior teor de compostos fenólicos contidos na polpa, o que indica uma melhoria da vida útil da carne, devido ao alto teor de fenóis contidos na casca de laranja, entre eles os betacarotenos (Ghazi, 1999), com enorme potencial de neutralizar os processos da peroxidação lipídica enzimática (Mtambo et al., 2000), com a finalidade de manter a qualidade e retardar o processo de oxidação lipídica da carne de frangos.

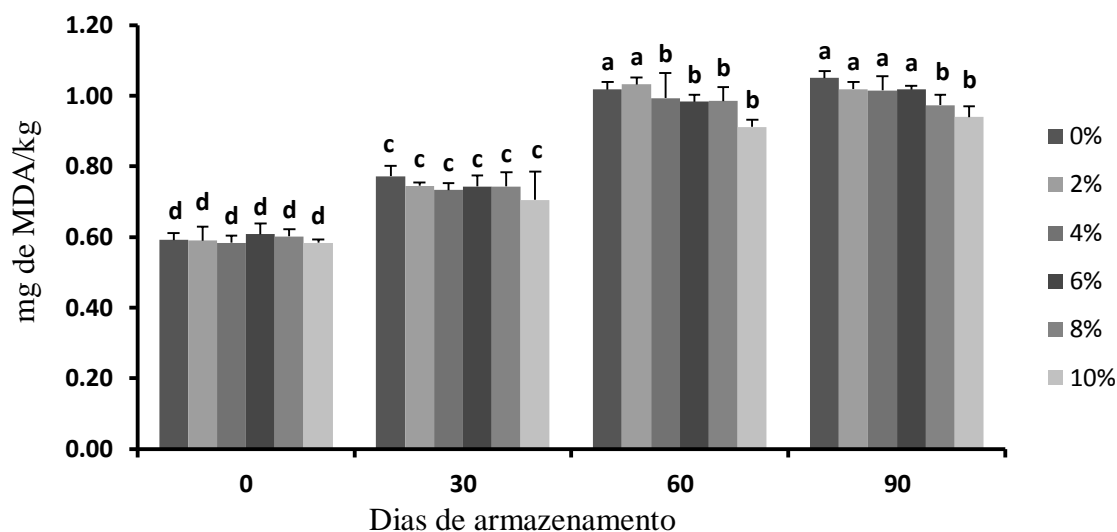


Figura 1. Efeito dos níveis de inclusão de polpa cítrica (%) sobre a produção de MDA da carne da coxa de frangos em diferentes dias de armazenamento a -18°C .

Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: com atividade enzimática, que são compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, por serem enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. E a segunda classe são os sem atividade enzimática; estes são moléculas que interagem com os radicais e são consumidas durante a reação. Além disso, é importante ressaltar que as sobrecoxas dos frangos de corte são um dos principais depósitos de gordura subcutânea das aves, a qual é formada principalmente por ácidos graxos poli-insaturados. Devido a isso, a carne de

frango apresenta uma alta deterioração da qualidade pela oxidação lipídica (Gray et al., 1996), já que no processo de oxidação ocorre a oxidação das gorduras altamente insaturadas, principalmente dos ácidos graxos poli-insaturados (Adegoke et al., 1998), demonstrando porque o início da oxidação da carne de frango avaliada neste estudo se deu de forma rápida e não foi satisfatoriamente detida pelos compostos fenólicos contidos na polpa.

Parâmetros ósseos

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no diâmetro dos ossos, no índice de Seedor, na resistência óssea e na composição de cinzas nos ossos (Tabela 14) aos 42 dias de idade das aves que receberam as dietas com níveis de inclusão de polpa. As variáveis ósseas (diâmetro dos ossos, índice de Seedor, e resistência dos ossos) se mantiveram similares ao controle, demonstrando assim que o teor de fibra contido na polpa não reduziu a disponibilidade dos minerais como reportado por Eggum (1995) e Dintzis et al. (1995), sendo que ao teor de oxalato contido na polpa varia de 0,033 a 0,048% (Kumar, 1991), o que poderia ter reduzido a disponibilidade de minerais essenciais na dieta, tais como cálcio.

Tabela 14. Características ósseas da tíbia (média \pm erro padrão) de frangos de corte machos, alimentados com dietas contendo níveis de polpa cítrica.

Níveis (%)	Diâmetro (mm)	Índice Seedor	Resistência Óssea (kgf)	Cinzas (g/kg)
0	8,38 \pm 0,15	193,45 \pm 4,99	32,62 \pm 1,24	29,59 \pm 0,97
2	8,94 \pm 0,27	199,99 \pm 4,99	34,23 \pm 1,72	30,70 \pm 0,64
4	9,06 \pm 0,24	199,26 \pm 6,53	35,07 \pm 2,30	29,15 \pm 0,78
6	9,22 \pm 0,14	190,67 \pm 3,65	33,60 \pm 2,64	30,33 \pm 1,01
8	9,13 \pm 0,28	199,29 \pm 4,01	36,85 \pm 2,53	30,04 \pm 0,30
10	9,05 \pm 0,21	201,58 \pm 4,65	36,80 \pm 1,55	29,09 \pm 0,62
CV (%)	7,06	7,20	7,24	7,27
R	Ns	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.

Rendimento de carcaça

O rendimento de coxa e sobrecoxa, asa, dorso e percentagem de gordura abdominal dos frangos aos 42 dias de idade (Tabela 15) não apresentaram diferenças ($P > 0,05$). O rendimento de carcaça e peito apresentaram menores valores com 7,93 e 7,90% de inclusão de polpa cítrica ($P < 0,05$) respectivamente. O que pode estar relacionado com o menor consumo de ração que foi observado no nível estimado de 7,96% de inclusão de polpa cítrica e que pode ter ocorrido pela baixa palatabilidade causada pelo teor de tanino e limoneno presente na polpa.

Além disso, a polpa da laranja é potencialmente uma excelente fonte de fibras, com 47,9% de fibras dietéticas insolúveis, (celulose, hemicelulose e lignina), 20,7% de fibras solúveis (pectinas, algumas hemiceluloses, gomas e mucilagens) e 23,6% de pectina (Bortoluzzi e Marangoni, 2006), e pode ser devido ao teor de fibras insolúveis se dá o aumento da motilidade intestinal pela maior estimulação da parede do trato gastrintestinal, aumentando o volume do bolo intestinal e diminuindo a taxa de passagem e o tempo de contato dos nutrientes com as enzimas digestivas, diminuindo assim a digestibilidade dos alimentos e a absorção dos nutrientes (Araújo et al., 2008).

Tabela 15. Rendimento (%) de carcaça e cortes e porcentagem (%) de gordura abdominal (média \pm erro padrão) de frangos de corte mensurados aos 42 dias de idade.

Níveis (%)	Carcaça	Peito	Asa	Coxa	Dorso	Gordura
0	70,89 \pm 2,73	27,38 \pm 0,97	7,71 \pm 0,35	22,82 \pm 1,16	12,68 \pm 0,50	1,54 \pm 0,15
2%	70,80 \pm 0,33	29,35 \pm 0,65	7,58 \pm 0,11	21,57 \pm 0,43	12,00 \pm 0,27	0,98 \pm 0,18
4%	69,95 \pm 0,44	28,01 \pm 0,50	7,40 \pm 0,11	22,02 \pm 0,47	12,36 \pm 0,14	1,19 \pm 0,21
6%	68,14 \pm 0,89	26,38 \pm 0,87	7,35 \pm 0,11	21,32 \pm 0,24	12,33 \pm 0,18	1,12 \pm 0,23
8%	65,48 \pm 2,22	24,82 \pm 1,42	7,30 \pm 0,16	21,36 \pm 0,58	11,84 \pm 0,35	0,99 \pm 0,12
10%	66,09 \pm 0,14	26,71 \pm 0,67	7,43 \pm 0,05	21,66 \pm 0,38	12,66 \pm 0,42	1,21 \pm 0,25
CV (%)	5,75	8,75	6,25	7,50	7,16	3,69
R	Q ¹ =7,93%	Q ² =7,90%	Ns	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. . R= Regressão quadrática. Ns = Não-significativo. Q= efeito quadrático.

¹Y=74,854-3,9847x+0,5193x², R²=0,68; ²Y=32,86-3,6456 x+0,4664x², R²=0,87

Viabilidade econômica

A análise econômica da inclusão de polpa cítrica em rações para frangos de corte de 1 a 42 dias, com base nos dados de ganho de peso e o consumo de ração para ajustar as equações para estimar o preço máximo da polpa a ser pago conforme o nível de inclusão de polpa cítrica está expresso na Tabela 16. Aplicando-se os preços médios dos ingredientes às equações ajustadas, foram constatados os índices de +0,07; +0,10; +0,16; +0,27; +0,40 de polpa para os níveis de 2, 4, 6, 8 e 10%, respectivamente. Desta forma, os níveis com inclusão de polpa mostraram-se economicamente viáveis, justificando a inclusão da polpa em até 10%.

Tabela 16. Análise econômica da inclusão da polpa cítrica de laranja em rações para frangos de corte de 1 a 42 dias.

POLPA (%)	Equações	IBE
2,0	$PMPOLPA\ 2,0\% \leq -0,614909*PFR -0,844672*PMI -0,805183*PFS -0,196213*POL -0,034289*PFB -0,022761*PCA -0,011824*PVM -0,010890*PSA -0,010651*PLI -0,010890*PME -0,008052*PTR$	1,032
4,0	$PMPOLPA\ 4,0\% \leq +0,288624*PFR +0,482327*PMI -0,277972*PFS -0,213706*POL -0,012277*PFB -0,008149*PCA -0,004233*PVM -0,006396*PSA -0,006131*PLI -0,006396*PME -0,005380*PTR$	1,049
6,0	$PMPOLPA\ 6,0\% \leq -0,201090*PFR +0,862765*PMI -0,101601*PFS -0,203848*POL -0,002112*PFB -0,003615*PCA -0,001878*PVM -0,004840*PSA -0,004723*PLI -0,004840*PME -0,004390*PTR$	1,040
8,0	$PMPOLPA\ 8,0\% \leq -0,095859*PFR +1,406948*PMI +0,146047*PFS -0,174048*POL +0,005627*PFB +0,002905*PCA +0,001509*PVM -0,002807*PSA -0,002901*PLI -0,002807*PME -0,003044*PTR$	1,114
10,0	$PMPOLPA\ 10,0\% \leq -0,183923*PFR +1,288766*PMI +0,085251*PFS -0,168593*POL +0,002282*PFB +0,001515*PCA +0,000787*PVM -0,003208*PSA -0,003357*PLI -0,003208*PME -0,003397*PTR$	1,099

PMPOLPA, preço máximo do POLPA para que tenha a mesma eficiência econômica da ração sem POLPA (nível zero de inclusão), PFR: preço do kg de frango vivo, PMI: preço do kg de milho, PFS: preço do kg do farelo de soja, POL: preço do kg do óleo de soja, PFB: preço do kg do fosfato bicálcico, PCA: preço do kg do calcário, PMV, preço do kg do suplemento vitamínico mineral, PSA: preço do kg do sal, PLI: preço do kg da lisina, PME: preço do kg da DL-metionina, PTR: preço do kg da L-Treonina, IBE = Índice Bioeconômico.

Conclusão

A polpa cítrica apresentou 1311 kcal de EMAn/kg de MS e 9,62% de proteína bruta, podendo ser utilizada em até 10,0% de inclusão nas rações para frangos de corte, no período de 1 a 42 dias de idade, sem prejuízos ao desempenho, à morfometria intestinal, aos órgãos do trato gastrointestinal, características ósseas, a qualidade da carne e rendimento de carcaça. Esse alimento também apresentou melhoras nos níveis séricos de colesterol, sobre a oxidação lipídica da carne em até 90 dias de armazenamento e com melhores índices econômicos.

Refêrencias

- Adegoke, G. O, K. M. Vijay, K. A. G. Gopala, M. C. Varadaraj, K. Sambaiah, and B. R. Lokesh. 1998. Antioxidants and lipid oxidation in food - a critical appraisal. *J. Food Sci. Technol.* 35:283-298.
- Ajila, C. M., K. A. Naidu, S. G. Bhat, and U. J. S. Prasada-Rao. 2007. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry.* 105: 982–988.
- Alves, R. E., E. A. Brito, M. S. M. Rufino, and C. G. Sampaio. 2008. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: A case study with acerola. *Acta Hort.* 773:299-305.
- Amerah, A. M., and Ravindran, V. 2008. Influence of method of whole-wheat feeding on the performance, digestive tract development and carcass traits of broiler chickens. *Anim Feed Sci Tech.*147: 326-339.
- Ani, A. O., E. A. Iloh, and O. O. Akinsola. 2015. Dietary Effect of Processed Orange Peels on Growth Performance of Broiler Finisher Birds. *Brit. J. Appl. Sci. Tech.* 9:576-583.
- Araujo D. M., J. H. V. Silva, E. C. Miranda, J. A. Araujo, P. F. G. Costa, and M. E. Teixeira. 2008. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. *Rev. Bras. Zootecn.* 37:843-848.
- Associação Brasileira de Proteína Animal- ABPA. Pesquisa produção brasileira de carne frango at: <<http://abpa-br.com.br/>>. Accessed on: Janeiro. 2016.
- Badiale-Furlong, E., E. Colla, D. S. Bortolato, A. L. M. Baisch, and L. A. Souza-Soares. 2003. Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. *Vetor.* 13:105-114.
- Bampidis, V. A. and P. H. Robinson. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.*128:75-217.
- Bedford, M. R., H. L. Classe, and G. L. Campbell. 1991. The effect of pelleting, salt and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broiler fed rye. *Poultry Sci.*70: 1571-1577.
- Bloor, S. J. 2001. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. *Methods Enzymol.* 335: 03-14.
- Bortoluzzi, R. C. and C. Marangoni. 2006. Caracterização da fibra dietética obtida da extração do suco de laranja. *Rev. Bras. Prod. Agroind.* 8: 61-66.
- Botelho, L., A. Conceição, and V. D. Carvalho. 2002. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi ‘Smooth cayenne’. *Ciênc. Agrotécnicas.* 26:362-367.
- Boulianne, M., and A. J. King. 1995. Biochemical and color characteristics of skinless bone less papel chicken breast meat. *Poult. Sci.* 74:1693-1698.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebens Wiss. Technol.* 28: 25-30.
- Brito, M. S., C. Franklin, S. Oliveira, and T. Rocha. 2008. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos - Revisão. *Acta Vet. Bras.* 2:111-117.

- Burkhalter, T. M., N. R. Merchen, L. L. Bauer, S. M. Murray, A. R. Patil, J. L. Brent, and G. C. Fahey-Jr. 2001. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. *J. Nutr.* 131:1978-1985.
- Carvalho, M. P. 1995. Citros. p. 171-214. In: Anais do simpósio sobre nutrição de bovinos. Piracicaba: FEALQ.
- Chaudry, M. A., A. Badshah, N. Bibi, A. Zeb, T. Ahmed, S. Ali, and U. Ter-Meulen. 2004. Citrus waste utilization in poultry rations. *Arch. Geflügelk.* 68:206-210.
- Chitarra, M. I. F., and A. B. Chitarra. 2005. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA. 785.
- Dintzis, F. R., J. A. Laszlo, T. C. Nelsen, F. L. Baker, and C. C. Calvert. 1995. Free and total ion concentrations in pig digesta. *J. Anim. Sci.* 73:1138-1146.
- Eggum, B. O. 1995. The influence of dietary fibre on protein digestion and utilization in monogastrics. *Arch. Tierernahr.* 48:89-95.
- Ghazi, A. 1999. Extraction of β -carotene from orange peels. *Food Nahrung.* 43:274-277.
- Gonçalves, L. C. 2001. Reciclagem das cascas da laranja pêra na produção de suplemento alimentar de fibras solúveis (pectina). Proc. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, PB: ABES. (Abstr.)
- González-Alvarado, J. M., E. Jimenez-Moreno, R. Lázaro, and G. G. Mateos. 2007. 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. *Poult. Sci.* 86:1705-1715.
- Gray J. I., E. A. Goma, D. J. Buckley. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* 43:S111-S123.
- Grigelmo-Miguel, N., M. I. Abadias-Serós, and O. Martín-Belloso. 1999. Characterization of low-fat high – dietary fiber frankfurtes. *Meat Sci.* 53: 247-256.
- Guidoni, A. L., D. L. Zanotto, and C. Bellaver. 1997. Método alternativo na análise bioeconômica de experimentos com alimentação de suínos. p.106. proc. Anais da 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Juiz de Fora.(abstract).
- Hetland, H., M. Choct, and B. Svihus, 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poult. Sci.* 60:415-422.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49:447-457.
- Jayaprakasha, G. K. and B. S. Patil. 2007. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food Chem.* 101:410-418.
- Jin, L., L. P. Reynolds, D. A. Redner, J. S. Caton, and J. D. Crenshaw. 1994. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation and morphology in pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2270-2278.

- Jorgensen, H., X. Q. Zhao, K. E. B. Knudsen, and B. O. Eggum. 1996. The influence of dietary fiber source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *Brit. J. Nutr.* 75:379-395.
- Kalt W. 2005. Effects of production and processing factor on major fruit and vegetable antioxidants. *J. Food Sci.* 70:11-19.
- Klimczak, I., M. Małecka, M. Szlachta, and A. Gliszczyńska-Świgło. 2007. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *J. Food Composit. Anal.* 20:313-322.
- Kumar, R. 1991. Antinutritional Factors, the Potential risks of toxicity and methods to alleviate them. *Proc. Anais do Proceeding of FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute, Kuala Lumpur, Malaysia.* (Abstr)
- Lajolo, F. M., F. S. Calixto, E. W. Penna, and E. W. Menezes 2001. Fibra dietética em Iberoamérica: Tecnologia y salud. *Varela.* 1:472.
- Liu, K. 2004. *Soybean as Functional Foods and Ingredients.* Lincoln: CRC Press.
- Matterson, L. D., L. M. Potter, and N. W. Stutz, 1965. The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens. p.11. Storrs: University of Connecticut - Agricultural Experiment Station.
- Melo, E. A., M. I. S. Maciel, V. A. G. L. Lima, and R. J. Nascimento. 2008. Capacidade antioxidante de frutas. *Rev. Bras. Ciênc. Farm.* 44:193-201.
- Montagne, L., J. R. Pluske, and D. J. Hampson. 2003. A review of interactions between dietary fibre and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Tech.* 108:95-117.
- Mourao, J. L., V. M. Pinheiro, A. M. Prates, R. J. B. Bessa, and L. M. A. Ferreira. 2008. Effect of dietary dehydrated pasture and citrus pulp on the performance and meat quality of broiler chickens. *Poult. Sci.* 87: 733-743.
- Mtambo, M. M. A., E. J. Mushi, L. D. B. Kinabo, M. A. Maeda, Y. Chen, C. Yen, Y. Wong, A. Bosco, C. Castellini, and B. A. Dal. 2000. With vitamin E the meat of rabbits is improved. *Rev. Coniglicultura.* 37:38-43.
- Nakamura, M., and K. Katok. 1985. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. *Bull. Ishikawa Prefec. Coll. Agric.* 11:45-49.
- National Research Council - NRC. 1996. *Nutrients requeriments of beef cattle.* 7.ed. Washington, D.C.
- Oliveira, A. F. G., L. D. G. Bruno, E. N. Martins, E. R. M. Garcia, A. C. Monteiro, M. C. P. Leite, P. C. Pozza, and C. P. Sangali. 2014. Efeito da densidade de criação e do grupo genético sobre a composição mineral e desenvolvimento de ossos longos de frangos de corte. *Cienc. Agr.* 35:1023-1034.
- Oliveira, P. B., A. E. Murakami, E. R. M. Garcia, M. Macari, and C. Scapinello. 2000. Influência de Fatores Antinutricionais da *Leucena* (*Leucaena leucocephala* e *Leucaena cunningham*) e do Feijão Guandu (*Cajanus cajan*) Sobre o Epitélio Intestinal e o Desempenho de Frangos de Corte. *Rev. Bras. Zootec.* 29:1759-1769.

- Olivo, R., A. L. Soares, E. I. Ida, and M. Shimokomaki. 2001. Dietary vitamin e inhibits poultry pse and improves meat functional properties. *J. Food Biochem.* 25:271-283.
- Oluremi O. I. A., F. N. Okafor, A. Y. Adenkola, and K. T. Orayaga. 2010. Effect of Fermentation of Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Fruit Peel on its Phytonutrients and the Performance of Broiler Starter. *Inter. J. Poult Sci.* 9:546-549.
- Oreopoulou, V., and C. Tzia, 2007. Utilization of Plant By-Products for the Recovery of Proteins, Dietary Fibers, Antioxidants, and Colorants. Utilization of by Products and Treatment of Waste in the Food Industry. 2:209-232.
- Ortiz, L.T., C. Alzueta, J. Treviño, and M. Castaño. 1994. Effects of faba beans tannins on the growth and histological structure of the intestinal tract and liver of chicks and rats. *British Poult. Sci.* 35:743-754.
- Pinheiro, C. C., J. C. C. Rego, T. Ramos, B. K. R. Silva, and M. B. Warpechowski. 2008. Digestibilidade dos Nutrientes e Desempenho de Frangos de Corte Consumindo Dietas Formuladas com Diferentes Níveis de Fibra e Suplementadas com Enzimas Exógenas. *Ci. Anim. Bras.* 9:984-996.
- Richards, M. P., S. M. Poch, C. N. Coon, R. W. Rosebrough, C. M. Ashwell, and J. P. McMurtry. 2003. Feed restriction significantly alters lipogenic gene expression in broiler breeder chickens. *J. Nutr.* 133:707-715.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. p.186. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- Sakomura, N. K. and H. S. Rostagno. 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. FUNEP, Jaboticabal.
- Sakomura, N. K., and H. S. Rostagno. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 283p. FUNEP, Jaboticabal.
- Santomá, G. 1997. Máximo de fibra en cerdos en cebo. Factores que influyen sobre el rendimiento de la canal. p. 1-30. In: Anais do 13º Efecto de la fibra sobre el rendimiento de la canal. Madri, Curso de especializacion fedna.
- Seedor, J. G., H. A. Quartuccio, and D. D Thompson. 1991. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. *J. Bone Miner. Res.* 6:339-346.
- Seedor, J. G., H. A. Quartuccio, and D. D. Thompson. 1991. The biophosphonate alendronate (MK – 217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. *J Bone Miner Res.* 6: 339-346.
- Silva, D. J., and A. C. Queiroz. 2002. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. 235p. 3.ed. UFV, Viçosa.
- Smith, M. O. 1993. Parts yield of broilers reared under cycling high temperatures. *Poult. Sci.* 72:1146-1150.

- Sorensen, G., and S. S. Jorgensen. 1996. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. *Z. Lebensm Unters Forsch.* 202:205-210.
- Tulenko, T. N., and S. E. Sumner. 2002. The physiology of lipoproteins. *J. Nucl. Cardiol.* 9:638-649.
- Valadares-Filho, S. C., K. A. Magalhães, V. R. Rocha-Jr, and E. R. Capelle., 2006. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. p.329. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. p.476. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press.
- Van-Laack, R. L. J. M., C. H. Liu, M. O. Smith, and H. D. Loveday. 2000. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poult. Sci.* 79:1057-1061.
- Vasco, C., J. Ruales, and A. Kamal-Eldin. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chem.* 111:816–823.
- Veer, P., M. C. J. F. Jansen, M. Klerk, and F. J. Kok. 2000. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. *Public. Health Nutr.* 3:103-107.
- Yu, B. and W. S. Chiou. 1997. The morphological changes of intestinal mucosa in growing rabbits. *Lab. Anim.* 31:254-63.

POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS

Resumo: Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização e os efeitos da inclusão de polpa cítrica na alimentação de poedeiras. Foram utilizadas 336 aves Hy-line W36, com 38 semanas de idade, distribuídas em delineamento experimental casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de polpa cítrica), sete repetições e oito aves por unidade experimental. O desempenho produtivo foi avaliado durante quatro ciclos de 28 dias cada, e a qualidade dos ovos foi avaliada nos quatro últimos dias de cada ciclo. A estabilidade oxidativa dos ovos foi realizada sob um esquema fatorial 6x7x2 (6 níveis de inclusão, 7 períodos de armazenamento e 2 ambientes: 4 e 22°C). Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho, qualidade dos ovos, valores de colesterol total, glicose e triglicérides séricos. A medição da oxidação lipídica dos ovos indicou que houve interação ($P<0,05$) entre o nível de inclusão de polpa cítrica x período de armazenamento x ambiente. Comparando os tratamentos do ambiente refrigerado com o não refrigerado mediante o teste de Tukey foi observado que os tratamentos do ambiente refrigerado apresentaram menor concentrações de malonaldeído. Avaliando os tratamentos dentro de cada ambiente foi observado que no o tratamento com 10% de inclusão de polpa apresentou menor oxidação. A inclusão de mais de 6% de polpa na dieta aumenta o tempo de prateleira devido o seu efeito protetor na oxidação dos lipídeos, principalmente no ambiente refrigerado, indicando menor oxidação e melhores indicadores econômicos, sendo economicamente viável a utilização de até 10% de polpa cítrica na dieta das galinhas poedeiras.

Palavras chaves: Armazenamento, oxidação, produtividade, subproduto.

CITRUS PULP IN THE DIET OF COMMERCIAL LAYING HENS

Abstract: This study evaluated the use and effects of orange waste (citrus pulp) inclusion in the feeding of commercial laying hens on performance parameters, egg quality, serum cholesterol levels, and the economic feasibility. For that, 336 38-week-old Hy-line W36 strain birds in the first production cycle were distributed in a completely randomized design with six treatments (0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 and 10.0% inclusion of citrus pulp in the feeding), seven replicates and eight birds each. There was no difference ($P > 0.05$) for performance parameters, egg quality, total serum cholesterol, glucose and triglycerides. Measurement of lipid oxidation eggs indicated that there was interaction ($P < 0.05$) between the level of inclusion of citrus pulp x ambient storage. The measurement of the lipid oxidation of the eggs indicated that there was interaction ($P < 0.05$) between the level of inclusion of citrus pulp x period of storage x environment. Comparing the treatments of the refrigerated and non-refrigerated environment with the Tukey test, it was observed that the treatments with 10% of pulp inclusion showed lower oxidation. The inclusion of more than 6% of pulp in the diet increases shelf life due to its protective effect on lipid oxidation, especially in the non-refrigerated environment, which is the way the eggs are normally on the market indicating less oxidation and better economic indicators, being economically feasible to use up to 10% of citrus pulp in the diet of laying hens.

Key words: Storage, oxidation, productivity, by-product.

Introdução

A indústria avícola brasileira, no ano de 2016, atingiu uma produção aproximada de 3,25 bilhões de dúzias de ovos (AVISITE, 2017). A fim de continuar aumentando a produção com baixo custo, faz-se necessária a busca de ingredientes ou alimentos alternativos capazes de substituir o milho, total ou parcialmente, que não tenham um impacto negativo sobre a eficiência de produção, que melhorem as qualidades do produto final e o estado fisiológico dos animais, considerando que a alimentação é a fração mais onerosa na produção avícola. Entre estes, estão os subprodutos da indústria alimentícia, que se tornam interessantes devido aos compostos presentes nas frutas, como tocoferóis, ácidos fenólicos, flavonoides, vitamina C e carotenoides, que apresentam mecanismos complementares para neutralizar os radicais livres, estimular o sistema imune, regular a expressão gênica na proliferação celular, na apoptose e no metabolismo dos hormônios, com ação antioxidante, antimicrobiana, efeitos antibacterianos e antivirais (Liu, 2004). Além de apresentarem elevação nos índices zootécnicos, esses subprodutos industriais podem diminuir os processos de oxidação lipídica dos ovos, aumentando seu tempo de prateleira.

Um dos subprodutos industriais grandemente produzidos no Brasil é a polpa cítrica, oriunda do processamento de suco industrial de laranja. O Brasil é o maior produtor de laranjas no mundo, seguido por EUA, China, Índia, México, Egito e Espanha. O país produz 53% da produção mundial de suco de laranja, e ainda é responsável por 85% da exportação mundial do produto (IBGE, 2015). Entre os subprodutos da agroindústria de sucos, a polpa cítrica tem despertado interesse, pois representa 50% do peso da fruta (Corraza et al., 2001) e é composta por casca, sementes e bagaço (Fegeros et al., 1995), obtida após duas prensagens, que reduzem sua umidade a 65-75% (Teixeira, 2001).

Os subprodutos são compostos por sementes, membrana carpelar e vesículas, ricos em pectina, celulose e polissacarídeos hemicelulósicos, com perfil de carboidratos muito diferente dos ingredientes normalmente utilizados na alimentação animal, podendo ser considerado um ingrediente energético (Franzolin e Franzolin, 2000). A polpa cítrica apresenta elevado teor de FDN (22%), pectina (22 a 25%), de polissacarídeos não amiláceos (32,4%), e valores médios de 90% de MS, 6% de PB, 2% de EE, 6% de MM, 74% de ENN, 25% de FDN, 1% de lignina, 0,2% de amido, 1,59% de cálcio e 0,08% de fósforo (Bampidis e Robinson, 2006; Carvalho, 1995). Os

compostos fenólicos contidos na polpa cítrica têm efeito antioxidante, antimicrobiano, anti-inflamatório e vasodilatador (Degáspari e Waszczyński, 2004).

Os subprodutos da agroindústria de frutas têm diferentes propriedades que podem ajudar a melhorar os índices produtivos, atendendo às exigências do mercado consumidor e sendo uma solução para a redução de poluentes industriais, uma vez que os subprodutos agroindustriais podem gerar passivos ambientais quando não descartados corretamente. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização da polpa cítrica na alimentação de poedeiras comerciais e seu efeito sobre o desempenho, qualidade dos ovos, a estabilidade da oxidação lipídica dos ovos durante o armazenamento, parâmetros sanguíneos e avaliação econômica.

Material e métodos

O experimento foi realizado no aviário da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Foram utilizadas 336 poedeiras da linhagem Hy-line W36, com 38 semanas de idade, em primeiro ciclo de produção, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica), sete repetições por tratamento e oito aves por unidade experimental. As aves foram alojadas em um galpão convencional de postura, com cobertura de telhas de barro, bebedouro tipo nipple, comedouros linear de madeira, sendo a ração fornecida à vontade, distribuída de manhã e à tarde. O programa de luz adotado foi de 17 horas de luz (natural + artificial) por dia, durante um período experimental de 127 dias (15 dias de adaptação + 112 dias de experimento, divididos em quatro ciclos de 28 dias). Todos os procedimentos experimentais foram de acordo com a aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA da Universidade Estadual de Maringá - UEM (Registro N°4165020316).

As dietas experimentais (Tabela 1) foram à base de milho e farelo de soja, balanceadas de acordo com a composição química e os valores energéticos dos alimentos, descritos por Rostagno et al. (2011). A polpa cítrica foi obtida da extração do suco de laranja no processamento da fruta para produção industrial de suco, sendo posteriormente submetida à desidratação na sombra, em área cimentada, onde foi espalhada em camadas e revolvida três vezes ao dia, até atingir um teor de umidade de aproximadamente 10%. Para sua inclusão na ração, a moagem do subproduto foi realizada em moinho do tipo faca, com peneira dotada de furos de 2,5 mm de diâmetro.

A composição química da polpa cítrica utilizada para elaboração das rações foi de 87,04% de matéria seca, 9,62% de proteína bruta, 6,01% de extrato etéreo, 19,79% de fibra bruta, 30,85% de fibra em detergente neutro, 36,93% de fibra em detergente ácido, 21,45% de pectina, 1312 kcal/kg de energia metabolizável aparente corrigida e 374,5mg de compostos fenólicos /100g.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais de poedeiras comerciais com 38 semanas de idade.

	Polpa cítrica (%)					
	0	2	4	6	8	10
Milho	63,37	60,86	58,34	55,83	53,31	50,81
Farelo de soja 45%	24,05	24,10	24,16	24,22	24,27	24,33
Polpa de laranja	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
Fosfato bicálcico	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10
Calcário	9,23	9,22	9,22	9,21	9,21	9,20
Óleo vegetal	1,12	1,56	2,00	2,43	2,87	3,30
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Bicarbonato de sódio	0,272	0,274	0,276	0,277	0,279	0,273
DL-Metionina, 98%	0,260	0,267	0,273	0,280	0,287	0,294
L- Treonina, 98%	0,043	0,049	0,055	0,061	0,067	0,073
L-Lisina HCL, 78%	0,050	0,054	0,058	0,063	0,067	0,071
Supl. Min. e Vit. ¹	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição calculada						
Proteína bruta (%)	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10	16,10
Energia metabolizável (Mcal/kg)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Lisina digestível (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Met + Cist digestível (%)	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Treonina digestível (%)	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
Fósforo disponível (%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Sódio (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Cálcio (%)	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Cloro (%)	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22
Fibra bruta (%)	2,37	2,33	2,29	2,25	2,21	2,17
Gordura (%)	3,84	4,30	4,77	5,23	5,70	6,15
Polifenóis (mg/g)	88,16	104,56	110,61	113,63	123,28	131,88
Flavonoides (mg/g)	3,69	5,58	7,02	9,69	11,02	15,69
BED	187,96	191,84	190,17	187,98	185,13	182,66

¹ Suplemento mineral e vitamínico: (conteúdo/kg de premix) Vit. A 20.000,00 UI, Vit. D3 5.500,00 UI, Vit. E 15,50 mg, Vit. K3 5,00 mg, Vit. B1 5,00 mg, Vit. B2 7,50 mg, Vit. B6 15,00 mg, Vit. B12 25,00 mcg, Pantotenato de cálcio 15,00 mg, Niacina 62,50 mg, Ác. fólico 1,00 mg, Se 0,25 mg, Mn 162,50 mg, Fe 100,00 mg, Cu 25,00 mg, Zn 125,00 mg, I 2,50 mg.

Níveis bioquímicos séricos

Ao final do último ciclo, foram colhidos 5,0 ml de sangue da veia jugular de uma ave por unidade experimental (7 aves por tratamentos), para obtenção de soro para posterior determinação dos níveis séricos de colesterol total (mg.dL⁻¹), triglicérides (mg.dL⁻¹) e glicose (mg. dL⁻¹), utilizando o método enzimático-colorimétrico (Gold Analisa Diagnóstica Ltda., Belo Horizonte - Minas Gerais) com leitura em espectrofotômetro modelo BIOPLUS 2000 (Bioplus Ltda.).

Desempenho

Durante cada ciclo, foi avaliado o consumo de ração (g ave dia) e a conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), efetuando-se a pesagem das rações no início e ao final de cada ciclo, e a coleta diária dos ovos de cada repetição para determinação da porcentagem de postura.

Qualidade física dos ovos

Nos últimos quatro dias de cada ciclo, os ovos de cada repetição foram pesados individualmente em balança de precisão digital. Posteriormente, foram submetidos ao teste de gravidade específica, pelo método de imersão dos ovos em solução salina com diferentes densidades, da menor para a maior (1,070, 1,074, 1,078, 1,082 e 1,086 g/ml), calibrados com o auxílio do densímetro de petróleo. Posteriormente, para determinação da Unidade Haugh (UH), foram quebrados três ovos, de cada repetição, em uma superfície plana de vidro e a altura do albúmen foi obtida a 5 mm da gema, com auxílio de um paquímetro digital. Para obtenção da Unidade Haugh, foi utilizada a fórmula: $UH = 100 \times \log (h + 7,57 - 1,7 p^{0,37})$, em que: h refere-se à altura do albúmen (mm) e p representa o peso do ovo (g) (Haugh, 1937).

As cascas foram lavadas e secas à temperatura ambiente, por 72 horas. Posteriormente, foram pesadas em balança de precisão digital e mensurada a espessura em quatro pontos na região central da casca, com auxílio de um micrômetro digital. Dois ovos íntegros por unidade experimental foram utilizados para a medição da força de resistência da casca. A resistência, em quilograma-força (kgf), foi obtida utilizando um texturômetro modelo TAXT3, acoplado com a probe 29 Warner-BratzlerShear Force, mecânico, calibrado com peso-padrão de 5 kg e velocidade do seccionador de 10 mm/minuto.

Oxidação lipídica dos ovos

As análises da estabilidade oxidativa dos ovos durante o tempo de armazenamento foi realizada em 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias de armazenamento, sob um esquema fatorial 6x7x2 (seis níveis de inclusão de polpa cítrica x sete períodos de armazenamento x dois ambientes). Os ovos de cada tratamento foram identificados e acondicionados em bandejas de papelão, e em seguida armazenados em ambiente refrigerado (média de 4°C) e não refrigerado (média de 22°C). Em cada um dos dias de avaliação, foram utilizados quatro ovos de cada tratamento por ambiente, segundo a

metodologia de TBARS – Thiobarbituric Acid Reactive Substance, descrita por Jung et al. (2012). Foram pesados 2,5 g de gema em um tubo falcon, posteriormente foram adicionados 7,5 ml de água destilada e homogeneizado no vortex por 1 min. Em seguida, foi retirado 1 ml desta solução e adicionados 2 ml de TBA (solução 0,02 M de ácido 2- tiobarbitúrico em 15% ácido tricloroacético) a um tubo de ensaio com tampa, que foram aquecidos em banho-maria a 100°C por 30 minutos. Após os 30 minutos, os tubos foram resfriados em um recipiente contendo gelo, por um período de 5 minutos, para posteriormente serem centrifugados a 3000 rpm, por 15 minutos, e realizada a leitura da absorvância em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 532 nm. Para os cálculos, foi utilizada uma curva padrão de malonaldeído e os dados foram expressos em mg de MDA/ kg de gema.

Viabilidade econômica

A abordagem econômica levou em consideração os custos com a alimentação, não abrangendo os demais componentes do custo de produção. Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá-PR, com base na média de (2015-2016), sendo: milho grão, US\$ 0,21/kg; farelo de soja US\$ 0,44/kg; RSM US\$ 0,14/kg; fosfato bicálcico US\$ 0,67/kg; calcário US\$ 0,08/kg; sal comum US\$ 0,11/kg; bicarbonato de sódio US\$ 0,70/kg; óleo de soja US\$ 0,84/kg; L-Lisina HCl US\$ 2,83; DL-Metionina US\$ 4,56/kg; L-Treonina US\$ 4,01kg; Suplemento vitamínico e mineral US\$ 2,35/kg; e dúzia do ovo US\$ 0,46/kg. e calculada pela seguinte expressão, adaptada de Guidoni et al. (1997):

$$PM_{polpa} \leq [PDZ (Dz\ ovos\ prod._i - Dz\ ovos\ prod._0) - \sum_{j \neq 1}^N P_j (C_{ji} * CR_i - C_{j0} * CR_0)] / (C_{li} * CR_i)$$

Onde:

- PM de polpa cítrica: o preço máximo da polpa cítrica para que a dieta em que será usada tenha a mesma eficiência econômica que a dieta sem polpa,
- PDZ: o preço da dúzia do ovo,
- Dz ovos prod._i: a dúzia de ovos produzidos do tratamento contendo o nível i de polpa,
- Dz ovos prod.₀: a dúzia de ovos produzidos do tratamento sem polpa cítrica,
- P_j: o preço dos ingredientes restantes em cada dieta,
- C_{ji}: a percentagem do ingrediente j na dieta i,
- CR_i: o consumo de ração médio total por animal referente à dieta i,
- C_{j0}: a percentagem do ingrediente j na dieta sem polpa cítrica,

- CR_0 : o consumo de ração médio total por animal referente à dieta sem polpa cítrica,
- C_{ii} : a percentagem de polpa cítrica na dieta i .

Análise estatística

Os dados obtidos de cada parâmetro foram desdobrados em polinômios ortogonais de forma a permitir a análise de variância e regressão, de acordo com suas distribuições, utilizando o programa SAEG (2007). Na análise de regressão não foi utilizado o tratamento controle. Para comparação dos resultados obtidos entre a dieta controle e os níveis de inclusão de polpa cítrica testados, os dados foram submetidos ao teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

Para os dados obtidos da avaliação da oxidação lipídica dos ovos foi realizada análise de ANOVA fatorial (6x7x2) entre os níveis de inclusão de polpa x os dias de armazenamento dos ovos x os ambientes de armazenamento. Posteriormente os dados foram submetidos ao teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As médias dos dados obtidos para cada período dentro de cada ambiente, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Desempenho e qualidade dos ovos

As variáveis de desempenho produtivo (porcentagem de postura, consumo de ração e conversão kg/kg e kg/dz) (Tabela 2) e os parâmetros de qualidade dos ovos (peso médio dos ovos, percentagem de casca, espessura de casca, Unidade Haugh e densidade específica) (Tabela 3) não diferiram ($P>0,05$) com a inclusão de níveis crescentes de polpa cítrica. Ao comparar cada tratamento com o controle, não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para o peso médio dos ovos, percentagem de casca, Unidade Haugh e densidade específica, o que sugere que a polpa cítrica pode ser utilizada em até 10% na alimentação de poedeiras comerciais sem afetar os parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos.

Dados similares foram reportados por Nazok et al. (2010), que relataram que a polpa cítrica pode ser utilizada em até 12% nas rações para poedeiras sem apresentar nenhum efeito adverso sobre o consumo de ração, produção de ovos, peso de ovos, massa de ovos, conversão alimentar e peso corporal final.

A resistência dos ovos à quebra aumentou linearmente com o aumento dos níveis de inclusão de polpa cítrica na dieta. Quando comparados ao controle (Tabela 3), os tratamentos de 8% e 10% apresentaram os maiores valores de espessura de casca e

resistência dos ovos. Este efeito pode ter ocorrido devido à polpa cítrica ter 0,40% de fósforo total e 0,21% de fósforo disponível. Segundo Carvalho (1995), a polpa cítrica possui em sua composição 0,03% de cálcio e 0,08% de fósforo, valores superiores aos do milho que contem 1,59% de cálcio e 0,06% de fósforo, o que pode ter aumentado a absorção de cálcio e fósforo e a deposição destes minerais na casca, dando como resultado cascas mais resistentes à quebra.

Tabela 2. Desempenho (média \pm erro padrão) de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.

Níveis (%)	Produção de ovos (%)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Conversão alimentar (kg/kg)	Conversão alimentar (kg/dz)
0	87,85 \pm 0,71	105,13 \pm 1,05	1,731 \pm 0,033	1,342 \pm 0,019
2	89,97 \pm 0,98	105,60 \pm 0,78	1,665 \pm 0,012	1,315 \pm 0,011
4	88,39 \pm 0,72	103,15 \pm 1,36	1,700 \pm 0,020	1,328 \pm 0,009
6	89,91 \pm 0,84	104,51 \pm 0,89	1,661 \pm 0,021	1,313 \pm 0,014
8	88,66 \pm 0,67	106,07 \pm 0,89	1,694 \pm 0,022	1,334 \pm 0,019
10	87,98 \pm 0,58	105,48 \pm 1,09	1,714 \pm 0,013	1,357 \pm 0,010
CV%	2,85	3,75	3,96	4,28
R	Ns	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.

Tabela 3. Qualidade de ovos (média \pm erro padrão) de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.

Níveis (%)	Peso médio dos ovos (g)	Casca (%)	Espessura casca (mm)	Gravidade específica (g/mL)	Unidade Haugh	Resistência dos ovos (kgf)
0	64,86 \pm 0,39	8,74 \pm 0,06	0,385 \pm 0,003	1,081 \pm 0,000	92,61 \pm 0,71	3,180 \pm 0,056
2	65,50 \pm 0,57	8,80 \pm 0,06	0,389 \pm 0,003	1,081 \pm 0,001	92,41 \pm 0,47	3,192 \pm 0,203
4	65,09 \pm 0,58	8,72 \pm 0,11	0,388 \pm 0,005	1,083 \pm 0,001	92,50 \pm 0,60	3,590 \pm 0,122
6	65,94 \pm 0,21	8,76 \pm 0,04	0,389 \pm 0,001	1,083 \pm 0,000	92,24 \pm 0,32	3,615 \pm 0,050
8	65,33 \pm 0,39	8,74 \pm 0,04	0,391 \pm 0,001*	1,084 \pm 0,001	92,26 \pm 0,52	3,665 \pm 0,152*
10	65,99 \pm 0,45	8,81 \pm 0,04	0,392 \pm 0,002*	1,084 \pm 0,000	91,56 \pm 0,46	3,694 \pm 0,140*
CV%	2,21	2,99	2,34	0,81	1,87	2,35
R	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	L ²

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo. L= efeito linear
¹Y = 3,2274 + 0,054x, R² = 0,69

Níveis séricos

Os níveis séricos de glicose (mg/dL) apresentaram resposta quadrática (P<0,05), com menor valor estimado ao nível de 5,86% de inclusão de polpa cítrica (Tabela 4). Huntington et al. (2006) afirmam que a inclusão de alimentos fibrosos reduziu a concentração de amido das dietas e pode afetar o *status* de energia (fornecimento de glicose) e as respostas subsequentes de hormônios metabólicos (insulina, glucagon e tri-iodotironina) que são fatores importantes que determinam o nível de lipogênese hepática em aves.

Os níveis séricos de colesterol (mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL) não foram influenciados ($P>0,05$) pela inclusão de polpa cítrica nas dietas de poedeiras comerciais. No entanto, quando comparando cada nível de inclusão de polpa cítrica com o grupo controle, foi observado que os níveis séricos de colesterol foram menores nas aves alimentadas com 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica na dieta, e os níveis séricos de triglicerídeos foram menores aos níveis de 4, 6, 8 e 10%.

Tabela 4. Níveis séricos (mg/dl) (média \pm erro padrão) de poedeiras comerciais alimentadas com dietas com níveis de polpa cítrica.

Níveis(%)	Colesterol (mg/dL)	Glicoses (mg/dL)	Triglicerídeos (mg/dL)
0	134,40 \pm 13,91	341,12 \pm 9,12	1172,80 \pm 17,28
2	133,71 \pm 19,83	372,93 \pm 7,47	1145,29 \pm 18,07
4	116,00 \pm 15,81	318,19 \pm 18,16	964,71 \pm 16,47*
6	107,29 \pm 7,00*	314,87 \pm 14,93	1136,86 \pm 19,73*
8	108,86 \pm 12,31*	375,61 \pm 11,41	976,86 \pm 16,63*
10	106,14 \pm 11,19*	354,53 \pm 14,39	793,20 \pm 17,68*
CV%	26,35	23,10	23,87
R.	Ns	Q=5,86	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.
 $y = 439,53 - 44,692x + 3,8103x^2$, $R^2 = 0,45$

A diminuição dos valores séricos de colesterol e triglicerídeos pode ser devido às propriedades da fibra alimentar, que retardam ou diminuem a absorção de colesterol, glicose e lipídios (Burkhalter et al., 2001), pela sua interferência direta na absorção e aumento da excreção dos compostos lipídicos nas fezes (Chau et al., 2004). É importante ressaltar que as fibras solúveis, em especial a pectina, que na polpa cítrica tem um teor de 21,45%, têm a capacidade de se ligar aos ácidos biliares, aumentando sua excreção (Silva et al., 2003). Chaudry et al. (2004) reportam que a utilização de 5% de casca de frutas cítricas na alimentação de poedeiras apresenta concentração sérica de colesterol reduzida, devido ao teor de pectina presente na casca, que reduz a concentração do colesterol no soro e no ovo.

Oxidação lipídica dos ovos

Os valores de produção de malonaldeído (Tabela 5) revelaram que houve interação ($P<0,001$) entre os níveis de inclusão de polpa cítrica x período de armazenamento x ambiente sobre a evolução da oxidação lipídica da gema dos ovos. Com o desdobramento da interação mediante o teste de Tukey foi observado que o tratamento com 10% de inclusão nos 0 e 10 dias de armazenamento no ambiente refrigerado apresentou o menor teor teores de MDA, indicando menor oxidação e melhor qualidade. Isso indica que a inclusão de até 10% de polpa cítrica na dieta de

poedeiras comerciais eleva a qualidade de ovos por reduzirem a possibilidade de oxidação lipídica.

Nos 20 dias de armazenamento foi observado que houve diferença na produção de malonaldeído em função dos níveis de polpa, sendo que os tratamentos com inclusão de 8 e 10% de polpa cítrica apresentaram os menores teores de MDA, se comparados aos demais (0 a 6%), indicando menor oxidação nos dois ambientes. Porém aos 30 dias de armazenamento apenas no ambiente refrigerado os tratamentos com inclusão de 8 e 10% de polpa cítrica conseguiram atenuar a evolução da oxidação lipídica. A partir de 40 dias, mesmo em ambiente refrigerado, nenhum dos níveis de inclusão da polpa foi capaz de diminuir a oxidação lipídica da gema. O marcado efeito antioxidante da inclusão de polpa cítrica pode ser devido a polpa de laranja ter antioxidantes como ácido ascórbico, compostos fenólicos, flavonoides e limonoides (Jayaprakasha e Patil, 2007), que são substâncias químicas do metabolismo secundário de plantas (Hollman e Katan, 1998). Estes compostos fenólicos contêm número diferente de anéis fenol, ou seja, um grupo hidroxila funcional em um anel aromático (Kähkönen et al., 1999), que atuam como antioxidantes, se juntando a radicais livres e impedindo a degradação por oxidação dos lipídios e melhorando a qualidade e valor nutricional dos ovos como sequestradores de radicais (Rice-Evans, 2001), diminuindo os processos de oxidação lipídica e aumentando o tempo de prateleira. As principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina. Além disso, a vitamina C presente na polpa cítrica proporciona proteção contra a oxidação no meio aquoso da célula, por seu alto poder redutor. Segundo Manthey (2001), a atividade antioxidante total da casca de laranja é atribuível às flavonas, que podem neutralizar os processos de peroxidação lipídica enzimática (Malterud e Rydland, 2000).

Quando comparadas as médias dos dados de cada um dos níveis de inclusão com o tratamento controle e a média dos dias de armazenamento com o dia zero dentro de cada um dos ambientes mediante o teste de Dunnett foi observado que a partir dos 20 dias de armazenamento o teor de MDA no ambiente refrigerado foi maior e não foram observadas diferenças entre os níveis de inclusão.

Tabela 5. Produção de malonaldeído (mg/kg) em gema de ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com diferentes níveis de polpa cítrica

Nível (%) ¹	Dias de armazenamento ¹							Médias ²
	0	10	20	30	40	50	60	
Ambiente refrigerado								
0	4,59±0,06g	4,61±0,02h	4,62±0,00g	5,49±0,02a	5,58±0,02a	5,73±0,02a	6,14±0,01a	5,25
2	4,39±0,02m	4,56±0,03i	4,54±0,04j	5,35±0,01a	5,57±0,02a	5,66±0,01a	6,20±0,02a	5,18
4	4,39±0,03m	4,50±0,06k	4,88±0,01e	5,46±0,01a	5,51±0,02a	5,64±0,02a	6,15±0,01a	5,22
6	4,30±0,03m	4,47±0,09l	4,81±0,00f	5,30±0,09a	5,53±0,01a	5,64±0,10a	6,19±0,04a	5,18
8	4,29±0,03m	4,35±0,11m	4,83±0,02e	5,04±0,02d	5,52±0,02a	5,65±0,04a	6,06±0,02a	5,10
10	4,21±0,07n	4,26±0,10n	4,82±0,02e	5,03±0,01d	5,36±0,02a	5,60±0,02a	6,04±0,01a	5,05
Médias ²	4,36	4,46	4,69*	5,28*	5,51*	5,65*	6,13*	
Ambiente não refrigerado								
0	4,59±0,06g	5,60±0,03a	5,66±0,02a	6,05±0,05a	6,32±0,03a	6,42±0,02a	6,53±0,06a	5,88
2	4,39±0,02m	5,37±0,05a	5,61±0,00a	5,78±0,01a	5,99±0,03a	6,30±0,02a	6,35±0,01a	5,68
4	4,39±0,03m	5,47±0,03a	5,58±0,00a	5,76±0,01a	5,91±0,04a	6,32±0,01a	6,37±0,01a	5,69
6	4,30±0,03m	5,51±0,02a	5,50±0,01a	5,78±0,01a	5,79±0,01a	5,98±0,02a	6,26±0,03a	5,59*
8	4,29±0,03m	5,18±0,09c	5,17±0,01c	5,59±0,00a	5,81±0,00a	5,84±0,02a	6,29±0,03a	5,45*
10	4,21±0,07n	5,21±0,08b	5,24±0,03b	5,56±0,01a	5,77±0,01a	5,79±0,02a	6,24±0,02a	5,43*
Médias ²	4,36	5,39*	5,46*	5,75*	5,93*	6,11*	6,34*	
NívelxAmbientexDia								<0,0001
Nível x Dia								<0,001
Nível x Ambiente								<0,001
Ambiente x Dia								0,0005
Dia								<0,001
Nível								<0,001
Ambiente								0,3533

¹ Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Médias seguidas por asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

No entanto, no ambiente não refrigerado foi observado que todos os dias de armazenamento apresentaram maior produção de MDA comparado com o dia zero, e os tratamentos com inclusão de 6, 8 e 10% de polpa cítrica apresentaram menor oxidação comparada com o tratamento isento de polpa cítrica, mostrando assim um marcado efeito antioxidante da inclusão de polpa cítrica na dieta de poedeiras comerciais. É importante ressaltar que atualmente existe uma grande procura por aditivos naturais, que atenuem as espécies reativas de oxigênio, sem efeitos colaterais como os reportados pelos aditivos sintéticos, o que torna interessante a utilização da polpa cítrica devido a seu efeito protetor na oxidação dos lipídeos, principalmente no ambiente não refrigerado que é a forma em que normalmente os ovos são transportados e se encontram no mercado. Uma vez que no mercado interno cerca de 92% dos ovos são comercializados *in natura*, e o processo de comercialização ocorre sem refrigeração, de modo que os ovos permanecem por mais de quinze dias expostos em prateleiras antes de ser vendidos. Segundo Cadun et al. (2005), ovos com excelente qualidade apresentam valores entre 3 a 5 mg de malonaldeído/kg de amostra sendo que o limite para consumo é de 7 a 8 g de malonaldeído/kg de alimento. Diante disso é observado que até os 50 dias de armazenamento os ovos apresentaram uma excelente qualidade, e nos 60 dias de armazenamento ainda se encontravam dentro dos valores limites para o consumo.

Viabilidade econômica

Na análise econômica da inclusão da polpa cítrica na ração de poedeiras comerciais (Tabela 6), mediante as equações ajustadas, foram obtidos os índices de +0,16; +0,26; + 0,34; +0,59 e +0,74 de polpa para os níveis de 2,0, 4,0, 6,0, 8,0 e 10,0% de inclusão, respectivamente, observando-se que com o aumento da inclusão de polpa os índices de viabilidade econômica foram melhores. Mona e Hanan (2007) reportaram que a utilização de até 4% de polpa cítrica na alimentação de poedeiras HY-W-36 de 49 semanas de idade apresenta melhores índices econômicos, em comparação com a dieta de controle sem suplementação de polpa cítrica.

Tabela 6. Análise econômica da inclusão de polpa cítrica em rações para poedeiras comerciais.

Polpa cítrica %	Equações					
2,0	PMpolpa 2,0%	≤	-1,620303*PDZ	+1,538685*PMI	+0,082663*PFS	-
			0,214986*POL	-0,000300*PFB	+0,046319*PCA	+0,001119*PVM
			+0,001343*PSA	+0,000218*PBS	-0,001776*PLI	-0,002336*PME
			0,002808*PTR			
4,0	PMpolpa 4,0%	≤	-0,931196*PDZ	+1,302744*PMI	-0,010329*PFS	-
			0,219200*POL	-0,004250*PFB	+0,009090*PCA	+0,000178*PVM
			+0,000214*PSA	-0,000806*PBS	-0,001964*PLI	-0,003064*PME
			0,002969*PTR			
6,0	PMpolpa 6,0%	≤	-0,612332*PDZ	+1,316521*PMI	-0,005618*PFS	-
			0,217275*POL	-0,004008*PFB	+0,012051*PCA	+0,000236*PVM
			0,000283*PSA	-0,000576*PBS	-0,002119*PLI	-0,003088*PME
			0,002959*PTR			
8,0	PMpolpa 8,0%	≤	-0,308886*PDZ	+1,036296*PMI	-0,111451*PFS	-
			0,222660*POL	-0,008665*PFB	-0,029719*PCA	-0,000873*PVM
			0,001047*PSA	-0,001824*PBS	-0,002300*PLI	-0,004283*PME
			0,003150*PTR			
10,0	PMpolpa 10,0%	≤	-0,079261*PDZ	+0,918383*PMI	-0,156131*PFS	-
			0,223967*POL	-0,010594*PFB	-0,046175*PCA	-0,001332*PVM
			0,001598*PSA	-0,001549*PBS	-0,002366*PLI	-0,004785*PME
			0,003229*PTR			

PMpolpa, preço máximo da polpa cítrica para que tenha a mesma eficiência econômica da ração sem polpa (nível zero de inclusão); PDZ: preço da dúzia do ovo; PMI: preço do kg de milho; PFS: preço do kg do farelo de soja; POL: preço do kg do óleo de soja; PFB: preço do kg do fosfato bicálcico; PCA: preço do kg do calcário; PMV, preço do kg do suplemento vitamínico mineral; PSA: preço do kg do sal; PBS: preço do kg de bicarbonato de sódio; PLI: preço do kg da lisina; PME: preço do kg da DL-metionina; PTR: preço do kg da L-Treonina.

Conclusão

A polpa cítrica pode ser incluída nas rações de poedeiras comerciais em até 10%, sem afetar os parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos e melhorando os níveis séricos de colesterol e triglicérides, a resistência dos ovos à quebra e com melhores índices econômicos, sendo economicamente viável sua utilização. Além disso, aumenta o tempo de prateleira devido o seu efeito protetor na oxidação dos lipídeos, principalmente no ambiente não refrigerado, que é a forma em que os ovos se encontram normalmente no mercado.

Refêrencias

- Amerah, A. M., and V. Ravindran. 2008. Influence of method of whole-wheat feeding on the performance, digestive tract development and carcass traits of broiler chickens. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 147:326-339.
- Bampidis, V. A., and P. H. Robinson. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: a review. *Anim Feed Sci Tech.* 128:75-217.
- Burkhalter, T. M., N. R. Merchen, L. L. Bauer, S. M. Murray, A. R. Patil, J. L. Brent, and G. C. Fahey-Jr. 2001. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. *J. Nutr.* 131:1978-1985.
- Carvalho, M. P. 1995. Citros. p. 171-214. *Proc. Anais do simpósio sobre nutrição de bovinos.* Piracicaba: FEALQ. (Abstr.)
- Chau, C. F., and Y. L. Huang. 2004. Characterization of passion fruit seed fibres: a potential fibre source. *Food Chem.* 85:189-194.
- Chaudry, M. A., A. Badshah, N. Bibi, A. Zeb, T. Ahmed, S. Ali, and U. ter Meulen. 2004. Citrus waste utilization in poultry rations. *Arch. Geflügelk.* 68:206-210.
- Corazza, M. L., D. G. Rodrigues, and J. Nozaki. 2001. Preparação e caracterização do vinho de laranja. *Rev. Química Nova.* 24:449-452.
- Degáspari, C. H., and N. Waszczynskyj. 2004. Antioxidants properties of phenolic compounds. *Visão Acadêmica.* 5:33-40.
- Fegeros, K., G. Zervas, S. Stamouli, and E. Apostolaki. 1995. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. *J. Dairy Sci.* 78:1116-21.
- Franzolin, R., and M. H. T. Franzolin. 2000. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. *Rev Bras de Zootecn.* 29:1853-1861.
- Guidoni, A. L., D. L. Zanotto, and C. Bellaver. 1997. Método alternativo na análise bioeconômica de experimentos com alimentação de suínos. p.106. *Proc. Anais da 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.* Sociedade Brasileira de Zootecnia, Juiz de Fora. (Abstr.)
- Haugh, R. R. 1937. The Haugh Unit for measuring egg quality. *The U.S. egg e poultry magazine.* 4: 552.
- Hetland, H., B. Svihus, and A. Kroghdahl. 2003. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *Brit. Poultry Sci.* 44:275-282.
- Hetland, H., B. Svihus, and M. Choct. 2005. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. *J. Appl. Poultry Res.* 14:38-46
- Hollman, P. C., and M. B. Katan. 1998. Bioavailability and health effects of dietary flavonoids in man. *Arch. Toxicol. Suppl.* 20:237-248.
- Huntington, G. B., D. L. Harmon, and C. J. Richards. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J. Animl. Sci.* 84:E14–E24.

- Hy-Line International. Hy-line variety W-36 commercial management guide 2009-2011. 22p. West Des Moines: Hy-Line International, 2009-2011.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2013. Anuário estatístico do Brasil: Aspecto das atividades agropecuárias e extração vegetal. 172p.
- Jayaprakasha, G. K., and B. S. Patil. 2007. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food Chem.* 101:410.
- Jung, S., C. Jo, M. Kang, D. U. Ahn, and K. C. Nam. 2012. Elucidation of antioxidant activity of phosvitin extracted from egg yolk using ground meat. *Korean J. Food Sci. An.* 32:162-167.
- Kähkönen, M. P., A. I. Hopia, H. J. Vuorela, J. P. Rauha, P. Kalevi, T.S. Kujala, and M. Heinonen. 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agr. Food Chem.* 47:3954-3962.
- Kähkönen, M. P., A. I. Hopia, H. J. Vuorela, J. Rauha, K. Pihlaja, T. S. Kujala, and M. Heinonen. 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J Agr Food Chem.* 47:3954-3962.
- Liu, K. 2004. *Soybean as Functional Foods and Ingredients*. Lincoln: CRC Press.
- Malterud K. E., and K. M. Rydland. 2000. Inhibitors of 15-lipoxygenase from orange peel. *J Agric Food Chem* 48: 5576-5580.
- Manthey, J. A., N. Guthrie, and K. Grohmann. 2001. Biological properties of citrus flavonoids pertaining to cancer and inflammation. *Curr Med Chem.* 8:135-153.
- Mateos, G. C., E. Jiménez-Moreno, M. P. Serrano, and R. P. Lázaro. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J Appl Poultry Res.* 21:156-174.
- Menezes Jr, M. P. 1999. Efeito do processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de vacas de leite. Piracicaba, ESALQ, p. 27-29 Dissertação – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.
- Mona, S. R., and A. Hanan. 2007. Effects of using dried Egyptian clover and orange peels as natural feed additives on egg production egg quality and immune response of laying hens. *Fayoum J Agr Res Development* 21:188–205
- Nazok, A., M. Rezaei, and H. Sayyahzadeh. 2010. Effect of different levels of dried citrus pulp on performance, egg quality, and blood parameters of laying hens in early phase of production. *Trop Anim Health Prod.* 42:737-742.
- Rice-Evans, C. 2001. Flavonoid antioxidants. *Curr Med Chem.* 8:797–809.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. p.186. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- Silva, M. A. M., M. F. P. Barcelos, R. V. Sousa, H. M. Lima, I. R. Falco, A. L. Lima, and M. C. A. Pereira. 2003. Efeito das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue de ratos (*Rattus Norvegicus*) Wistar. *Ciênc Agrotecnologia (Lavras).* 27:1321-1329.

POLPA CÍTRICA NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS.

Resumo: Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de determinar o valor energético, a composição nutricional e o efeito da utilização de polpa cítrica na alimentação de codornas japonesas, sobre o desempenho e qualidade dos ovos. No experimento I foi realizado um ensaio de metabolizabilidade, foram utilizadas 180 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) machos, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (ração referência + 4 rações teste com 10, 20, 30 e 40% de substituição do milho por polpa cítrica), seis repetições e oito aves por unidade experimental. A polpa cítrica apresentou energia metabolizável aparente corrigida de 1382 kcal/kg, 9,6% de proteína bruta, 6,0% de extrato etéreo, 30,85% de FDN e 36,93% de FDA, valores expressos na matéria seca. No experimento II foram utilizadas 288 codornas japonesas, com 80 dias de idade, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica). As variáveis de desempenho e qualidade dos ovos não apresentaram diferenças ($P>0,05$) em função dos diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica na dieta. A polpa cítrica pode ser utilizada em até 10,0% sem prejuízo sobre os parâmetros de desempenho e com melhores índices econômicos.

Palavras-chave: desempenho, qualidade de ovos e subproduto.

CITRUS PULP IN JAPANESE QUAIL FEED.

Abstract: Two experiments were conducted in order to determine the energy value, the nutritional composition and the effect of citrus pulp in the diet of Japanese quails on performance and egg quality. In Experiment V 180 Japanese male quails (*Coturnix coturnix japonica*) were distributed in a completely randomized design with five treatments (basal diet with 0, 10, 20, 30 and 40% substitution by citrus pulp), 6 replicates and six birds each. Citrus pulp presented an apparent corrected metabolizable energy of 1382 kcal/kg, 9.6% crude protein and 6.0% ether extract, with values expressed in dry matter. In Experiment VI 288 80-days-old Japanese quails were distributed in a completely randomized design with six treatments (0, 2, 4, 6, 8 and 10% inclusion of citrus pulp), six replicates and birds each. The performance variables and quality of the eggs did not differ ($P > 0.05$) due to the different levels of inclusion of citrus pulp. The citrus pulp can be used in up to 10.0% without loss of performance parameters and with better economic indices.

Key words: performance, egg quality and byproduct.

Introdução

O processamento de ovos de codornas japonesas vêm crescendo com grande produtividade e rentabilidade, como consequência da precocidade das aves, utilização de pequenas áreas, curto intervalo para produção de ovos, maturidade sexual precoce, crescimento acelerado, alta taxa de postura e baixo consumo de ração (Murakami & Furlan 2002). Considerando que os custos com alimentação representam cerca de 70 a 80% do custo total da produção de codornas, tem surgido um grande interesse por diminuir estes custos, otimizando a produção por meio da utilização de alimentos alternativos que possam ser utilizados nas rações sem prejuízos ao desempenho e à qualidade dos ovos. Além disso, a velocidade de passagem da digesta pelo intestino das codornas é muito rápido, o que influencia a digestibilidade dos nutrientes da ração e torna interessante a utilização de alimentos com alto teor de fibra, que possam diminuir a velocidade de passagem do alimento e aumentar o aproveitamento dos nutrientes da ração.

A produção de laranja tem um período de safra curto, o que é um incentivo à sua industrialização, já que esta permite a absorção do excesso de produção, além de possibilitar o consumo do produto industrializado na época em que a fruta fresca não possa ser encontrada. No Brasil, são produzidas anualmente mais de 18 milhões de toneladas de laranja, o que representa 30% da safra mundial da fruta (IBGE, 2016). O país ocupa o primeiro lugar na produção mundial de citros e na exportação de suco concentrado, sendo cerca do 80% da produção brasileira utilizada na produção de sucos industrializados MAPA (2015), o que gera uma elevada quantidade de subprodutos, que equivalem a 50% do peso da fruta. O subproduto sólido da produção de suco industrializado é constituído principalmente de casca, membranas e sementes, material que possui alto conteúdo de fibra alimentar e compostos fenólicos, entre outros que podem melhorar a saúde e a produtividade dos animais.

O subproduto do processamento de suco de laranja pela indústria citrícola é conhecido como polpa cítrica, sendo constituído por cascas, sementes, bagaço e frutas descartadas. A obtenção da polpa cítrica é feita após duas prensagens, que reduzem a umidade a 65-75%, com posterior secagem a cerca de 100-116°C, até que se obtenha 88-90% de MS, possibilitando a comercialização (Chaves et al., 2014). Segundo Watanabe et al. (2010), a polpa cítrica contém 89,10% de matéria seca (MS), 6,35% de proteína bruta (PB), 18,85% de fibra em detergente neutro (FDN), 14,32% de fibra em detergente ácido (FDA), 1,67% de cálcio (Ca) e 0,75 % de fósforo (P), apresentando

como característica o elevado teor de fibra solúvel em detergente neutro (41,18%). Além disso, este subproduto é rico em compostos polifenólicos, considerados potentes antioxidantes.

Na alimentação de frangos de corte a polpa cítrica pode substituir o milho da dieta em até 20% (Agu, 2006), e até 5% na dieta de codornas japonesas de duas semanas de idade (Guluwa et al. 2014), sem apresentar nenhum efeito adverso sobre o desempenho. A utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação animal vem sendo realizada com o objetivo de reduzir os custos de produção, reduzir o impacto que esses subprodutos podem causar ao serem descartados no ambiente e melhorar a produção e parâmetros produtivos. Diante disso, objetivou-se avaliar a utilização de polpa cítrica na alimentação de codornas de postura e seus efeitos sobre os parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos.

Material e métodos

Dois experimentos foram realizados no Setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM). No experimento I foi realizado um ensaio de metabolizabilidade e no experimento II foi avaliado o desempenho e a qualidade dos ovos de aves alimentadas com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica nas rações. Todos os procedimentos experimentais foram de acordo com a aprovação do Comitê de Ética no uso de Animais– CEUA da Universidade Estadual de Maringá - UEM (Registro N° 8014020316).

A polpa cítrica foi obtida da extração da polpa e casca da laranja no processamento da fruta para produção industrial de suco da cooperativa Agroindustrial COCAMAR, sucos-Rolândia. O subproduto apresentava 45% de umidade e foi submetido à desidratação até atingir teor de umidade de aproximadamente 10%. A desidratação do material foi realizada na sombra, em área cimentada, sendo este espalhado em camadas e revolvido três vezes ao dia. A moagem do material foi realizada em moinho do tipo faca (peneira dotada de malha de 2,5 mm de diâmetro).

Experimento I – Ensaio de metabolizabilidade e determinação da composição da polpa cítrica

Foram utilizadas 180 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) machos. As aves receberam uma dieta convencional até os 23 dias de idade, após foram alojadas em gaiolas de metabolismo, bebedouros tipo nipple e comedouros tipo linear. As aves foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco

tratamentos, ração referência (RR) à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) formulada considerando a composição dos alimentos e as exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (2011), e quatro rações-testes (ração referência com 10, 20, 30 e 40% de substituição por polpa cítrica) com 6 repetições e 6 aves por unidade experimental.

Tabela 1. Composição porcentual (kg) e calculada da ração referência.

	Quantidade
Milho	58,20
Farelo de soja 45%	39,08
Fosfato bicálcico	1,02
Calcário	0,280
Óleo vegetal	0,47
Sal	0,30
DL-Metionina, 98%	0,221
L- Treonina, 98%	0,001
L-Lisina HCL, 78%	0,023
Suplemento mineral e vitamínico	0,400
TOTAL	100,0
Composição calculada	
Proteína bruta (%)	18,80
Energia metabolizável (Mcal/kg)	3,036
Lisina digestível (%)	1,730
Met + Cist digestível (%)	1,520
Treonina digestível (%)	0,930
Cálcio (%)	0,610
Fósforo disponível (%)	0,410
Sódio (%)	0,14
Cloro (%)	0,23
Potássio (%)	0,72
Fibra bruta (%)	2,93
Gordura (%)	3,04
BED mEq/kg	212

Premix mineral e vitamínico. Quantidade/kg de premix Vit. A, 8.000.000 UI, Vit. D3, 2.200.000 UI, Vit. E, 6200 mg, Vit. K 3, 2000 mg, Vit. B 1, 2000mg, Vit. B2, 3000 mg, Vit. B6, 6000mg, Vit. B12, 10.000mcg, Pantotenato de cálcio (Calcium panthotenate), 6000 mg, Niacina,(Niacin) 25.000mg, Ác. Fólico (Folic acid), 400mg, Se, 100mg, Mn, 65.000 mg, Fe,40.000mg, Cu, 10.000mg, Zn, 50.000mg, I, 1000mg.

O ensaio de metabolizabilidade foi conduzido conforme metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2011), com um período experimental 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 óxido férrico na ração (2%) como marcador.

Para avaliação da velocidade de trânsito do alimento no trato gastrointestinal das aves durante o experimento, foram anotados os tempos de ingestão da ração e do aparecimento das excretas marcadas, com o auxílio de um observador para cada repetição, este procedimento foi realizado duas vezes, (no primeiro e no último dia do ensaio de metabolizabilidade).

As gaiolas tinham bandejas revestidas com plásticos, as quais foram removidas a cada coleta (intervalo de 12h) para retirada das excretas. O material coletado, após a retirada dos subprodutos de pena e escamação da pele das aves, foi armazenado em congelador até o final do período total de coletas. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas e secas em estufa de ventilação forçada por 72h a 55°C. Em seguida, foram moídas e encaminhadas para as análises de matéria seca (MS), energia bruta (EB), Fibra bruta (FB), Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e nitrogênio (N). As análises laboratoriais das rações, dos alimentos e das excretas foram realizadas conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e os valores de EB foram determinados por meio de bomba calorimétrica adiabática (Parr Instruments Co.).

Uma vez obtido os resultados das análises laboratoriais do alimento, da ração-referência, da ração-teste e das excretas, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida para balanço de nitrogênio (EMAN) dos alimentos, que foram estimados utilizando a equação de Matterson et al. (1965).

Experimento II

Desempenho

Foram utilizadas 288 codornas japonesas de postura com 80 dias de idade, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0, 2, 4, 6, 8 e 10% de inclusão de polpa cítrica), seis repetições e oito aves por unidade experimental. As aves foram alojadas em gaiolas convencional de arame galvanizado, com área de 118 cm²/ave, em galpão provido de cortinas laterais móveis, bebedouros tipo nipple e comedouros tipo linear. O programa de iluminação adotado foi de 17 horas de luz por dia. As rações foram formuladas de acordo com a composição dos alimentos e as recomendações de Rostagno et al. (2011) (Tabela 2). Para inclusão da polpa cítrica na matriz nutricional da ração, foram utilizados os valores obtidos no ensaio de metabolizabilidade e análises da composição química da polpa cítrica.

O período experimental foi de 84 dias, divididos em quatro ciclos de produção de 21 dias cada. Durante cada ciclo, foi avaliado o consumo de ração (g/ave/dia), a conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), e a percentagem de postura, efetuando-se a pesagem das rações no início e ao final de cada ciclo e coletando diariamente a produção de ovos de cada uma das repetições. No caso de mortalidade das aves, foi realizada a correção do consumo, mediante o peso da ração.

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais.

	Controle	2,0%	4,0%	6,0%	8,0%	10,0%
Milho	52,89	50,74	51,00	50,13	48,12	47,22
Farelo de soja 45%	38,08	37,55	34,95	33,32	33,00	31,36
Subproduto de laranja	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
Fosfato bicálcico	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12
Calcário	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59
Óleo vegetal	0,47	1,10	1,30	1,70	2,00	2,40
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina, 98%	0,221	0,237	0,260	0,280	0,295	0,320
L- Treonina, 98%	0,001	0,003	0,005	0,007	0,010	0,039
L-Lisina HCL, 78%	0,023	0,046	0,132	0,188	0,204	0,260
Suplemento mineral e vitamínico	0,400	0,400	0,400	0,400	0,40	0,400
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Proteína bruta (%)	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Energia metabolizável (Mcal/kg)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Lisina digestível (%)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Met + Cist digestível (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Treonina digestível (%)	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sódio (%)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Cálcio (%)	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92
Cloro (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22
Fibra bruta (%)	2,93	3,22	3,45	3,70	4,00	4,25
Gordura (%)	3,04	3,69	3,96	4,41	4,74	5,18
BED mEq/kg	212,40	208,50	196,70	188,60	185,70	177,60
Polifenóis (mg/g)	81,42	107,35	115,72	125,72	169,56	185,14
Flavonoides (mg/g)	2,13	3,13	4,58	5,36	6,80	7,36

Premix mineral e vitamínico. Quantidade/kg de premix Vit. A, 8.000.000 UI, Vit. D3, 2.200.000 UI, Vit. E, 6200 mg, Vit. K 3, 2000 mg, Vit. B 1, 2000mg, Vit. B2, 3000 mg, Vit. B6, 6000mg, Vit. B12, 10.000mcg, Pantotenato de cálcio (Calcium panthotenate), 6000 mg, Niacina,(Niacin) 25.000mg, Ác. Fólico (Folic acid), 400mg, Se, 100mg, Mn, 65.000 mg, Fe,40.000mg, Cu, 10.000mg, Zn, 50.000mg, I, 1000mg

Qualidade dos ovos

Para análise da qualidade dos ovos, ao final de cada ciclo, por quatro dias consecutivos, os ovos de cada repetição foram devidamente identificados e pesados individualmente em balança de precisão digital (0,0001). Posteriormente, foram submetidos ao teste de gravidade específica pelo método de imersão dos ovos em solução salina com diferentes densidades, da menor para a maior (1,058, 1,062, 1,066, 1,070, 1,074, 1,082, 1,086).

Para determinação da Unidade Haugh, foram analisados três ovos de cada repetição, segundo a fórmula: $UH = 100 \times \log (h + 7,57 - 1,7 p^{0,37})$, em que: h refere-se à altura do albúmen (mm) e p representa o peso do ovo (g) (Haugh, 1937). Posteriormente, as cascas foram lavadas e secas à temperatura ambiente por 72 horas e, em seguida, foi mensurada a espessura com auxílio de um micrômetro digital em quatro pontos, na região central da casca.

Viabilidade econômica

A abordagem econômica levou em consideração os custos com a alimentação, não abrangendo os demais componentes do custo de produção. Foram utilizados os preços dos insumos da região de Maringá-PR, com base na média dos dois últimos anos (2015-2016), convertidos ao preço do dólar (1 Real=0,3123dólares), sendo: milho grão, US\$ 0,21/kg; farelo de soja US\$ 0,44/kg; RSM US\$ 0,14/kg; fosfato bicálcico US\$ 0,67/kg; calcário US\$ 0,08/kg; sal comum US\$ 0,11/kg; bicarbonato de sódio US\$ 0,70/kg; óleo de soja US\$ 0,84/kg; L-Lisina HCl US\$ 2,83; DL-Metionina US\$ 4,56/kg; L-Treonina US\$ 4,01kg; Suplemento vitamínico e mineral US\$ 2,35/kg; e calculada pela seguinte expressão, adaptada de Guidoni et al. (1997):

$$PM_{polpa} \leq [PDZ (Dz\ ovos\ prod._i - Dz\ ovos\ prod._0) - \sum_{j \neq 1}^N P_j (C_{ji} * CR_i - C_{j0} * CR_0)] / (C_{li} * CR_i)$$

Onde:

- PM de polpa cítrica: o preço máximo da polpa cítrica para que a dieta em que será usada tenha a mesma eficiência econômica que a dieta sem polpa,
- PDZ: o preço da dúzia do ovo,
- Dz ovos prod._i: a dúzia de ovos produzidos do tratamento contendo o nível i de polpa,
- Dz ovos prod.₀: a dúzia de ovos produzidos do tratamento sem polpa cítrica,
- P_j: o preço dos outros ingredientes de cada dieta,
- C_{ji}: a percentagem do ingrediente j na dieta i,
- CR_i: o consumo de ração médio total por animal referente à dieta i,
- C_{j0}: a percentagem do ingrediente j na dieta sem polpa cítrica,
- CR₀: o consumo de ração médio total por animal referente à dieta sem polpa cítrica,
- C_{li}: a percentagem de polpa cítrica na dieta i.

Análise estatística

Os dados obtidos de cada parâmetro foram avaliados mediante análise de variância e regressão, de acordo com suas distribuições, utilizando o programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (2007). Os dados foram submetidos ao teste de Dunnett a 5% de probabilidade, para comparação dos resultados obtidos entre a dieta controle e cada um dos níveis de inclusão do subproduto de laranja.

Resultados e discussão

Experimento I

Os valores de energia da polpa cítrica (Tabela 3) foram de 4044 kcal de EB/kg e 1382 kcal de EMAn/kg para codornas, expressos na matéria seca, valores similares aos encontrados para frangos de corte 1.312 EMA/kg e 1.311 kcal de EMAn/kg e superiores aos relatados por Rostagno et al. (2011) de 1.100 kcal de EMA/kg, o que mostra que mesmo a polpa cítrica tendo um alto valor de energia bruta, não pode ser considerada um alimento de alto valor energético, devido à baixa metabolizabilidade da energia bruta para aves. O valor de proteína bruta foi de 9,62% na MS. Os valores de energia metabolizável e proteína bruta foram similares aos encontrados por Oluremi et al. (2006), que reportaram valores de 1666 kcal de EMA/kg e 10,74% PB para frangos de corte.

Tabela 3 - Composição química e energética da polpa cítrica.

	Matéria Seca	Matéria Natural
Matéria seca (%)	100,00	89,64
Proteína bruta (%)	9,62	8,62
Extrato etéreo (%)	6,01	5,39
Fibra bruta (%)	19,79	17,74
Fibra em detergente neutro (%)	30,85	27,65
Fibra em detergente ácido (%)	36,93	33,10
Energia bruta (kcal/kg)	4044,1	4511,4
Energia metabolizável aparente (kcal/kg)	1385,5	1241,3
Energia metabolizável aparente corrigida(kcal/kg)	1382,4	1239,1

A polpa cítrica é um subproduto da indústria de laranja, caracterizada como um alimento de alto valor energético, 13% inferior ao milho, segundo o NRC (1996). Não obstante, quando comparado o valor de EMAn do subproduto utilizado neste estudo (1382,4kcal/kg) com a EMAn do milho (3381 kcal/kg), reportado por Rostagno et al. (2011), observa-se que o valor de energia metabolizável da polpa cítrica é 60,50% menor que a do milho. No entanto, ao comparar a proteína bruta, observa-se que a polpa cítrica apresentou 8,6% a mais de PB que o milho e 32,2% a mais de extrato etéreo. Além disso, exibe um elevado teor de FDN (30,85%), FDA (36,93) e pectina (21,47%).

Os valores encontrados neste estudo coincidem com os reportados por Bampidis & Robinson (2006) e Carvalho (1995), que reportaram valores médios de 90% de MS, 6% de PB, 6% de MM, 25% de FDN, 1% de lignina, 25% de pectina, 1,59% de cálcio e 0,08% de fósforo. Segundo Oluremi et al. (2006), a polpa tem 89,65% de matéria seca, 10,74% de PB, 7,86% de FB, 12,60% de EE, 11,90% de cinzas, 56,90% de ENN, 1666 kcal/kg de EM e 3,88 mg de vitamina C/100g de subproduto.

Observando os valores médios de tempo de trânsito do alimento (Tabela 4), houve efeito linear crescente dos níveis de polpa cítrica ($P < 0,05$), sendo que o tratamento com maior inclusão de polpa cítrica (40%) apresentou o maior tempo de trânsito 68 minutos, enquanto o tratamento sem inclusão de polpa cítrica ou com menor percentagem de inclusão, apresentaram os menores tempos de trânsito, 57 e 58 minutos, respectivamente. O maior tempo de passagem das rações com inclusão de polpa cítrica pode estar relacionado à solubilidade da fibra alimentar, a qual pode ser qualificada em solúvel e insolúvel. Neste caso, a porção de fibras insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina) da dieta pode ter aumentado o volume e a taxa de passagem do bolo intestinal Araújo et al. (2008).

Tabela 4. Valores percentuais médios do tempo de trânsito da ração no trato gastrointestinal de codornas em função dos níveis de inclusão de polpa cítrica.

Níveis (%)	Tempo (minutos)
0	57±0,001
10	58±0,002
20	66±0,000
30	67±0,001
40	68±0,003*
CV (%)	11,90
R	$y = 0,0398 + 0,0011x$, $R^2 = 0,87$

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo

Quando comparado cada nível de inclusão de polpa cítrica com o tratamento controle, observou-se que o nível com 40% de inclusão apresentou maior tempo de trânsito ($P < 0,05$). Alterações na taxa de passagem do bolo alimentar podem melhorar a ação das enzimas, aumentando o aproveitamento do conteúdo da dieta por parte dos animais (Ferreira, 1994), devido ao fato de uma taxa de passagem mais lenta contribuir para uma microbiota intestinal mais ativa e estável.

Experimento II

As variáveis de desempenho (Tabela 5) e qualidade física dos ovos (Tabela 6) não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) com a inclusão de níveis crescentes de polpa cítrica. Justifica-se, assim, a utilização desse ingrediente na alimentação de codornas como uma alternativa para diminuir os custos com rações, sem prejuízos ao desempenho, uma vez que é um alimento energético, que em estudos nutricionais em animais monogástricos têm mostrado que pode substituir o milho nas dietas, sem apresentar efeitos adversos sobre o desempenho. Florou-Paneri et al. (2001) relataram ser benéfico e economicamente rentável o uso de até 6% polpa cítrica em dietas de codornas.

Tabela 5. Desempenho (média \pm erro padrão) de codornas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.

Níveis(%)	Produção (%)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Conversão alimentar (kg/kg)	Conversão alimentar (kg/dz)
0	95,16 \pm 0,93	30,60 \pm 0,43	3,113 \pm 0,107	0,413 \pm 0,016
2	93,01 \pm 2,63	30,26 \pm 0,74	3,164 \pm 0,125	0,415 \pm 0,015
4	93,21 \pm 3,60	28,63 \pm 0,78	3,166 \pm 0,202	0,435 \pm 0,025
6	92,92 \pm 3,52	31,31 \pm 1,34	3,205 \pm 0,222	0,466 \pm 0,027
8	93,16 \pm 1,94	30,06 \pm 0,48	3,277 \pm 0,114	0,420 \pm 0,011
10	92,40 \pm 2,24	30,40 \pm 0,54	3,212 \pm 0,085	0,439 \pm 0,010
CV%	5,82	6,85	2,08	1,31
Regressão	Ns	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.

Tabela 6. Qualidade de ovos (média \pm erro padrão) de codornas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica.

Níveis (%)	Peso médio dos ovos (g)	Porcentagem de casca (%)	Espessura da casca (mm)	Gravidade específica (g/mL)	Unidade Haugh
0	11,07 \pm 0,16	7,35 \pm 0,20	0,212 \pm 0,00	1,0691 \pm 0,00	93,59 \pm 0,66
2	10,95 \pm 0,17	6,82 \pm 0,28	0,205 \pm 0,00	1,0682 \pm 0,00	93,40 \pm 0,46
4	10,78 \pm 0,09	7,36 \pm 0,13	0,213 \pm 0,00	1,0707 \pm 0,00	94,49 \pm 0,76
6	11,10 \pm 0,16	7,13 \pm 0,23	0,209 \pm 0,00	1,0840 \pm 0,00	93,62 \pm 0,50
8	10,70 \pm 0,18	7,04 \pm 0,09	0,215 \pm 0,00	1,0688 \pm 0,00	92,30 \pm 1,29
10	10,72 \pm 0,05	6,79 \pm 0,12	0,208 \pm 0,00	1,0683 \pm 0,00	93,12 \pm 1,38
CV%	3,48	5,93	4,57	1,34	2,6
Regressão	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

*Diferente pelo teste de Dunnett a 5%. CV= Coeficiente de variação. R= Regressão. Ns = Não-significativo.

Os dados de dúzia de ovos produzidos e o consumo de ração foram utilizados para ajustar as equações da análise econômica (Tabela 7) para estimar o preço máximo da polpa a ser pago conforme o nível de inclusão. Aplicando os preços médios dos ingredientes, às equações ajustadas, foram constatados os índices de $-0,22$; $-0,05$; $-0,03$; $+0,08$ e $+0,12$ de polpa para os níveis de 2, 4, 6, 8 e 10%, respectivamente. Desta forma, os níveis acima de 8% de polpa mostraram-se economicamente viáveis, justificando a inclusão do subproduto em até 10% por apresentar melhor viabilidade econômica.

Tabela 7. Análise econômica da inclusão do subproduto de polpa cítrica em rações para codornas japonesas.

Polpa (%)	Equações
2	$\text{PMPOLPA } 2,0\% \leq - 1,296242*\text{PDZ} + 0,969429*\text{PMI} + 0,216505*\text{PFS} + 0,144281*\text{POL} + 0,006788*\text{PFB} + 0,031505*\text{PCA} + 0,000895*\text{PVM} + 0,001074*\text{PSA} + 0,000339*\text{PBS} - 0,005972*\text{PLI} - 0,002742*\text{PME} - 0,003966*\text{PTR} + 0,000036*\text{PBH}$
4	$\text{PMPOLPA } 4,0\% \leq - 0,744957*\text{PDZ} + 0,785837*\text{PMI} + 0,142841*\text{PFS} + 0,135034*\text{POL} + 0,003604*\text{PFB} + 0,003747*\text{PCA} + 0,000143*\text{PVM} + 0,000171*\text{PSA} - 0,000484*\text{PBS} - 0,006096*\text{PLI} - 0,003550*\text{PME} - 0,004095*\text{PTR} + 0,000006*\text{PBH}$
6	$\text{PMPOLPA } 6,0\% \leq - 0,489866*\text{PDZ} + 0,797086*\text{PMI} + 0,147350*\text{PFS} + 0,135601*\text{POL} + 0,003786*\text{PFB} + 0,005448*\text{PCA} + 0,000189*\text{PVM} + 0,000227*\text{PSA} - 0,000433*\text{PBS} - 0,006089*\text{PLI} - 0,003509*\text{PME} - 0,004101*\text{PTR} + 0,000008*\text{PBH}$
8	$\text{PMPOLPA } 8,0\% \leq - 0,247109*\text{PDZ} + 0,580680*\text{PMI} + 0,060493*\text{PFS} + 0,124702*\text{POL} + 0,000036*\text{PFB} - 0,027271*\text{PCA} - 0,000698*\text{PVM} - 0,000838*\text{PSA} - 0,001413*\text{PBS} - 0,006236*\text{PLI} - 0,004431*\text{PME} - 0,004250*\text{PTR} - 0,000028*\text{PBH}$
10	$\text{PMPOLPA } 10,0\% \leq - 0,063409*\text{PDZ} + 0,491045*\text{PMI} + 0,024525*\text{PFS} + 0,120188*\text{POL} - 0,001517*\text{PFB} - 0,040815*\text{PCA} - 0,001066*\text{PVM} - 0,001279*\text{PSA} - 0,001813*\text{PBS} - 0,006296*\text{PLI} - 0,004820*\text{PME} - 0,004311*\text{PTR} - 0,000043*\text{PBH}$

PMpolpa, preço máximo da polpa cítrica para que tenha a mesma eficiência econômica da ração sem polpa (nível zero de inclusão); PDZ: preço da dúzia do ovo; PMI: preço do kg de milho; PFS: preço do kg do farelo de soja; POL: preço do kg do óleo de soja; PFB: preço do kg do fosfato bicálcico; PCA: preço do kg do calcário; PVM, preço do kg do suplemento vitamínico mineral; PSA: preço do kg do sal; PBS: preço do kg de bicarbonato de sódio; PLI: preço do kg da lisina; PME: preço do kg da DL-metionina; PTR: preço do kg da L-Treonina.

Conclusão

A polpa cítrica apresentou 1382 kcal de energia metabolizável corrigida/kg, 9,6% de proteína bruta e 6,0% de extrato etéreo. Esta pode ser incluída nas rações de codorna de postura em até 10%, sem afetar os parâmetros de desempenho e qualidade interna e externa dos ovos, sendo economicamente viável sua utilização.

Refêrencias

- Agu, P. N. 2006 Nutritional Evaluation of sweet orange (*Citrus sinensis*) Peel as a Feed Resource in Broiler production. Un published M.Sc. Thesis. Department of Animal Production, University of Agriculture, Makurdi. Benue State. Nigeria.
- Araujo, D. M., J. H. V. Silva, E. C. Miranda, J. A. Araujo, P. F. G. Costa, and M. E. Teixeira. 2008. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. *Rev. Bras. Zootec.* 37:843-848.
- Bampidis, V. A., and P. H. Robinson. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 128:75-217.
- Carvalho, M. P. 1995. Citros. p. 171-214. In: Anais do simpósio sobre nutrição de bovinos. Piracicaba: FEALQ.
- Ferreira, W.M. 1994. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. p.85-113. In: Anais da 31. Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, simpósio internacional de produção de não ruminantes. Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- Florou-Paneri, P., V. Babidis, D. Kufidis, E. Christaki, and A. B. Spais. 2001. Effect of feeding dried citrus pulp on quail laying performance and some egg quality characteristics. *Arch. Geflügelk.* 65:178-181
- González-Alvarado, J. M., E. J imenez-Moreno, R. Lázaro, and G. G. Mateos. 2007. 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. *Poult. Sci.* 86:1705-1715.
- Guluwa, L. Y., Y. A. Madaki, H. Machido, R. J. Dantayi, and S. Kulokom. 2014. Growth Performance and Carcass Evaluation of Quails Fed Graded Levels of Water Soaked Sweet Orange Peel Meal (SOPM). *Adv. Life Sci. Techn.* 20.
- Haugh, R. R. 1937. The Haugh Unit for measuring egg quality. *The U.S. egg e poultry magazine.* 4: 552.
- Hetland, H. M. Choct, and B. Svihus, 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poult. Sci.* 60:415-422.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2013. Anuário estatístico do Brasil: Aspecto das atividades agropecuárias e extração vegetal. 172p. IBGE, Rio de Janeiro.
- Józefiak, D., A. Rutkowski, and S.A. Martin. 2004. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 113: 1-15.
- Matterson, L. D., L. M Potter, and N. W. Stutz, 1965. The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens. p.11. Storrs: University of Connecticut - Agricultural Experiment Station.
- Murakami, A. E., and A. C. Furlan. 2002. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. p.113-120. In: Anais do 1. Simpósio internacional de coturnicultura, Lavras. Lavras: Universidade Federal de Lavras.
- National Research Council - NRC. 1996. Nutrients requeriments of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.

- Oluremi, O. I. A., V. O. Ojighen and E. H. Ejembi. 2006. The nutritive value of sweet orange (*Citrus sinensis*) in broiler production. *Inter. J. Poult. Sci.* 5:613-617.
- Pinheiro, C.C. 2007. Efeitos da fibra e da suplementação com enzimas exógenas sobre a digestibilidade de dietas para frangos de corte formuladas à base de soja. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. p.186. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- Sakomura, N. K., and H. S. Rostagno. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 283p. FUNEP, Jaboticabal.
- Silva, D. J., and A. C. Queiroz. 2002. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. 235p. 3.ed. UFV, Viçosa.
- Watanabe, P. H. 2007. Polpa cítrica na restrição alimentar qualitativa para suínos em terminação. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – São Paulo - Brasil Jaboticabal.

VI- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que a utilização de polpa cítrica mostrou-se favorável quando incluída na alimentação de frangos de corte, sem alterar o desempenho, rendimento de carcaça, melhorando os níveis séricos de colesterol e triglicérido, qualidade e oxidação lipídica da carne, e com melhores índices econômicos, sendo economicamente viável.

A polpa cítrica pode ser utilizada na alimentação de poedeiras comerciais, sem afetar o desempenho, os parâmetros de qualidade interna e externa dos ovos e melhorando a resistência dos ovos à quebra e a oxidação lipídica, aumentando assim o tempo de prateleira e sua qualidade durante o tempo de estocagem.

Considerando os resultados da oxidação lipídica da carne de frangos, propõe-se em trabalhos futuros avaliar os níveis séricos médios das concentrações de superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), glutathione reduzida (GSH) a fim de complementar e identificar a capacidade antioxidante total do subproduto.

A polpa cítrica mostrou ter um alto teor de carotenoides, tornando-se interessante avaliar a coloração da gema dos ovos, para observar o efeito dos carotenoides contidos na polpa, e se estes possuem relação com a oxidação lipídica dos ovos.