

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Zootecnia
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TESE

Farelo de arroz na nutrição de aves e suínos

Edenilse Gopinger

Pelotas/RS, 2016

Edenilse Gopinger

Farelo de arroz na nutrição de aves e suínos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências, na área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier

Co-orientadora: Profa. Dra. Débora Cristina Nichelle Lopes

Co-orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Co-orientador: Dr. Everton Luis Krabbe

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G573f Gopinger, Edenilse

Farelo de arroz na nutrição de aves e suínos / Edenilse Gopinger ; Eduardo Gonçalves Xavier, Debora C.N. Lopes, orientadores ; Moacir Cardoso Elias, Everton L. Krabbe, coorientadores. — Pelotas, 2016.

110 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Armazenamento. 2. Arroz. 3. Codornas. 4. Estabilização. 5. Frangos de corte. I. Xavier, Eduardo Gonçalves, orient. II. Lopes, Debora C.N., orient. III. Elias, Moacir Cardoso, coorient. IV. Krabbe, Everton L., coorient. V. Título.

CDD : 636.0852

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora

Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier (Presidente/ UFPEL)

Prof. Dra. Ana Paula Nunes (UFPeI)

Prof. Dra. Fabiane Pereira Gentilini (IF Sul/CAVG)

Prof. Ph.D. Fernando Rutz (UFPeI)

Prof. Dr. Marcos Antonio Anciuti (IF Sul/ CAVG)

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso de doutorado e pela formação profissional. À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier, pela orientação, amizade, apoio, paciência, auxílio no crescimento profissional e pessoal, e confiança durante a realização do doutoramento. Muito Obrigado!

Aos meus co-orientadores Prof. Dra. Debora C.N. Lopes e Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias pela orientação, ensinamentos e dedicação.

Ao meu Co-orientador e pesquisador da Embrapa (CNPISA) Dr. Everton Luis Krabbe, pela oportunidade de realizar trabalhos na Embrapa, pela dedicação, apoio e ensinamentos.

Aos meus pais Etelvino e Irene, pelo amor, carinho, dedicação e ensinamentos que mederam. Pelo apoio incondicional para realização de meus sonhos. AMO VOCÊS! Aos meus irmãos Evandro e Edinéia que sempre estiveram torcendo por mim.

Aos colegas da Pós-graduação pela amizade e companheirismo. Aos funcionários do Departamento de Zootecnia Norma, Ana, André e Seu Juca pela ajuda e convivência. Aos alunos do grupo GEASPEL por toda a ajuda prestada durante o experimento e atividades laboratoriais.

Ao Dr. Merlin Lindemann (*University of Kentucky*) pela oportunidade de realizar o doutorado sanduíche e pela concessão da bolsa neste período.

Enfim, agradeço de coração a todos que direta ou indiretamente torceram por mim em mais esta etapa da minha vida...Muito obrigada por tudo!

“Nada grande na vida é alcançado sem entusiasmo. Os ganhadores fazem acontecer e os perdedores esperam que aconteça”.

Autor desconhecido.

Resumo

GOPINGER, Edenilse. **Farelo de arroz na nutrição de aves e suínos**. 2016. 110f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

O presente estudo foi realizado para avaliar o efeito de ácidos orgânicos na estabilização do farelo de arroz integral (FAI) armazenado por diferentes períodos e seu uso na alimentação de codornas e frangos de corte. Também foi avaliado o farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado (FEPDA) na dieta de suínos. Foram conduzidos seis ensaios. O FAI foi tratado com a mistura de ácido acético e propiônico e armazenado por 120 dias. Não foram verificadas alterações significativas na composição proximal durante o tempo de armazenamento e em função do uso de ácidos orgânicos. Os ácidos proporcionaram os maiores valores de energia bruta, os menores incrementos de acidez lipídica e as menores formações de produtos primários (K_{232}) e secundários de oxidação lipídica (K_{270}) ao final dos 120 dias de armazenamento. Após este período, o FAI foi incluído em 20% nas dietas das aves. Foram utilizadas 150 codornas japonesas, com 90 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em fatorial 5x2, com cinco tempos de armazenamento (inicial, 30, 60, 90 e 120 dias), com ou sem o tratamento de ácidos orgânicos. Houve efeito significativo da interação ($P < 0,05$) entre o tempo de armazenamento e os ácidos orgânicos sobre a gravidade específica dos ovos. Foi observado um aumento ($P = 0,01$) no consumo de ração até os 71 dias de armazenamento do FAI, reduzindo posteriormente. Uma resposta quadrática crescente ($P = 0,03$) foi verificada na massa de ovos até 71 dias de armazenamento do FAI, diminuindo posteriormente. Para avaliação do FAI na alimentação de frangos de corte, foram utilizados 320 machos, Cobb, de 1 a 21 dias de idade, com a inclusão de 12% de FAI armazenado por 0, 30, 60, 90 e 120 dias. Não houve efeito significativo do tempo de armazenamento sobre o desempenho dos frangos. Observou-se um aumento linear na digestibilidade da proteína bruta em função do aumento do tempo de armazenamento. Foi observado um aumento no coeficiente de digestibilidade da energia metabolizável aparente até os 43 dias de armazenamento do FAI, diminuindo posteriormente. Houve uma resposta quadrática decrescente na altura das vilosidades, diminuindo até os 72 dias de armazenamento, aumentando posteriormente. Na relação vilosidade:cripta observou-se um efeito quadrático decrescente, que diminuiu até 50 dias de armazenamento e aumentou posteriormente. O tempo de armazenamento do FAI não afetou a resistência óssea, flexibilidade e rigidez das tíbias. Foram também avaliados os coeficientes de digestibilidade do FEPDA em suínos de 15 e 50 kg, e sua palatabilidade em dietas de leitões na fase de creche. Foram utilizados 36 leitões com 15 kg e 24 com 50 kg, alojados em gaiolas metabólicas por 12 dias, sendo sete de adaptação e cinco de coletas. Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio. Os resultados demonstraram que o FEPDA apresentou ED de 2994 e 3063 kcal/kg e EMA de 3353 e 3247 kcal/kg para suínos de 15 e 50kg, respectivamente. Outro estudo utilizou 36 leitões desmamados aos 21 dias de idade, sendo testado 0, 16 e 32% de FEPDA nas dietas, disponibilizadas em todas as unidades experimentais. Somente na fase inicial houve consumo maior da dieta com 32% de FEPDA. Na fase final não houve diferença. Em conclusão, a adição de 2% da mistura de ácido acético e propiônico no FAI armazenado durante 120 dias

auxiliou na preservação da qualidade. Este farelo pode ser utilizado em 20% na dieta de codornas. O mesmo farelo pode ser armazenado por até 50 dias e incluído em 12% na dieta de frangos de corte. O FEPDA pode ser classificado como novo ingrediente, podendo ser incluído em 32% na dieta de leitões na fase de creche.

Palavras-chave: armazenamento, arroz, codornas, estabilização, frangos de corte, suinocultura.

Abstract

GOPINGER, Edenilse. **Rice bran in the feeding of poultry and swine**. 2016. 110f. Thesis (Doctor of Science) – Graduate Program in Animal Science, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas-Brazil, 2016.

A study was conducted to evaluate the use of organic acids for stabilizing whole rice bran (RB) stored for different periods and its use in the feeding of quails and broilers. Rice bran stabilized and partially deffated (FEPDA) was also evaluated in the feeding of swine. A total of six assays were conducted. The RB was treated with a mixture of acetic and propionic acid and stored for 120 days. No major changes were observed in the proximal composition during the storage time and due to the use of organic acids. The use of organic acids provided the highest gross energy values, the smallest increments of lipid acidity and the lowest formations of primary (K_{232}) and secondary products of lipid oxidation (K_{270}) at the end of 120 days of storage. After this period, RB was added at 20% to the diets. A total of 150 90-day-old Japanese quails were distributed in a completely randomized design in a 5x2 factorial, with five storage times (initial, 30, 60, 90 and 120 days), with or without treatment with organic acids. A significant interaction ($P<0.05$) was observed between the storage time and the organic acids only for the specific gravity of the eggs. An increased feed consumption ($P=0.01$) was observed up to 71 days of storage of RB, then reducing it. A quadratic response ($P=0.03$) was observed for the egg mass, increasing until 71 days of storage of RB and decreasing afterwards. To study RB in the feeding of broiler chickens, 320 male Cobb were evaluated from 1 to 21 days, with the inclusion of 12% RB (stored for 0, 30, 60, 90 and 120 days) in the diets. The performance was not significant affected by the storage time of RB. A linear increase in the digestibility of crude protein due to the increase in the RB storage time was observed. The digestibility coefficient of apparent metabolizable energy increased up to 43 days of storage of RB, reducing afterwards. A decreased quadratic response of villus height, which reduced up to 72 days of storage of RB, and increased there after was detected. A decreased quadratic effect was found for villus:crypt ratio, which reduced until 50 days of storage of RB, and increased later. The storage of RB did not affect bone strength, flexibility and stiffness of the tibias. The digestibility coefficients of FEPDA in 15 and 50kg pigs and its palatability in the diets of nursery pigs were also evaluated. A total of 36 (15 kg) and 24 (50 kg) piglets were placed in metabolic cages for 12 days, with a 7-day adaptation period and 5 days of collection. Digestibility coefficients of dry matter, crude protein, digestible energy (DE), apparent metabolizable energy (AME) and apparent metabolizable energy corrected for nitrogen were evaluated. The results showed that the FEPDA presented De 2994 and 3063 kcal/kg and AME 3353 and 3247 kcal/kg for pigs 15 and 50kg respectively. In another study, the levels of 0, 16 and 32% of FEPDA were tested in the diets of 36 piglets (weaned at 21 days). The diets were provided to all the experimental units. Only at the initial phase a higher feed intake in the 32% FEPDA was observed. No difference was observed at the final phase. In conclusion, the addition of 2% of the mixture of acetic and propionic acid in RB stored for 120 days aided in preserving its quality. This meal can be used at 20% in quail diet. The RB can be stored for up to 50 days and included in 12% in the diet of broilers. The FEPDA can be classified as

a new ingredient, and it can be added up to 32% in the diets of piglets in the nursery phase.

Keywords: broilers, quails, rice, stabilization, storage, swine production.

Lista de tabelas

Capítulo 2

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Composição centesimal do farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização de mistura de ácido acético e propiônico..... | 41 |
| Tabela 2- Perfil colorimétrico de farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização de mistura de ácido acético e propiônico..... | 45 |

Capítulo 3

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Composição da dieta experimental | 57 |
| Tabela 2- Desempenho produtivo de codornas de postura alimentadas com farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e tratado com ácidos orgânicos | 62 |
| Tabela 3- Qualidade interna e externa de ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e tratado com ácidos orgânicos | 65 |
| Tabela 4- Desdobramento da interação entre tempo de armazenamento (dias) do farelo de arroz integral tratado ou não com ácido acético em dietas de codornas sobre a gravidade específica de ovos | 66 |
| Tabela 5- Composição bromatológica (base natural) de ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e tratado com ácidos orgânicos..... | 67 |
| Tabela 6- Características sensoriais de ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e tratado com ácidos orgânicos | 69 |

Capítulo 4

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Composição das dietas experimentais..... | 77 |
| Tabela 2- Desempenho zootécnico de frangos de corte alimentados de 1 a 21 dias de idade com dietas contendo farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média \pm desvio padrão) | 81 |

| | |
|--|----|
| Tabela 3- Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), cinzas (CZ), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) de dietas de frangos de corte alimentados com farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média±desvio padrão) | 83 |
| Tabela 4- Morfometria da altura de vilosidade, profundidade de cripta duodenal e relação vilosidade: cripta de frangos alimentados com dieta contendo farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média±desvio padrão)..... | 85 |
| Tabela 5- Resistência óssea, flexibilidade e rigidez da tibia aos 21 dias de idade de frangos de corte, machos, Cobb 500, alimentados com dietas com farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média±desvio padrão)..... | 86 |

Capítulo 5

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Composição nutricional da dieta referência para suínos com 15kg | 92 |
| Tabela 2- Composição nutricional da dieta referência para suínos com 50 kg | 93 |
| Tabela 3- Coeficiente de digestibilidade (CD) de nutrientes do farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado para leitões com 15 kg e 50 kg | 96 |
| Tabela 4- Composição nutricional do farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado | 97 |

Capítulo 6

| | |
|--|-----|
| Tabela 1- Composição e perfil nutricional das dietas experimentais..... | 103 |
| Tabela 2- Consumo (kg/baia com 3 leitões) de ração de leitões na fase de creche em função dos níveis de inclusão de farelo de arroz parcialmente desengordurado (média ± desvio padrão)..... | 106 |
| Tabela 3- Peso médio (PM - kg), consumo médio diário (CMD – kg), ganho de peso diário (GPD - kg/a/d) e conversão alimentar (CA - kg/kg) de leitões na fase de creche (21 a 42 dias) | 108 |

Lista de figuras

Capítulo 1

Figura 1- Constituintes do grão de arroz21

Capítulo 2

Figura 1- Energia bruta do farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos46

Figura 2- Acidez lipídica do farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos47

Figura 3- Coeficiente de extinção específica (K_{232})do farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos49

Figura 4-Coeficiente de extinção específica (K_{270})do farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos50

Capítulo 6

Figura 1- Creches suspensas utilizadas no experimento 102

Figura 2- Comedouros utilizados no experimento 105

Sumário

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Introdução | 17 |
| | Capítulo 1 | 19 |
| | Revisão bibliográfica..... | 19 |
| | 1.1 Introdução..... | 20 |
| | 1.2 Farelo de arroz integral..... | 22 |
| | 1.2.1 Estabilização | 23 |
| | 1.2.2 Armazenamento | 24 |
| | 1.3 Uso na alimentação animal | 25 |
| | 1.4 Farelo estabilizado e parcialmente desengordurado de arroz | 29 |
| | Referências..... | 30 |
| | Capítulo 2 | 34 |
| | Estabilização de farelo de arroz integral com uma mistura de ácidos orgânicos de cadeia curta | 34 |
| | 2.2 Materiais e métodos | 36 |
| | 2.2.1 Material, preparação, acondicionamento e armazenamento das amostras | 36 |
| | 2.2.2 Composição proximal | 37 |
| | 2.2.3 Perfil colorimétrico | 38 |
| | 2.2.4 Energia bruta | 38 |
| | 2.2.5 Acidez lipídica..... | 38 |
| | 2.2.6 Coeficiente de extinção específica (K_{232} e K_{270}) | 39 |
| | 2.2.7 Análise estatística..... | 39 |
| | 2.3 Resultados e discussão | 39 |
| | 2.3.1 Composição proximal | 39 |
| | 2.3.2 Perfil colorimétrico | 43 |
| | 2.3.3 Energia bruta | 46 |

| | |
|--|----|
| 2.3.4 Acidez lipídica..... | 46 |
| 2.3.5 Coeficiente de extinção específica (K_{232} e K_{270}) | 48 |
| 2.4 Conclusões | 50 |
| Referências | 51 |
| Capítulo 3 | 54 |
| Desempenho, qualidade dos ovos e análise sensorial dos ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral estabilizado com ácidos orgânicos e armazenado em diferentes tempos | 54 |
| 3.1 Introdução..... | 55 |
| 3.2 Material e métodos | 56 |
| 3.2.1 Delineamento experimental, animais e dietas | 56 |
| 3.2.2 Desempenho e qualidade dos ovos | 58 |
| 3.2.3 Análise sensorial | 60 |
| 3.2.4 Análise estatística..... | 60 |
| 3.3 Resultados e discussão | 61 |
| 3.4 Conclusão..... | 70 |
| Referências | 71 |
| Capítulo 4 | 74 |
| Farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes, morfometria da mucosa intestinal e características ósseas de frangos de corte..... | 74 |
| 4.1 Introdução..... | 75 |
| 4.2 Material e métodos | 76 |
| 4.2.1 Animais..... | 76 |
| 4.2.2 Delineamento experimental e dietas | 76 |
| 4.2.3 Desempenho zootécnico | 78 |
| 4.2.4 Digestibilidade de nutrientes..... | 78 |
| 4.2.5 Análise morfométrica da mucosa intestinal | 79 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.6 Características ósseas | 80 |
| 4.2.7 Análise estatística..... | 80 |
| 4.3 Resultados e discussão | 81 |
| 4.4 Conclusão..... | 86 |
| Referências | 87 |
| Capítulo 5 | 89 |
| Valor nutricional do farelo estabilizado parcialmente desengordurado de arroz e sua digestibilidade para suínos..... | 89 |
| 5.1 Introdução..... | 90 |
| 5.2 Material e métodos | 91 |
| 5.3 Resultados e discussão..... | 94 |
| 5.4 Conclusão..... | 97 |
| Referências | 98 |
| Capítulo 6 | 99 |
| Palatabilidade do farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado em dietas de leitões na fase de creche | 99 |
| 6.1 Introdução..... | 100 |
| 6.2 Material e métodos | 102 |
| 6.3 Resultados e discussão..... | 105 |
| 6.4 Conclusões..... | 109 |
| Referências | 109 |
| 7. Considerações finais..... | 111 |

1 Introdução

Nos últimos anos, a produção de não ruminantes tem passado por diversos períodos de instabilidade, em função do baixo preço do produto associado aos elevados custos de produção. Os ingredientes mais utilizados nas dietas, milho e farelo de soja, apresentam oscilação nos preços aliado à crescente demanda na produção de biocombustíveis e efeitos climáticos que afetam sua disponibilidade, refletindo na margem de lucro dos produtores.

Neste contexto, pesquisas envolvendo a utilização de alimentos alternativos são importantes, com destaque para os coprodutos. O possível uso dos alimentos alternativos na alimentação de não ruminantes dependerá do reconhecimento das suas potencialidades e restrições, de modo a manterem produtividade e possibilitarem redução dos custos de produção, com reflexos diretos sobre a viabilidade e lucratividade da atividade.

O Brasil é um dos dez maiores produtores mundiais de arroz, com uma produção de 10 998,1 milhões de toneladas na safra 2015/2016, tendo 70% da produção localizada no Rio Grande do Sul, tornando-se o principal produtor de arroz do país, com uma produção de 7 697,7 mil de toneladas em 2015/2016 (CONAB, 2016), possibilitando a necessidade de utilizar os derivados do beneficiamento do arroz na alimentação animal.

O farelo de arroz integral (FAI) é um coproduto obtido a partir do processo de polimento do arroz. A sua composição química pode variar em função do tipo de processamento do arroz, uma vez que não existe uma padronização do método de polimento do grão durante o seu beneficiamento para o consumo humano. A variedade genética e as condições ambientais nas quais a planta foi cultivada

também influenciam a composição química e a distribuição dos componentes químicos do grão de arroz (GOMES et al., 2012).

Contudo, está sujeito a rancificação pela grande quantidade de óleo e pela ativação da enzima lipase, que acelera a decomposição de óleos e gorduras. Esse fato reduz o tempo de armazenamento, dificultando sua utilização pelas fábricas de ração. Os produtos da rancificação podem interferir na palatabilidade do ingrediente e produzir elementos tóxicos aos animais, além de reduzir a disponibilidade de vitaminas, principalmente as lipossolúveis. Uma forma de melhorar a sua conservação é através da extração do óleo por solvente ou por esmagamento, resultando em farelo de arroz desengordurado (FADE). Porém, esse produto apresenta baixo teor de energia bruta e alta concentração de substâncias fibrosas, proteína, minerais e vitaminas quando comparado com o FAI, em decorrência da extração do óleo, o que gera alto custo para a indústria.

A rapidez e a intensidade dos processos de rancificação estão sujeitas à qualidade intrínseca do farelo, do sistema de armazenamento empregado e dos fatores ambientais durante a estocagem. As mudanças que ocorrem no período de armazenamento incidem em perdas quantitativas e/ou qualitativas, sendo as quantitativas as mais observadas, como o ataque de pragas. Já as qualitativas são devidas as reações químicas enzimáticas e/ou não enzimáticas, a presença de matérias estranhas, impurezas e ao ataque microbiano (MUJAHID et al., 2005).

Desta forma, o presente trabalho foi realizado para avaliar o efeito da estabilização do farelo de arroz integral com ácidos orgânicos e o tempo de armazenamento, estudando o efeito da sua inclusão na alimentação de codornas de postura e frangos de corte. Além disso, foi avaliada a composição nutricional e os coeficientes de digestibilidade do farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado (FEPDA) na dieta de suínos em diferentes idades, e sua palatabilidade, através de um ensaio com livre escolha de alimento.

Capítulo 1

Revisão bibliográfica

1.1 Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de frangos de corte, ficando atrás apenas dos EUA, com uma produção de 13146 mil toneladas em 2015, um crescimento de 3,42% em relação a 2014, quando a produção foi de 12690 mil toneladas (ABPA, 2016). Do volume total de frangos produzidos, 67,3% foi destinado ao consumo interno e 32,7% para exportações, assim confirmando o Brasil como o maior exportador mundial de carne de frango, com 4,304 milhões de toneladas exportadas em 2015, posição que ocupa desde início do presente século. O Oriente Médio se manteve como a principal região de destino da carne de frango brasileira, seguido de Ásia, África e União Europeia (ABPA, 2016).

Além disso, o consumo de carne vem aumentando nos últimos anos no Brasil, apresentando consumo *per capita* de 43,25 kg em 2015, com um acréscimo de 14,40% em relação a 2007, quando o consumo per capita foi de 37,02 kg (ABPA, 2016).

Dentro do setor avícola, uma atividade que vem se destacando nos últimos anos é a coturnicultura, passando de uma atividade de subsistência para ocupar um cenário de atividade altamente tecnificada e resultados promissores. Codornas apresentam rápido crescimento, precocidade e maturidade sexual (35 a 42 dias), alta produtividade (300 ovos/ano) e longevidade de produção (14 a 18 meses). Além disso, exigem pequenos espaços, apresentam baixo custo de mão de obra e rápido retorno financeiro, em comparação com outras atividades avícolas. De acordo com o IGBE (2013) a produção de ovos de codorna foi de 342,503 milhões de dúzias em 2013, com um aumento de 20,2% em relação a 2012.

Em relação a produção de suínos, o Brasil ocupa a quarta posição, com uma produção de 3 643 mil toneladas de carne em 2015, sendo 84,8% destinada para o mercado interno e 15,2% para exportações, tornando o país o quarto maior exportador. Além disso, o consumo de carne vem aumentando, apresentando um consumo per capita de 15,1kg em 2015 (ABPA, 2016).

Dessa forma, a avicultura e a suinocultura são atividades de produção animal que se desenvolveram significativamente nos últimos anos, tanto quantitativa como qualitativamente, sendo a genética, o manejo e a nutrição os principais

responsáveis. Com esse desenvolvimento, aumentou a preocupação quanto à redução no custo do sistema de criação. Assim, há maior busca por alimentos que atendam às exigências nutricionais e que sejam economicamente viáveis.

O arroz é um dos cereais mais consumidos do mundo. O Brasil é o nono maior produtor mundial e colheu 10,99 milhões de toneladas na safra 2015/2016. A produção está distribuída principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso. O Rio Grande do Sul vem a ser o maior produtor nacional, representando cerca de 70% do total, com 7,69 milhões de toneladas na safra 2015/2016 (CONAB, 2016).

A composição química dos grãos de arroz pode variar em função desde as características genéticas, passando pelas influências dos fatores ambientais, até as condições de armazenamento e método de beneficiamento empregado, sendo o grão constituído basicamente de casca (22%), endosperma (70%) e farelo (8%), conforme a figura 1 (DORS et al., 2009).

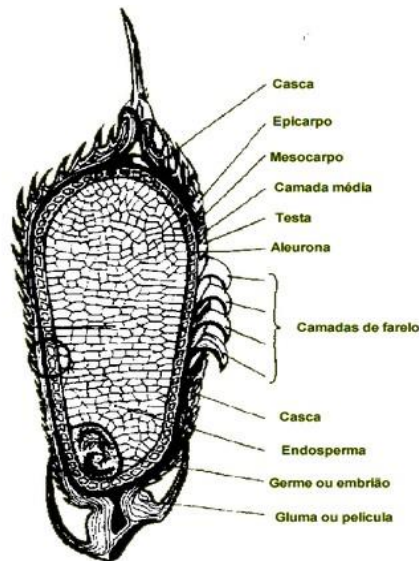


Figura 1- Constituintes do grão de arroz

Fonte: http://www.ufrgs.br/alimentus1/terrade arroz/grao/gr_esquema_popup.htm

No processo de beneficiamento dos grãos de arroz, alguns subprodutos são gerados, dentre eles o farelo de arroz integral e o farelo de arroz desengordurado, sendo constituídos de casca e/ou gérmen e podendo também conter partes do endosperma (ANVISA, 2005).

O farelo de arroz consiste em algumas camadas externas do arroz integral que são retiradas para a produção do arroz polido. No Brasil, o farelo de arroz possui baixo valor comercial, sendo utilizado para extração de óleo e cerca de 90% na fabricação de rações, e somente uma pequena parte utilizada na alimentação humana e uso doméstico.

1. 2 Farelo de arroz integral

O farelo de arroz integral (FAI) é um dos derivados que representa 13% do peso dos grãos e consiste do pericarpo, gérmen, fragmentos de arroz e pequenas quantidades de casca (RIBEIRO et al., 2010). Obtido após o polimento do grão e não sofre extração do óleo, tendo em sua composição em torno de 18% de óleo. Apresenta aspecto farináceo e fibroso, sendo suave ao tato. Possui 2521 kcal/kg de energia metabolizável para aves e 3111 kcal/kg de energia metabolizável para suínos, 89,34% de matéria seca, 13,13% de proteína bruta, 14,49% de extrato etéreo, 8,07% de fibra bruta, 0,11% de cálcio e 0,24% de fósforo disponível (ROSTAGNO et al., 2011).

O farelo de arroz possui alto teor de gordura que juntamente com a proteína de qualidade, grande concentração de minerais e vitaminas, torna-se uma alternativa na alimentação animal. No entanto, a oxidação das suas gorduras compromete o seu consumo. As enzimas lipase e peroxidases são as grandes responsáveis pela liberação dos ácidos graxos que são passíveis de rancificação. A rancificação hidrolítica, por sua vez, é quantificada pela elevação do índice de acidez, devido a liberação de ácidos graxos (ROCHA, 2002).

O óleo presente no grão de arroz é relativamente estável porque as enzimas lipolíticas estão intactas dentro do núcleo armazenado na camada de aleurona e germe. No entanto, durante o processo de moagem, ocorre o rompimento físico desta barreira e a enzima lipase entra em contato com a gordura neutra, causando a sua hidrólise a ácidos graxos livres e glicerol no farelo (MALEKIAN et al., 2000). Portanto, após a moagem a enzima lipase deve ser inativada o mais breve possível.

1.2.1 Estabilização

A maior limitação do uso de FAI como ingrediente nas dietas é a sua alta instabilidade durante o armazenamento devido ao seu elevado teor de ácidos graxos insaturados que contém o substrato necessário para o desenvolvimento da acidez (MUJAHID et al., 2005).

A hidrólise dos triglicerídeos do óleo do farelo de arroz e a formação de ácidos graxos livres é a principal causa da deterioração, que ocorre nos primeiros dias ou primeiras semanas após a moagem. Assim, a qualidade nutricional do farelo de arroz deteriora-se porque o óleo sofre rancidez hidrolítica e oxidativa. No entanto, o processo de estabilização do farelo (inativação da lipase) pode evitar a deterioração do óleo (MUJAHID et al., 2005). O primeiro passo da estabilização é diminuir a atividade da lipase, pois a inibição da formação de ácidos graxos livres é essencial para controlar a oxidação lipídica do farelo (BRUNSWILER et al., 2013).

A estabilização do farelo de arroz é um desafio para a produção de alimentos com qualidade e sabor aceitáveis. O farelo de arroz possui enzimas que hidrolisam o óleo, aumentando o conteúdo de ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos que uma vez oxidado promovem a formação de odor e sabor de ranço, o que compromete a sua utilização nas dietas (GLUSHENKOVA et al., 1998).

O processamento térmico é o método mais utilizado para inativação das lipases e produção de FAI estável, sem aumento dos ácidos graxos livres durante o armazenamento (MUJAHID et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2012). Porém, outros métodos, como a utilização de produtos químicos, tais como ácidos orgânicos (clorídrico, acético) e estabilização por micro-ondas (PRAKASH e RAMANATHAM, 1995; PRAKASH, 1996; RAMEZANZADEH et al., 1999) têm sido estudados.

Métodos de estabilização (inativação de enzimas) do FAI foram publicados na literatura. Sharma et al. (2004) utilizaram tratamento térmico, enquanto que Brunschwiler et al. (2013) utilizaram aquecimento por espectrômetro UV. Já Mujahid et al. (2005) utilizaram a extrusão, enquanto que Amarasinghe et al. (2009) utilizaram a refrigeração e a acidificação. Esses estudos foram conduzidos com o intuito de possibilitar a utilização do farelo de arroz em alimentos. Caso contrário, o

farelo deve ser imediatamente submetido ao processo de extração de óleo, sem a possibilidade do armazenamento ou utilização na alimentação animal.

A estabilização do farelo proporciona a redução da atividade enzimática, principalmente de lipases, peroxidases e lipoxigenases. Portanto, mantém a qualidade nutricional do farelo de arroz integral (BRUNSCHWILER et al., 2013). A inativação de enzimas lipolíticas com produtos químicos tais como ácido clorídrico, ácido acético e propanol, também tem sido estudada (PRAKASH, 1996). Segundo Suhr e Nielsen (2004), a dosagem de três litros por tonelada de farelo é eficiente durante 30 dias de armazenamento. Dependendo do tratamento de estabilização, as enzimas lipolíticas podem ser inibidas reversivelmente, sendo desnaturadas parcial ou permanentemente. Para a estabilização eficaz do farelo de arroz, o tratamento deve ser suficiente para inativar enzimas lipolíticas e minimizar a decomposição de componentes bioativos (KIM et al., 2014).

Prabhakar e Venkatesh (1986) conseguiram controlar a atividade da lipase do farelo de arroz usando ácido clorídrico. De acordo com os autores, o ácido reduz o pH e desta forma inibe a lipase, pois a enzima no farelo de arroz ocorre em um pH ótimo entre 7,5 a 8,0 e o ácido o reduz para em torno de 4,5 a 4,0. Os autores recomendam o uso de 40 ml de ácido clorídrico por kg de farelo de arroz.

1.2.2 Armazenamento

A deterioração do farelo de arroz pela lipase é afetada pela temperatura, condições de embalagem e tempo de armazenamento (MALEKIAN et al., 2000).

O objetivo real do armazenamento é manter as características que os grãos possuem imediatamente após o pré-processamento, como a qualidade industrial e as propriedades nutritivas (BROOKER et al., 1992). Entretanto, independentemente da espécie, do depositante ou das características do local, perdas poderão ocorrer durante a permanência do produto no armazém (FARONI et al., 2005). No entanto, o armazenamento do farelo de arroz é um desafio, pois de acordo com Mujahid et al. (2005), o aumento do índice de peróxidos e ácidos graxos livres durante o armazenamento é resultado do processo de degradação do farelo de arroz, dificultando a sua conservação.

Brunschwiler et al. (2013) observaram que o processo de estabilização do farelo de arroz reduz o grau a oxidação lipídica e melhora a sua vida útil quando armazenado por três a seis meses. Por sua vez, Maragno e Kuhn (2013) observaram que a estabilização do farelo de arroz por micro-ondas promoveu menor atividade de lipase quando armazenado por até 60 dias, sendo que a estabilização por calor preveniu a rancidez hidrolítica e aumentou a vida útil do farelo.

De mesma forma, Rocha (2002) estabilizou o farelo de arroz com micro-ondas e também obteve teores reduzidos de ácidos graxos livres após quatro semanas de armazenamento. Assim como Ramezanzadeh et al. (1999), que observaram menores níveis de lipase no farelo tratado com micro-ondas e armazenado por 16 semanas. Já Rosniyana et al. (2009), indicam o armazenamento do farelo de arroz por até 4 e 6 meses, sendo o mesmo estabilizado termicamente por autoclavagem e parboilização, respectivamente.

1.3 Uso na alimentação animal

O farelo de arroz constitui-se em uma ótima fonte de energia para alimentação de não ruminantes. No entanto, seu uso tem sido limitado devido a rápida perda na qualidade dos nutrientes em função do tempo de armazenamento e armazenagem inadequada.

Chae et al. (2002) ao avaliarem o farelo de arroz desengordurado, FAI fresco e farelo de arroz rançoso, nos níveis de inclusão de 5 e 10% na dieta de frangos na fase inicial e final, respectivamente, observaram maior consumo de ração e melhor conversão alimentar das aves alimentadas com farelo de arroz desengordurado na fase final. Durante o período total, observaram maior ganho de peso, consumo de ração e melhor conversão alimentar nas aves alimentadas com farelo de arroz desengordurado. De acordo com os autores, o farelo rançoso promove resultado inferior no desempenho dos frangos em relação ao FAI, sugerindo que a estabilidade da gordura afeta o desenvolvimento das aves.

Ao avaliarem o efeito da estabilização do farelo de arroz por tratamento térmico (autoclavado) e sua inclusão em diferentes níveis (0, 6, 12, 18%) na dieta de frangos de corte, Eizadi et al. (2015) observaram que o aumento nos níveis de farelo

de arroz cru e autoclavado causa redução no ganho de peso, consumo de ração e piora na conversão alimentar das aves. Os autores também observaram redução na digestibilidade da matéria seca, energia metabolizável, proteína bruta e extrato etéreo. Além disso, há redução na altura de vilosidade como aumento dos níveis de farelo de arroz, pela presença de fatores antinutricionais do farelo, como ácido fítico e fibra bruta, que formam complexo com proteínas, vitaminas e minerais, diminuindo a biodisponibilidade de nutrientes para as aves.

No processamento térmico do FAI por infravermelho em diferentes tempos (0, 6, 8 e 10 minutos), Pontalti et al. (2014) observaram que o aumento no tempo de processamento do farelo causa efeito negativo na digestibilidade da proteína pelos frangos de corte. No entanto, avaliando a inclusão de 20 e 30% de FAI e farelo de arroz extrusado Zare-Sheibani et al. (2015) observaram que na fase inicial (8-21 dias de idade) as aves alimentadas com dieta contendo farelo extrusado e inclusão de 20 e 30% apresentaram maior consumo, ganho de peso e melhor conversão alimentar em relação as alimentadas com dieta contendo FAI. No período total (8-42 dias), as aves que receberam farelo de arroz extrusado (20 ou 30%) apresentaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar.

Adicionalmente, Mujahid et al. (2004) observaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar em frangos de corte alimentados com dieta contendo FAI extrusado, quando comparado com farelo de arroz peletizado, tostado ou cru. Os mesmos autores observaram que o aumento dos níveis de inclusão de FAI de 0,10, 20, 30, 40 e 50% causou redução linear no ganho de peso e piora na conversão alimentar de frangos de corte.

Quanto ao efeito do tempo de armazenamento do farelo de arroz parboilizado, Farias et al. (2014) sugerem que o mesmo pode ser armazenado por até 180 dias e incluído em 20% nas dietas de codornas de corte, pois ao testarem o uso de farelo de arroz parboilizado novo e armazenado por 180 dias nos níveis de 10 e 20% e o controle, sem uso de farelo de arroz nas dietas de codornas de corte, observaram que a dieta controle apresentou maiores coeficiente de digestibilidade da matéria seca e nitrogênio do que as dietas com farelo de arroz parboilizado. No entanto, a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) do controle foram menores do que nos demais tratamentos. Além disso, observaram que no nível de inclusão de 20% o farelo novo apresentou maior EMA e EMAn do que o farelo armazenado por 180 dias. Os autores

observaram que o aumento de 10 para 20% de farelo armazenado não promoveu aumento na EMA na mesma proporção que o farelo novo, atribuindo essa diferença aos processos de hidrólise e oxidação lipídica durante o armazenamento. Ainda, os mesmos autores não observaram efeito dos níveis de farelo de arroz parboilizado e do armazenamento no desempenho, parâmetros ósseos da tíbia e nas características de carcaças das codornas.

Em estudo avaliando o tempo de armazenamento do FAI por 0, 4, 8 e 12 meses, estabilização térmica por extrusão e tostagem e os níveis de inclusão de 0, 10, 20 e 30% na dieta de frangos de corte, Mujahid et al. (2003) observaram que o aumento no tempo de armazenamento e o incremento dos níveis de inclusão causa redução na digestibilidade da gordura, e que a extrusão apresenta maior digestibilidade de gordura quando comparado com o farelo tostado e o cru. Os autores justificam a maior digestibilidade de gordura do farelo extrusado devido a sua estabilização, que impede a deterioração do óleo, pela inativação de lipases e desnaturação de fatores antinutricionais. Segundo os autores, a redução na qualidade de nutrientes do farelo durante o armazenamento resultou na diminuição da digestibilidade dos nutrientes, a qual foi mais reduzida com o aumento do nível de farelo de arroz. Os autores observaram também interação entre o armazenamento, o processamento térmico e os níveis de inclusão de farelo de arroz sobre a digestibilidade da gordura, sendo que maior digestibilidade foi observada com extrusão em níveis menores (10%) de inclusão e farelo armazenado por períodos mais curtos (4 meses).

Filgueira (2012), avaliando níveis de inclusão de 0,5,10,15,20 e 25% de FAI parboilizado na dieta de codornas de corte, observaram uma redução linear no coeficiente de digestibilidade da matéria seca e energia bruta, e aumento da EMA e EMAn a partir de 5% de inclusão. Além disso, observaram redução linear no consumo de ração e no ganho de peso, porém sem influenciar a conversão alimentar, características de carcaça e parâmetros de qualidade óssea.

Em codornas de postura, por sua vez, Freitas et al. (2013) recomendam a utilização de até 25% de farelo de arroz parbolizado na fase de postura, pois ao testar a inclusão de 0, 5,10,15, 20 e 25% de farelo de arroz parboilizado nas fases de crescimento e de produção, verificaram na fase de crescimento que a inclusão acima de 5% promoveu uma redução linear na digestibilidade da matéria seca e da energia bruta das dietas. No entanto, constataram um aumento na EMA e na EMAn.

O consumo de ração, o ganho de peso e o peso final reduziram sem afetar a conversão alimentar e a composição corporal. Na fase de produção, a adição de farelo de arroz parboilizado aumentou a idade para produção do primeiro ovo, sem influenciar na idade para atingir 50% de produção. No entanto, não foi constatado efeito na produção de ovos, consumo de ração, peso e massa de ovos.

Gallinger et al. (2004), avaliando o efeito dos níveis de inclusão de 0, 10 e 20% de FAI na dieta de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, e 0, 10, 20, 30 e 40% dos 22 aos 40 dias de idade, observaram que aos 21 dias de idade as aves alimentadas com dieta sem farelo de arroz apresentaram maior peso médio e consumo de ração do que as alimentadas com dieta contendo farelo de arroz (10 e 20%). No entanto, não apresentaram diferença na conversão alimentar. No período total, aos 40 dias de idade, não houve diferença no consumo de ração, indicando que níveis elevados de ácidos graxos livres em dietas com farelo de arroz não afetaram o consumo. No entanto, a inclusão de níveis de 30 e 40% produziu aves mais leves do que as demais, além de as mesmas apresentarem menor percentual de cinzas nas tíbias, indicando que a disponibilidade de fósforo nas dietas é menor. Neste período, as aves alimentadas com 10% de farelo de arroz apresentaram melhor conversão alimentar. Dessa forma, os autores indicam a inclusão entre 10 e 20% de farelo de arroz nas dietas de frangos de corte.

Há na literatura inúmeros relatos utilizando FAI na dieta de não ruminantes e alguns sobre a sua estabilização, principalmente térmica. No entanto, há poucas informações com relação ao uso de ácidos orgânicos de cadeia curta na estabilização do FAI e também do efeito que estes ácidos podem ter no tempo de armazenamento do FAI.

1.4 Farelo estabilizado e parcialmente desengordurado de arroz

Embora seja o farelo de arroz uma matéria prima disponível em volume considerável, o seu uso em dietas de não ruminantes é limitado por ser altamente susceptível à oxidação, que ocorre normalmente por ação de peroxidases e lipoxigenases, além de processos de auto oxidação (MUJAHID et al., 2005), dificultando a sua utilização para extração de óleo e alimentação animal. Já o farelo de arroz desengordurado (FADE) apresenta algumas limitações para uso na alimentação, como a redução do valor energético, alto teor de fibra e fatores anti-nutricionais que reduzem a absorção de nutrientes e, portanto, comprometem a sua qualidade.

Considerando a constante busca por novas matérias primas para a elaboração de dietas de alta qualidade para a produção animal, o farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado surge como um potencial ingrediente, e apresenta vantagens pela reduzida susceptibilidade a oxidação, em decorrência da redução na quantidade de óleo.

Entretanto, para que seja realizada a correta utilização destes coprodutos, é necessário verificar a adequação nutricional destes ingredientes. Isto é importante, pois a correta formulação de dietas para animais vai além do atendimento das necessidades nutricionais, incluindo a qualidade do produto acabado e o atendimento das expectativas dos consumidores. Além disso, a determinação dos coeficientes de digestibilidade e energia presente no alimento é de suma importância para a sua correta incorporação nas dietas.

Referências

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2016. Disponível em: <http://abpabr.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf>. Acesso em: 20 de julho 2016.

AMARASINGHE B.M.W.P.K.; KUMARASIRI M.P.M.; GANGODAVILAGE N.C. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. **Food Bioprod.Process.** V.87, p. 108-114, 2009.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, constante do anexo desta resolução. Disponível em: http://novoportal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_263_2005.pdf/e9aa3580-f130-4eb5-91cb-8b8818bcf6b2. Acesso em: 03 de junho 2016.

BROOKER D. B.; BAKKER-ARKEMA F. W.; HALL C. W. **Drying and Storage of Grains and Oilseeds.** New York. 1992, 450p.

BRUNSCHWILER C.; HEINE D.; KAPPELER S.; CONDE-PETIT B.; NYSTRÖM L. Direct measurement of rice bran lipase activity for inactivation kinetics and storage stability prediction. **J. Cereal Sci.** v.58, p.272–277, 2013.

CHAE B. J.; LEEK. H.; LEE S. K. Effects of Feeding Rancid Rice Bran on Growth Performance and Chicken Meat Quality in Broiler Chicks. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** V.15, p. 266–273. 2002.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** V. 3 - SAFRA 2015/16- N. 8 - Oitavo levantamento. Maio, 2016.

DORSG.C.; PINTO R.H.; BADIALE-FURLONG, E. Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, p.219-224, 2009.

EIZADI E.; SHARIATMADARI F.; KARIMI TORSHIZI M. A.; HEMATI MATIN H. R. Broiler chicken performance in response to various levels of raw and autoclaved rice bran. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v. 18, n. 4, p. 348–360, 2015.

FARIAS N; FREITAS E; XAVIER R; BRAZ N; TAVARES T; FIGUEIREDO C; FERNANDES D; NASCIMENTO G. Farelo integral de arroz parboilizado submetido a armazenamento prolongado para alimentação de codornas de corte. Pesquisa Agropecuária Brasileira. V. 49 (6), p. 407-415. 2014.

FARONI, L. R. D. A.; BARBOSA G. N. O.; SARTORI M. A.; CARDOSO F. S.; ALENCAR E. R. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura.** v.13, n.3, p.191-201, 2005.

FILGUEIRA, Thales Marcel Bezerra. **Uso de subprodutos do arroz na alimentação de codornas do tipo corte**. 2012. 70 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2012.

FREITAS E.R.; FILHO I.B.Q.; WATANABE P.H.; FILGUEIRA T.M.B.; EDUARDO C.; CRUZ B.; TAVARES T.C.L. Parboiled rice bran in japanese quail diets at growing phase and residual effect at laying period. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 37, p. 350–358. 2013.

GALLINGER C. I; SUAREZ D. M.; IRAZUSTA A. Effects of rice bran inclusion on performance and bone mineralization in broiler chicks. **Journal. Appl. Poult. Res.** V.13, p. 183–190, 2004.

GLUSHENKOVA A . I.; UL'CHENKO N. T.; TALIPOVA M.; MUKHAMEDOVA KH. S.; BEKKER, N. P.; TOLIBAEV L. Lipids of rice bran. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 34, n. 3, p. 275 –277, 1998.

GOMES, T.R.; CARVALHO, L.E. DE; FREITAS, E. R.; NEPOMUCENO, R.C.; ELLERY , E.A.C.; MOREIRA, R. H. R. Farelo de arroz integral em rações para leitões de 43 a 67 dias de idade. *Ciência Animal Brasileira.*, Goiânia, v.13, n.2, p. 189-196, abr./jun. 2012.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Pecuária Municipal. V.41. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf. > . Acesso em: 21 de Julho de 2016.

KIM S.M.; CHUNG H.J.; LIM S.T. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. **J. Cereal Sci.** v.60, p. 243–248, 2014.

MARAGNO V.P.; KUHN R. C. Estabilidade do Farelo de Arroz Sob Diferentes Tratamentos: Micro-ondas, Peletização e Desengorduramento. **UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde**.V.15 (1), p. 47-53, 2013.

MALEKIAN F.; RAO R. M.; PRINYAWIWATKUL W.; MARSHALL W. E.; WINDHAUSER M.; AHMEDNA M. Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, And Nutrient Losses in Rice Bran During Storage. Louisiana Agricultural Experiment Station. **Bulletin Number 870**. January, 2000.

MUJAHID A.; ASIF M.; HAQ I. UL; ABDULLAH M; GILANI A. H. Nutrient Digestibility of Broiler Feeds Containing Different Levels of Various Processed Rice Bran Stored for Different Periods. **Poultry Science**.V.82, p, 1438–1443, 2003.

MUJAHID A.; HAQ I. UL; ASIF M.; GILANI A. H. Effect of different levels of rice bran processed by various techniques on performance of broiler chicks. **British Poultry Science**, V. 45, N.3 (June), pp. 395–399, 2004.

MUJAHID A.; ASIF M.; GILANI A.H. Effect of various processing techniques and different levels of antioxidant on stability of rice bran during storage. **J. Sci. Food Agric.** V.85, p.847–852, 2005.

OLIVEIRA M.G. de C.; BASSINELLO P.Z.; LOBO V.L.da S.; RINALDI M.M. Stability and microbiological quality of rice bran subjected to different heat treatments. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, p.725-732, 2012.

PRABHAKAR J.V; VENKATESH K.V.L. A Simple Chemical Method for Stabilization of Rice Bran. **JAOCS**. V. 63 (5), p .644-646, 1986.

PRAKASH J. Rice bran proteins: properties and food uses. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** V.36, p. 537-552, 1996.

PRAKASH J. ; RAMANATHAN G. Proximate composition and protein quality of stabilised rice bran. **J. Food Sci. Technol** . v. 32(5), p.416–419, 1995.

PONTALTI, G C; VILLANUEVA, A. P.; TEIXEIRA, L. G; RIBEIRO, A.M.L.; EBLING, P. D. Farelo de arroz integral processado por infravermelho em diferentes períodos de tempo na dieta de frangos de corte. **Ciência Rural**, v.44(3), p. 561-566, 2014.

RAMEZANZADEH F.M.; RAO R.M.; WINDHAUSER M.; PRINYAWIWATKUL W.; TULLEY R.; MARSHALL W.E. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran during storage. **J. Agric. Food Chem.** V.47, p. 3050-3052, 1999.

RIBEIRO A. M. L.; HENN J. D.; SILVA G. L. Alimentos alternativos para suínos em crescimento e terminação. **Acta Scientiae Veterinariae**. V.38 (Supl 1), p.61-71, 2010.

ROCHA, Carlos Roberto. **Efeitos do tratamento por micro-ondas do arroz recém colhido no rendimento de grãos inteiros, na qualidade de cozimento e na estabilização do farelo de arroz**. 2002. 182 p Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ROSTAGNO H.S.; ALBINO L.F.T.; DONZELE J.L; GOMES P.C.; OLIVEIRA R. F.; LOPES D. C.; FERREIRA A.S.; BARRETO S.L.T; EUCLIDES R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011. 252p

ROSNİYANA A.; HASHIFAH M.A ; SHARIFFAH NORIN S.A. Nutritional content and storage stability of stabilized rice bran – MR 220. **J. Trop. Agric. and Fd. Sc.** V. 37(2), p. 163–170, 2009.

SHARMA, H.R.; CHAUHAN, G.S.; AGRAWAL, K. Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking. **Int. J. Food Prop.** v. 7, p. 603-614, 2004.

SUHR, K.I.; NIELSEN, P.V. Effect of weak acid preservatives on growth of bakery product spoilage fungi at different water activities and pH values. **International Journal of Food Microbiology**, v.95, n.1, p.67-78, 2004.

ZARE-SHEIBANI A. A.; ARAB M.; ZAMIRI M.J.; REZVANI M. R.; DADPASAND M.; AHMADI F. Effects of extrusion of rice bran on performance and phosphorous bioavailability in broiler chickens. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 57:26, 2015.

Capítulo 2

Estabilização de farelo de arroz integral com uma mistura de ácidos orgânicos de cadeia curta

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2015.01.003>, publicado em: Journal of Stored Products

Research 61 (2015),p.108- 113.

2.1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é vital para a segurança alimentar de grande parte da população mundial e considerada a terceira maior cultura mundial, só perdendo para o milho e a soja. A produção de arroz é direcionada a alimentação humana e somente o excedente da produção e seus subprodutos são destinados à nutrição animal. O farelo de arroz integral, um subproduto obtido a partir do processo de polimento do arroz, é caracterizado como a camada periférica do grão de arroz. Contém as camadas de aleurona e de gérmen, com pequenas quantidades de endosperma quebrado, que compreende cerca de 10% do total dos grãos de arroz (POURALI et al., 2009). O farelo de arroz integral é um alimento energético que apresenta em sua composição 2521 kcal.kg⁻¹ de energia metabolizável para aves e 3111 kcal.kg⁻¹ de energia metabolizável para suínos, 89,34% de matéria seca, 13,13% de proteínas, 14,49% de lipídios, 8,07% de fibra bruta, 0,11% de cálcio e 0,24% de fósforo disponível (ROSTAGNO et al., 2011).

Quando as camadas de aleurona são removidas a partir do endosperma, durante o processo de polimento do arroz, a fração lipídica, presente em sua maioria no gérmen, entra em contato com enzimas lipolíticas, principalmente lipases. As lipases, presentes no farelo integral, causam o rompimento das ligações éster dos ácidos graxos com o glicerol, aumentando o índice de ácidos graxos livres, desenvolvendo a rancidez hidrolítica (NAZ et al., 2004). O farelo de arroz integral também é altamente susceptível à oxidação, que ocorre normalmente pela ação de peroxidases, lipoxigenases e por processos de auto-oxidação. Como resultado dos processos de degradação, a qualidade do farelo fica comprometida, dificultando a sua utilização para extração de óleo e alimentação animal (ZHANG et al., 2007).

Vários métodos de estabilização (inativação de enzimas) do farelo de arroz integral foram desenvolvidos. Sharma et al. (2004) utilizaram tratamento térmico, enquanto que Brunschwiler et al. (2013) utilizaram aquecimento por micro-ondas. Por sua vez Mujahid et al. (2005) utilizaram a extrusão e Amarasinghe et al. (2009) utilizaram a refrigeração e acidificação. Esses estudos foram conduzidos com o intuito de possibilitar a utilização do farelo de arroz em alimentos. Caso contrário, o farelo deve ser imediatamente submetido ao processo de extração de óleo, sem a possibilidade do armazenamento e utilização na alimentação animal.

A estabilização do farelo proporciona a redução da atividade enzimática, principalmente de lipases, peroxidases e lipoxigenases, portanto mantendo a qualidade nutricional do farelo de arroz integral (BRUNSCHWILER et al., 2013). A inativação de enzimas lipolíticas com produtos químicos, como ácido clorídrico, ácido acético e propanol, também tem sido estudada (PRAKASH, 1996). Segundo Suhr e Nielsen (2004), a dosagem de 3 litros por tonelada de farelo é eficaz na manutenção da qualidade por 30 dias de armazenamento. Dependendo do tratamento de estabilização, as enzimas lipolíticas podem ser inibidas reversivelmente, sofrendo processo de desnaturação parcial ou permanente. Para a estabilização eficaz de farelo de arroz integral, o tratamento deve ser suficiente para inativar enzimas lipolíticas e minimizar a decomposição de componentes bioativos (KIM et al., 2014).

Dessa forma, o presente estudo foi conduzido visando avaliar os efeitos da aplicação de uma mistura de ácido acético e propiônico sobre a composição proximal, o perfil colorimétrico, a energia bruta, a acidez lipídica e os produtos de oxidação lipídica (K_{232} , K_{270}) no farelo de arroz em relação ao tempo de armazenamento.

2.2 Materiais e métodos

2.2.1 Material, preparação, acondicionamento e armazenamento das amostras

O farelo de arroz integral utilizado nesse estudo foi oriundo do polimento de grãos de arroz produzidos no município de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil. A aplicação da mistura de ácidos (acético e propiônico) nas amostras, o armazenamento e as avaliações de qualidade foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita, Industrialização e Qualidade de grãos do DCTA-FAEM-UFPEL.

O farelo foi obtido a partir da industrialização de cerca de 10000 kg de grãos de arroz, o que gera cerca de 1000 kg de farelo. A amostra de 50kg de farelo de arroz integral foi recolhida e repartida em duas amostras de 25kg. Uma das amostras foi tratada com uma mistura (2% com base no peso de farelo) de ácido

acético P.A. e ácido propiônico P.A. (1:1 m/m), e a outra amostra sem a mistura de ácido, foi o controle (sem tratamento).

A mistura de ácidos orgânicos foi realizada por aspersão sobre a camada de farelo, que apresentava 2cm de espessura, espalhada sobre um filme de polietileno impermeável. Após o tratamento, o farelo de arroz tratado e o controle foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, com 10µm de espessura e capacidade de 30kg. As amostras foram armazenadas em uma câmara de armazenamento com temperatura de 18°C, controlada por termômetro e ao abrigo da luz. Para simular um sistema semi-hermético de armazenamento, a metodologia experimental consistiu da abertura nos pacotes para aeração do farelo a cada 30 dias de armazenamento, como é feito em silos e armazéns de grãos, que possuem aerações regulares como forma de evitar a anaerobiose do ambiente e reduzir não-uniformidades de temperatura, oriundas de correntes convectivas internas (PARAGINSKI et al., 2014).

O farelo de arroz integral foi armazenado por 120 dias, sendo que a cada 30 dias eram coletadas amostras para avaliação dos parâmetros de qualidade. O preparo das amostras constituiu de moagem em moinho laboratorial (Perten 3100, Perten Instruments, Huddinge, Sweden), para obter uma farinha com tamanho de partículas uniformes (70mesh).

2.2.2 Composição proximal

O teor de umidade do farelo de arroz durante o período de armazenamento foi determinado utilizando uma estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação natural de ar durante 24 h, segundo as recomendações da *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2000), sendo expresso em porcentagem. O conteúdo de gordura foi determinado segundo o método 30-20 da *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 1995). O teor de nitrogênio foi determinado de acordo com o método 46-13 da AACC (AACC, 1995), e a proteína bruta foi obtida usando o fator de conversão do nitrogênio (6,25) para proteína. A quantidade de cinzas foi determinada de acordo com o método 08-01 da AACC (AACC, 1995). E o conteúdo de carboidrato total foi determinado por diferença.

2.2.3 Perfil colorimétrico

O perfil colorimétrico do farelo foi determinado usando um colorímetro (Minolta CR-310, Osaka, Japan), que faz a leitura de cores num sistema tridimensional, avaliando a cor em três eixos, onde o eixo L^* avalia a amostra do preto (0) ao branco (100), o eixo a^* da cor verde (-60) ao vermelho (+60) e o eixo b^* da cor azul (-60) ao amarelo (+60).

2.2.4 Energia bruta

A energia bruta foi determinada em um calorímetro (Leco AC500), seguindo as recomendações do fabricante, sendo que o mesmo opera no método *isoperibol*, a 25°C, com tempo aproximado de análise de 8 minutos. Na determinação, 1g ($\pm 0,0001$) da amostra é inicialmente pesada em um cadinho de metal, que posteriormente é introduzido em um vaso de decomposição. A combustão da amostra acontece em atmosfera rica em O_2 (400 psi) e a variação de temperatura (ΔT) do sistema é determinada. O resultado de energia bruta é expresso em kcal.kg⁻¹.

2.2.5 Acidez lipídica

O índice de acidez do óleo foi determinado seguindo o procedimento de titulação descrito no método 02-01 da AACC (AACC, 2000). A acidez titulável foi expressa como a quantidade de hidróxido de sódio, em miligramas, necessária para neutralizar os ácidos em 100 g de amostra, utilizando uma solução de fenolftaleína como indicador.

2.2.6 Coeficiente de extinção específica (K_{232} e K_{270})

Foram pesados 0,1g de óleo (limpo e filtrado) em balão volumétrico de 10ml, sendo que o volume foi completado com iso-octano HPLC e a leitura da solução foi realizada em espectrofotômetro (Jenway, 6705 UV/Vis) em 232 e 270nm. As absorvâncias obtidas foram utilizadas para determinar os coeficientes de extinção específica (K_{232} e K_{270}), segundo a metodologia proposta por *American Oil Chemists' Society* (AOCS, 2009).

2.2.7 Análise estatística

A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, usando a análise de variância (ANOVA) para efeito do tempo e Teste t para efeito do uso de ácidos orgânicos. As avaliações foram realizadas em triplicata e utilizou-se o pacote estatístico SAS (SAS, 2002).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Composição proximal

A umidade do farelo foi avaliada durante 120 dias de armazenamento com o intuito de verificar as oscilações em função da atmosfera não hermética de armazenamento. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) na umidade do farelo de arroz integral em relação ao uso de ácidos orgânicos no período inicial, 30 e 120 dias de armazenamento. No entanto, o tratamento com ácidos orgânicos diferiu ($p < 0,05$) do controle nos tempos de 60 e 90 dias, apresentando maior teor de umidade (Tabela 1). Essa variação está relacionada com o sistema semi-hermético de armazenamento utilizado, o qual permite trocas de ar com o ambiente externo de armazenamento. Dessa forma, quando a pressão de vapor dos grãos é maior do que a do ar circundante, ocorre o fenômeno de dessorção, ou quando a pressão de

vapor dos grãos for menor que a do ar circundante ocorre o fenômeno de sorção, o que explica as alterações que ocorreram no farelo armazenado. Variações no teor de umidade de grãos de milho também foram observados por Paraginski et al. (2014), durante o armazenamento nas temperaturas de 5, 15, 25 e 35°C por 12 meses.

Tabela 1- Composição centesimal do farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização de mistura de ácido acético e propiônico

| Composição centesimal | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|-------------------|----------|
| Tempo de armazenamento (dias) | Umidade | | Gordura | | Proteína | | Cinzas | | Carboidrato total | |
| | Controle | Ácido | Controle | Ácido | Controle | Ácido | Controle | Ácido | Controle | Ácido |
| Inicial | 11,23 ± | 12,06 ± | 21,60 ± | 21,60 ± | 14,63 ± | 14,63 ± | 11,84 ± | 11,84 ± | 40,70 ± | 39,87 ± |
| | 0,22 ab | 0,95 ab | 0,34 ab | 0,34 a | 0,22 ab | 0,22 a | 0,05 a | 0,01 a | 0,20 bA | 0,38 bcB |
| 30 | 11,92 ± | 12,73 ± | 21,20 ± | 22,00 ± | 15,23 ± | 15,38 ± | 11,66 ± | 11,59 ± | 39,99 ± | 38,30 ± |
| | 0,64 a | 0,17 a | 0,63 ab | 0,07 a | 0,35 ab | 0,62 a | 0,25 a | 0,07 a | 0,46 bcA | 0,23 cB |
| 60 | 11,13 ± | 12,53 ± | 22,80 ± | 23,94 ± | 15,79 ± | 14,68 ± | 11,72 ± | 11,27 ± | 38,56 ± | 37,58 ± |
| | 0,36 abB | 0,65 bA | 0,75 a | 1,41 a | 0,15 a | 1,39 a | 0,19 a | 0,38 a | 0,36 c | 0,95 c |
| 90 | 11,58 ± | 12,49 ± | 19,56 ± | 20,71 ± | 15,86 ± | 14,75 ± | 12,00 ± | 11,28 ± | 41,00 ± | 40,77 ± |
| | 0,36 abB | 0,19 abA | 0,81 b | 2,07 a | 1,29 a | 0,43 a | 0,06 a | 1,47 a | 0,63 b | 1,04 ab |
| 120 | 10,49 ± | 11,15 ± | 20,07 ± | 20,57 ± | 13,84 ± | 14,13 ± | 11,71 ± | 11,85 ± | 43,89 ± | 42,30 ± |
| | 0,38 b | 0,55 b | 1,17 b | 1,49 a | 0,66 b | 1,01 a | 0,17 a | 0,20 a | 0,59 a | 0,81 a |

Médias de três repetições ± desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) em função do tempo de armazenamento. Para cada parâmetro, letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$) em função do uso de ácidos orgânicos.

O comportamento do teor de lipídios do farelo de arroz integral em função do tempo de armazenamento e do uso de ácidos orgânicos é apresentado na tabela 1. O teor de lipídios do tratamento controle diferiu significativamente ($p < 0,05$) entre o farelo armazenado aos 60 dias (22,80%), quando comparado aos 90 e 120 dias de armazenamento, com teor de lipídios de 19,56% e 20,07%, respectivamente, sendo que no farelo tratado com ácidos orgânicos não houve redução significativa ($p < 0,05$) de lipídios com o tempo de armazenamento, o que pode ser atribuído a estabilização que os ácidos orgânicos proporcionaram ao farelo. De acordo com Faria et al. (2012), as diferentes técnicas de estabilização do farelo de arroz integral podem reduzir a atividade enzimática em maior ou menor grau, conseqüentemente reduzindo a velocidade das reações hidrolíticas e oxidativas.

Os lipídios do arroz são geralmente estáveis na célula. No entanto, quando a membrana lipídica é destruída por uma lesão física (polimento) ou por qualquer outro fator, a hidrólise de lipídios é iniciada pela ação de lipases. Após o polimento, o óleo está sujeito a ação de lipases presentes no farelo, provocando a sua decomposição rápida em ácidos graxos livres, a uma velocidade inicial de pelo menos 5 a 7% do peso do óleo por dia (MUJAHID et al., 2005). Nishiba et al. (2000) relataram degradação de triacilgliceróis durante o armazenamento de arroz, com aumento de ácidos graxos livres.

O teor de proteínas do farelo de arroz integral (Tabela 1) sem o tratamento de ácidos orgânicos reduziu aos 120 dias (13,84%) de armazenamento diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) do farelo armazenado até os 90 dias (15,86%). Em contraste, o teor de proteínas do farelo de arroz tratado com ácidos orgânicos não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) ao longo do armazenamento, demonstrando que a adição de ácidos orgânicos auxilia na manutenção do teor de proteínas do farelo de arroz armazenado, provavelmente pela redução da atividade das enzimas envolvidas na degradação de proteínas. Trabalhando com estabilização de farelo de arroz utilizando o processo de torrefação, Da Silva et al. (2006) observaram um pequeno aumento no conteúdo de proteínas após o processo de torrefação, atribuído a redução no teor de água. Resultado semelhante foi observado por Faria et al. (2012), durante o armazenamento de farelo de arroz estabilizado termicamente, o qual apresentou uma boa manutenção no teor de proteínas.

O teor de cinzas não se alterou significativamente ($p > 0,05$) em função do uso de ácidos orgânicos e do tempo de armazenamento (Tabela 1). Entretanto, avaliando a composição nutricional de farelo de arroz submetidos a torrefação, Da Silva et al. (2006) e Faria et al. (2012) observaram um aumento no teor de cinzas, devido à redução no teor de água.

O conteúdo de carboidratos totais no farelo de arroz em função do tempo de armazenamento e do uso de ácidos orgânicos é apresentado na tabela 1. Os carboidratos aumentaram significativamente ($p < 0,05$) ao final dos 120 dias de armazenamento tanto para o tratamento controle quanto para o farelo de arroz com adição de ácidos orgânicos. Esse aumento é explicado pela forma em que é calculado, por diferença. Dessa maneira, quando há redução dos demais componentes, verificados anteriormente, automaticamente há um aumento de carboidratos.

2.3.2 Perfil colorimétrico

O perfil colorimétrico do farelo de arroz integral em função do tempo de armazenamento e do uso de ácidos orgânicos é apresentado na tabela 2. O valor “ L^* ” do farelo de arroz integral aumentou com o tempo de armazenamento, enquanto que o valor “ a^* ” diminuiu, sem influências do uso de ácidos orgânicos, o que indica que o farelo de arroz integral ficou mais claro e com uma pequena tendência para a coloração avermelhada. O valor “ b^* ” do farelo de arroz integral armazenado reduziu no tratamento controle e no farelo com o uso de ácidos orgânicos. No entanto, a redução foi mais expressiva no farelo do tratamento controle. Kim et al. (2014), observaram resultados divergentes, com redução no valor “ L^* ” do farelo de arroz após a estabilização com tratamento térmico, atribuindo esse resultado à formação de alguns produtos da reação de Maillard induzida pelo tratamento de calor. No entanto, não foi avaliado o comportamento ao longo do armazenamento.

O comportamento do valor “ b^* ” indica que houve degradação da coloração amarela, sendo essa representada pelos carotenoides, presentes na fração lipídica. A redução expressiva do valor “ b^* ” no tratamento controle pode ser relacionado com os maiores índices de oxidação lipídica verificados pelos K_{232} e K_{270} , pois a

degradação lipídica está diretamente relacionado com a degradação de carotenóides, conforme relatam Jia et al. (2007).

Tabela 2-Perfil colorimétrico de farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização de mistura de ácido acético e propiônico.

| Tempo de armazenamento (dias) | L* | | a* | | b* | |
|-------------------------------|-------------|--------------|------------|------------|---------------|--------------|
| | Controle | Ácido | Controle | Ácido | Controle | Ácido |
| 0 | 70,61±1,63b | 69,65±1,56c | 3,05±0,20a | 3,22±0,37a | 23,16±0,45aB | 23,78±0,60aA |
| 30 | 75,66±0,75a | 75,59±0,64ab | 1,99±0,33c | 1,94±0,10c | 21,10±0,58c | 20,70±0,59c |
| 60 | 76,25±0,41a | 75,50±1,30b | 2,07±0,15c | 2,07±0,29c | 21,02±0,36cB | 21,88±0,60bA |
| 90 | 76,65±0,80a | 76,84±0,41a | 2,44±0,24b | 2,65±0,21b | 21,96±0,74b | 22,37±0,57b |
| 120 | 76,24±0,67a | 76,35±0,49ab | 2,02±0,14c | 2,03±0,16c | 21,35±0,42bcB | 22,33±0,30bA |

Médias de três repetições ± desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) em função do tempo de armazenamento. Para cada parâmetro, letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$) em função do uso de ácidos orgânicos.

2.3.3 Energia bruta

A energia bruta do farelo de arroz integral armazenado por 120 dias em função do uso de ácidos orgânicos é apresentada na figura 1. Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) na energia bruta (kcal.kg^{-1}) do farelo de arroz integral tratado com ácidos orgânicos, o qual foi maior do que o controle em todos os tempos de armazenamento, demonstrando assim a estabilização do farelo de arroz integral armazenado com ácidos orgânicos. Os maiores índices de energia bruta, resultam da preservação dos lipídios observada no farelo tratado com ácidos orgânicos (Tabela 1), por serem os lipídios os constituintes macromoleculares de maior equivalente calórico (KIM et al., 2010).

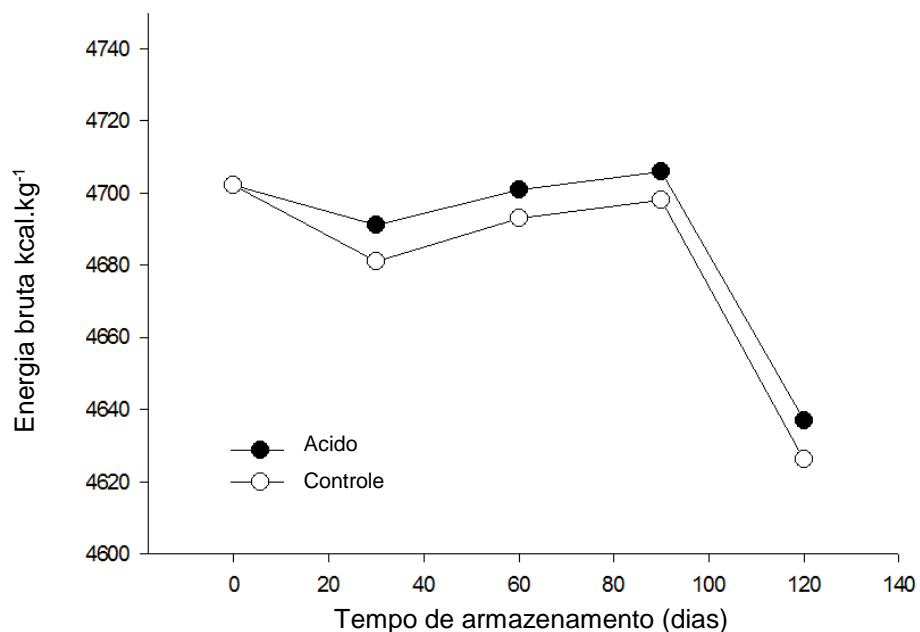


Figura 1-Energia bruta de farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos

2.3.4 Acidez lipídica

O efeito do tempo de armazenamento em função do uso de ácidos orgânicos no índice de acidez lipídica do farelo de arroz integral é apresentado na figura 2. O índice de acidez lipídica aumentou significativamente ($p < 0,05$) durante o armazenamento do farelo, tanto no controle como no tratado com ácidos orgânicos.

Observou-se que o farelo tratado com ácidos orgânicos apresentou menor variação na acidez lipídica durante o armazenamento, passando de 63,06 a 101,08mg de NaOH.100g⁻¹ no início e aos 120 dias de armazenamento, respectivamente, quando comparado com o controle, que apresentou uma variação de 63,06 a 120,96mg de NaOH.100g⁻¹ no início e aos 120 dias de armazenamento, respectivamente, demonstrando o efeito benéfico do uso de ácidos orgânicos na manutenção da acidez lipídica durante o armazenamento.

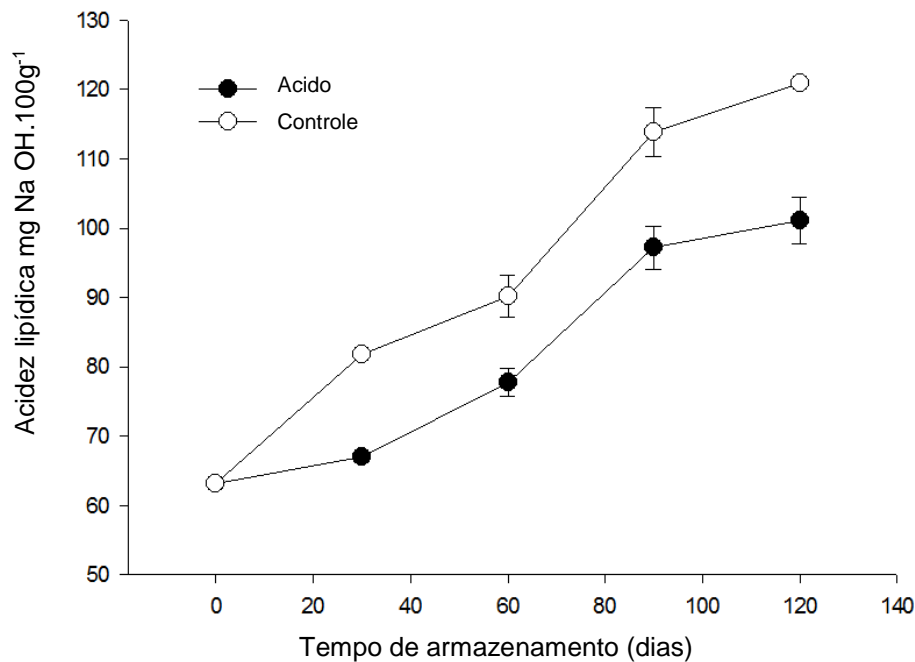


Figura 2-Acidez lipídica de farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos

O aumento no índice de acidez é indicativo de hidrólise dos ácidos graxos por ação enzimática, principalmente lipases, que fazem o rompimento das ligações éster dos ácidos graxos com o glicerol (NAZ et al., 2004). Essas enzimas estão presentes no próprio farelo ou podem ser produzidas pela microflora associada, principalmente fungos (RAJARAMMANNA et al., 2010). Kim et al. (2014) verificaram aumento no índice de acidez lipídica durante 24 semanas de armazenamento de farelo de arroz integral sem nenhum tipo de tratamento, enquanto que os farelos tratados termicamente apresentaram menores índices de acidez, resultado da inativação enzimática. De acordo com Genkawa et al. (2008) e Park et al. (2012), a acidez do óleo também é utilizada como um índice de deterioração da qualidade

durante o armazenamento, uma vez que a lipólise ocorre mais rapidamente do que a degradação de proteínas e amido.

2.3.5 Coeficiente de extinção específica (K_{232} e K_{270})

Os produtos primários (K_{232}) e secundários (K_{270}) de oxidação lipídica do farelo de arroz integral tratado com ácidos orgânicos e armazenado durante 120 dias são apresentados nas figuras 3 e 4, respectivamente. O K_{232} indica a presença de produtos primários de oxidação (peróxidos, hidroperóxidos e dienos conjugados), enquanto que o K_{270} indica a presença de produtos secundários de oxidação (cetonas, álcoois e aldeídos) (CLODOVEO et al., 2007). O tempo de armazenamento promoveu aumento no K_{232} (Figura 3) tanto dos farelos tratados com ácidos orgânicos como do não tratado (controle). No entanto, observou-se uma melhor resposta do uso de ácidos orgânicos durante o armazenamento, pois o farelo adicionado de ácidos orgânicos apresentou menor formação de produtos primários de oxidação, variando de 6,44 a 6,58, quando comparado ao controle, que apresentou uma variação de 6,07 a 9,20, respectivamente, no início e aos 120 dias de armazenamento. Uma menor formação de produtos primários de oxidação é resultado da inibição de enzimas, como as peroxidases e lipoxigenases, causado pela adição de ácidos orgânicos.

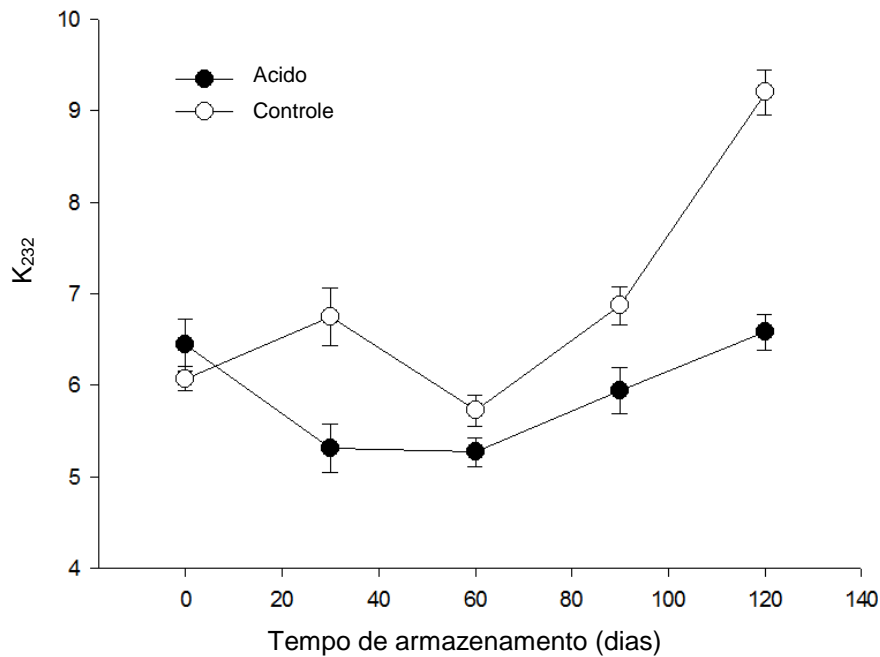


Figura 3-Coeficiente de extinção específica (K_{232}) de farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos

Os produtos secundários de oxidação (K_{270}) em função do uso de ácidos orgânicos e do tempo de armazenamento são apresentados na figura 4. Inicialmente o farelo de arroz integral tratado com ácidos orgânicos apresentou uma maior concentração de produtos secundários de oxidação (3,8), quando comparado ao tratamento controle (3,5), o que é explicado pela quantificação de algumas moléculas dos ácidos adicionados. Ao longo do armazenamento, o K_{270} do farelo tratado manteve-se estável, sendo de 3,8 e 3,4, no início e aos 120 dias de armazenamento, respectivamente, enquanto que o tratamento controle apresentou expressivo aumento, sendo de 3,5 e 6,4 no início e aos 120 dias de armazenamento. Esse comportamento é explicado pela menor formação de produtos primários de oxidação, conseqüentemente geração de menos produtos secundários de oxidação.

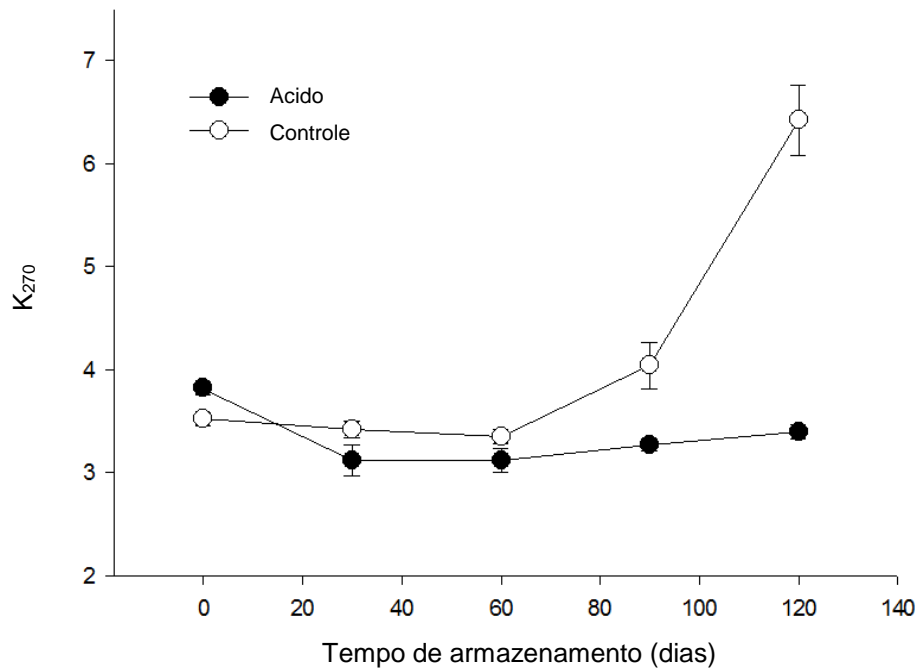


Figura 4-Coeficiente de extinção específica(K_{270})do farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e com a utilização da mistura de ácidos orgânicos

Trabalhando com armazenamento de farelo de arroz submetido a irradiação sob luz visível, Park et al. (2013) verificaram reduções significativas na concentração de oxigênio no meio de armazenamento, o que indica que esse oxigênio foi utilizado nas reações oxidativas, produzindo produtos primários de oxidação e posteriormente produtos secundários de oxidação.

2.4 Conclusões

A adição de 2% de mistura de ácidos acético e propiônico no farelo de arroz integral armazenado durante 120 dias auxiliou na preservação da qualidade, expressa por maiores valores de energia bruta, menores incrementos de acidez lipídica e menores formações de produtos primários (K_{232}) e secundários de oxidação lipídica (K_{270}), com manutenção da coloração amarela (valor "b"). Os resultados desse estudo mostram que o uso de mistura de ácidos acético e propiônico proporciona uma boa conservabilidade do farelo, possibilitando, potencialmente, sua utilização na alimentação animal.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a *Cooperativa Arrozeira Extremo Sul* pela doação do farelo, *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*, *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)*, *Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado (ABIAP)*, *Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (SCIT-RS)*, *Programa Agroenergia do Rio Grande do Sul*, e *Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul*.

Referências

- AACC, 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. **American Association of Cereal Chemists**, Inc, St. Paul, MN, USA. 1995.
- AACC. Fat acidity e general method. Method 02-01A. In: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, MN, USA. 2000.
- AMARASINGHE B.M.W.P.K.; KUMARASIRI M.P.M.; GANGODAVILAGE, N.C. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. **Food Bioprod. Process.** V. 87, p. 108-114. 2009.
- ASAE. Moisture measurement-unground grain and seeds. In: **Standards**,2000. ASAE, Inc, St. Joseph, MI, USA, p. 563. 2000.
- BRUNSCHWILER C.; HEINE D.; KAPPELER S.; CONDE-PETIT B.; NYSTRÖM L. Direct measurement of rice bran lipase activity for inactivation kinetics and storage stability prediction. **J. Cereal Sci.** V. 58, p.272–277. 2013.
- CLODOVEO, M.L.; DELCURATOLO D.; GOMES T. AND COLELLI, G.Effect of different temperatures and storage atmospheres on Coratina olive oil quality. **Food Chem.**V. 102, p.571-576. 2007.
- DA SILVA M.A.; SANCHES C.; AMANTE E.R.Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. **J. Food Eng.** V.75, p. 487–491. 2006.

FARIA S.A.S.C.; BASSINELLO P.Z.; PENTEADO M. DE V.C. Nutritional composition of rice bran submitted to different stabilization procedures. **Brazilian J. Pharm. Sci.** v.48, p.651–657. 2012.

GENKAWA T.; UCHINO T.; INOUE A.; TANAKA F.; HAMANAKA D. Development of a low-moisture-content storage system for brown rice: Storability at decreased moisture contents. **Biosyst. Eng.** v. 99, p.515–522. 2008.

JIA M.; KIMH.J.; MIN D.B. Effects of soybean oil and oxidized soybean oil on the stability of β -carotene. **Food Chem.** v. 103, p. 695–700. 2007.

KIM H.J.; YUAN J.; NORRIS K.; VAZIRI N.D. High-calorie diet partially ameliorates dysregulation of intrarenal lipid metabolism in remnant kidney. **J. Nutr. Biochem.** v. 21, p. 999–1007. 2010.

KIM S.M.; CHUNG H.J.; LIM S.T. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. **J. Cereal Sci.** v. 60, p. 243–248. 2014.

MUJAHID A.; ASIF M.; GILANI A.H. Effect of various processing techniques and different levels of antioxidant on stability of rice bran during storage. **J. Sci. Food Agric.** v. 85, p.847–852. 2005.

NAZ S.; SHEIKH H.; SIDDIQI R.; SAYEED S.A. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. **Food Chem.** v. 88, p. 253-259.2004.

NISHIBA Y; SATO T ; SUDA I. Convenient method to determine free fatty acid of rice using thinlayer chromatography and flame-ionization detection system. **Cereal Chemical.** v. 77, p. 223–229. 2000.

PARAGINSKI R.T.; VANIER N.L.; BERRIOS J.D.J.; DE OLIVEIRA M.; ELIAS M.C. Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. **J. Stored Prod. Res.** p.1–6. 2014.

PARK C.E.; KIM Y.S.; PARK K.J.; KIM B.K. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **J. Stored Prod. Res.** v. 48, p. 25–29. 2012.

PARK J.; JANG E.Y.; KIM J.Y.; YI B.; KIM M.J.; PARK K.W.; LEE J. Effects of visible light irradiation on the oxidative stability in rice bran. **J. Cereal Sci.** v. 58, p.178–181. 2013.

POURALI O.; ASGHARI F.S.; YOSHIDA H. Simultaneous rice bran oil stabilization and extraction using sub-critical water medium. **J. Food Eng.** v. 95, p.510-516. 2009.

PRAKASH J. Rice bran proteins: properties and food uses. Crit. Rev. **Food Sci. Nutr.** v. 36, p. 537-552.1996.

RAJARAMMANNA R.; JAYAS D.S.; WHITE N.D.G. Comparison of deterioration of rye under two different storage regimes. **J. Stored Prod. Res.** v.46, p. 87-92. 2010.

RODRIGUEZ AMAYA D.B.; VALENTE SOARES, L.M. Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone and sterigmatocystin some Brazilian foods, utilizing a mult toxin thin layer chromatographic method. **J. Assoc. Of Anal. Chemistry**, v. 72, n. 1, p. 22-26. 1989.

ROSTAGNO H.S.; ALBINO L.F.T.; DONZELE J.L; GOMES P.C.; OLIVEIRA R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA A.S.; BARRETO S.L.T; EUCLIDES R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 252p. 2011.

SAS. **SAS User's Guide**: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 2002.

SHARMA H.R.; CHAUHAN G.S.; AGRAWAL K. Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking. **Int. J. Food Prop.** v.7, p. 603-614. 2004.

SUHR K.I.; NIELSEN P.V. Effect of weak acid preservatives on growth of bakery product spoilage fungi at different water activities and pH values. **International Journal of Food Microbiology**, v.95, n.1, p.67-78. 2004.

ZHANG Y.; YU Z.; LU Y.; WANG Y.; SHE D.; SONG M.; WU Y. Effect of the absence of lipoxygenase isoenzymes on the storage characteristics of rice grains. **J. Stored Prod. Res.** v.43, p. 87-91. 2007.

Capítulo 3

Desempenho, qualidade dos ovos e análise sensorial dos ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral estabilizado com ácidos orgânicos e armazenado em diferentes tempos

[dx.doi.org/10.1139/cjas-2015-0144](https://doi.org/10.1139/cjas-2015-0144), publicado em: Canadian Journal Animal Science. 96

(2016), p.128- 134.

3.1 Introdução

A coturnicultura é uma atividade em expansão que vem se destacando a cada ano pelo seu incremento produtivo, sendo responsável pela geração de empregos e renda em todos os níveis de sua cadeia produtiva (LEANDRO et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2012). Na alimentação dessas aves, o milho consiste no principal ingrediente energético que compõe as dietas, representando de 60 a 70% do custo total, sendo o seu preço sujeito às variações cambiais e cotações de mercado. Com isso, tem-se buscado ingredientes alternativos para a substituição parcial ou total do milho nas dietas, dependendo da disponibilidade e preço no mercado. Entre esses ingredientes está o farelo de arroz integral (FAI), disponível principalmente em regiões produtoras do arroz.

O FAI representa cerca de 13% do peso dos grãos de arroz e consiste de pericarpo, gérmen, fragmentos e pequenas quantidades de casca (JU E VALI, 2005), obtidos após o polimento do grão. Contudo, está sujeito a rancificação pela grande quantidade de óleo e pela ativação da enzima lipase, que acelera a decomposição de óleos e gorduras. Esse fato reduz o tempo de armazenamento, dificultando sua utilização pelas fábricas de ração. Como o FAI é altamente susceptível à oxidação, que ocorre normalmente por ação de peroxidases e por processos de auto-oxidação, a sua qualidade fica comprometida, dificultando o seu uso para extração de óleo e alimentação animal (ZHANG et al., 2007).

A estabilização visa a diminuição da atividade da lipase, portanto mantém a qualidade nutricional do FAI (BRUNSCHWILER et al., 2013). A inativação de enzimas lipolíticas com produtos químicos, como ácido clorídrico, ácido acético e propanol, também tem sido estudada (PRAKASH, 1996). Em estudo prévio GOPINGER et al. (2015), demonstraram que a adição da mistura de 2% de ácido acético: propiônico resultou em menores índices de acidez lipídica do farelo (19,66%), bem como menos produtos primários (K_{232}) da oxidação lipídica (2,81%) e secundários (K_{270}) da oxidação lipídica (12,35%), demonstrando os benefícios da utilização de ácidos orgânicos para manter a acidez lipídica e reduzir produtos da oxidação de lipídios durante o armazenamento. Dependendo do tratamento de estabilização, as enzimas lipolíticas podem ser inibidas reversivelmente, desnaturadas parcial ou permanentemente.

Quaisquer alterações na composição da dieta não devem ser acompanhadas por uma redução na quantidade e/ou qualidade dos produtos alimentares produzidos, incluindo a qualidade dos ovos. Desta forma, o presente trabalho avaliou o efeito da estabilização do FAI com o uso de ácidos orgânicos em relação a diferentes tempos de armazenamento e seus efeitos na alimentação de codornas, medidos através do desempenho zootécnico, qualidade de ovos, composição centesimal e características sensoriais dos ovos.

3.2 Material e métodos

A metodologia e o protocolo deste experimento foram aprovados na Comissão de ética em Experimentação Animal (CEEA) da Universidade Federal de Pelotas, Brasil, com o protocolo número 3757.

3.2.1 Delineamento experimental, animais e dietas

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Laboratório de Ensino e Experimentação Zootécnica (LEEZO) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Foram utilizadas 150 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), com 90 dias de idade e avaliadas durante 56 dias. As aves foram alojadas em gaiolas metálicas, com comedouros metálicos manuais e bebedouros automáticos do tipo *nipple*.

As codornas foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 5 x 2, com cinco tempos de armazenamento (inicial, 30, 60, 90 e 120 dias) e com ou sem o tratamento de ácidos orgânicos, com três aves por repetição e cinco repetições por tratamento.

As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais, de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011), sendo isocalóricas, isoproteicas e isovitamínicas, com inclusão de 20% de FAI em substituição ao milho (Tabela 1). A composição química do FAI antes e após o armazenamento e tratamento foi

previamente publicada (GOPINGER et al., 2015). Antes do armazenamento, o FAI apresentou 14,63% de proteína, 21,60% de lipídios, 11,84% de cinzas e 4706 kcal.kg⁻¹ de energia bruta. Após o armazenamento, sem o tratamento com ácidos orgânicos, a composição química do FAI foi de: 13,84% de proteína bruta, 20,07% de lipídios, 11,71% de cinzas e 4637 kcal.kg⁻¹ de energia bruta. Após o armazenamento e tratamento com ácidos orgânicos, a composição do farelo foi a seguinte: 14,13% de proteína bruta, 20,57% de lipídios, 11,71% de cinzas e 4626 kcal.kg⁻¹ de energia bruta. Estas diferenças demonstram os benefícios da utilização de ácidos orgânicos para manter toda a qualidade de farelo de arroz durante o armazenamento.

Tabela 1- Composição da dieta experimental

| Ingredientes | % |
|--|----------|
| Farelo de soja, 45% | 34,086 |
| Milho, grão | 30,287 |
| Farelo de arroz integral | 20,000 |
| Calcário | 6,281 |
| Óleo de soja | 5,614 |
| Núcleo ¹ | 3,000 |
| DL- metionina | 0,309 |
| Sal comum | 0,172 |
| L-lisina | 0,122 |
| Fosfato bicálcico | 0,116 |
| BHT | 0,010 |
| Composição calculada | |
| Energia metabolizável, kcal.kg ⁻¹ | 2800 |
| Proteína bruta, % | 20,41 |
| Cálcio, % | 3,09 |
| Fósforo disponível, % | 0,32 |
| Metionina digestível, % | 0,59 |
| Lisina digestível, % | 1,08 |
| Ácido linoleico, % | 4,30 |

¹Níveis de garantia por quilo de produto: núcleo postura: Vitamina A (UI): 207000; Vitamina D₃ (UI): 43200; Vitamina E (mg): 540; Vitamina K₃ (mg): 51,5; Vitamina B₁ (mg): 40; Vitamina B₂ (mg): 120; Vitamina B₆ (mg): 54; Vitamina B₁₂ (mcg): 430; Niacina (mg): 840; Ácido fólico (mg): 16,7; Ácido pantotênico (mg): 204,6; Colina (mg): 42; Biotina (mg): 1,4; Metionina (g): 11; Manganês (mg): 1485; Zinco (mg): 1535; Ferro (mg): 1695; Cobre (mg): 244; Iodo (mg): 29; Selênio (mg): 3,2; Bacitracina de zinco (mg): 600; BHT (mg): 700; Cálcio (g): 197,5; Cobalto (mg): 5,1; Flúor máximo (mg): 400; Fósforo (g): 50; Sódio (g): 36.

Foi utilizado FAI produzido no município de Pelotas, RS, Brasil. Uma amostra foi tratada com a mistura (2% baseado no peso do farelo) de ácido acético P.A. e ácido propiônico P.A. (1:1 m/m). Uma amostra sem a mistura de ácido foi utilizada como controle (sem tratamento).

A mistura de ácidos orgânicos foi realizada por aspersão sobre a uma camada de 2cm de espessura de farelo, espalhado sobre um filme de polietileno impermeável. Após o tratamento, tanto o FAI tratado como o controle foram acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, com 10 μ m de espessura e capacidade de 30kg. As amostras foram colocadas em uma câmara de armazenamento com temperatura de 18°C, controlada por termômetro e ao abrigo da luz. Para simular um sistema semi-hermético de armazenamento, a metodologia experimental consistiu da abertura dos pacotes para aeração do farelo a cada 30 dias de armazenamento, como é feito em silos e armazéns de grãos, que possuem aerações regulares como forma de evitar a anaerobiose do ambiente e reduzir não-uniformidades de temperatura, oriundas de correntes convectivas internas (PARAGINSKI et al., 2014).

Durante todo o período experimental as aves receberam água e ração *ad libitum*. O programa de luz utilizado foi de 17 horas de luz diárias e 7 horas de escuro.

3.2.2 Desempenho e qualidade dos ovos

Os ovos foram coletados e pesados diariamente para o cálculo da produção total e do peso médio. A produção dos ovos foi calculada em porcentagem dividindo-se a quantidade de ovos produzidos por repetição pelo número de aves correspondente. A massa de ovos foi obtida pelo produto da porcentagem de ovos produzidos (ave dia⁻¹) e o peso médio dos ovos de cada repetição multiplicado por 100. O consumo de ração diário foi determinado pela diferença entre a quantidade fornecida por ciclo e as sobras ao final do ciclo, dividido pelo número de dias experimentais e dividido pelo número de aves na repetição. A conversão alimentar por massa de ovos foi obtida pela divisão do consumo de ração diário e da massa de ovos produzida (g.g⁻¹).

Para avaliar a qualidade interna, foram coletados os ovos produzidos nos últimos dois dias de cada ciclo. Foram analisadas a altura de albúmen, a cor da gema, a porcentagem da gema, a porcentagem de albúmen e a unidade Haugh. Para a determinação da altura de albúmen (mm), foi utilizada uma régua específica (marca FHK). A avaliação da cor da gema foi realizada através do leque colorimétrico (DSM). A determinação da porcentagem de gema e de albúmen foi realizada através da pesagem da gema (g) e da clara (g) em balança digital (Marte, modelo AS 5500C, com precisão de 0,1g), sendo o resultado multiplicado por 100 e dividido pelo peso do ovo. A unidade Haugh foi obtida a partir do peso do ovo e da altura do albúmen, através da fórmula: $UH = 100 \text{ Log} (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$, em que: H= altura do albúmen e W= peso do ovo.

Com relação à qualidade externa do ovo, as seguintes variáveis foram estudadas: gravidade específica (g.cm^{-3}), espessura (μm) e porcentagem da casca (%). Para a determinação da gravidade específica, os ovos foram colocados em uma cesta plástica perfurada, que era imersa em recipientes contendo soluções de NaCl com densidade variando de 1,050 a 1,098 g.cm^{-3} , com intervalo de 0,004 g.cm^{-3} , sendo retirados assim que flutuavam na solução. As cascas foram identificadas, lavadas e secas a temperatura ambiente, para posterior obtenção do seu peso e espessura. Para a determinação da porcentagem de casca, as mesmas foram pesadas individualmente em balança analítica digital (Unibloc, AUY-220, com precisão de 0,1 mg), e o resultado obtido foi multiplicado por 100 e dividido pelo peso do ovo. A espessura (μm) foi mensurada no anel central da casca de cada ovo, utilizando-se um micrômetro manual (Marca Starret, com precisão de 0,01 μm).

Para análise centesimal realizou-se um *pool* de três ovos por tratamento, totalizando cinco repetições por tratamento. As amostras foram homogeneizadas, pesadas e secas em estufa com ventilação forçada a 60°C por 72 horas, para posterior determinação da matéria seca (105°C) por 16 horas; matéria mineral, em forno mufla a 550°C, por 5 horas; e nitrogênio, pelo método de micro-Kjeldahl, utilizando-se o fator 6,25 para conversão de nitrogênio total em proteína bruta, segundo metodologia descrita por AACC (1995). O conteúdo de gordura foi determinado seguindo o método 30-20 da *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000).

3.2.3 Análise sensorial

Para avaliação dos atributos sensoriais os ovos foram coletados, identificados conforme o tratamento correspondente e encaminhados para o Laboratório de Carnes e Análise Sensorial do Departamento de Zootecnia da UFPEL, onde foram armazenados, sob refrigeração, até o momento da avaliação.

Para a avaliação sensorial, foi realizado um treinamento para seleção dos julgadores, conforme descrito por Seibel et al. (2010). Após, iniciou-se a avaliação dos ovos, em que para o preparo das amostras, os ovos foram cozidos em água fervente, durante sete minutos. Quando atingiram a temperatura ambiente, foram descascados manualmente e servidos em recipientes plásticos, codificados com três dígitos aleatórios. As amostras foram analisadas em cabines individuais e avaliadas de acordo com os seguintes atributos: cor, odor e sabor característico, odor e sabor a gordura, sabor ácido, sabor estranho, sabor residual, dureza e aceitação global, utilizando uma escala estruturada de nove centímetros, ancorada nos extremos à esquerda pelo termo “fraco” e à direita pelo termo “forte” (STONE E SIDEL, 1998). O delineamento foi em blocos completos casualizados, e os ovos foram avaliados em seis sessões. Cada sessão continha cinco pratos, com dez amostras, sendo a combinação de dois tratamentos em cada prato. Nove julgadores participaram, testando os dez pratos em seis sessões.

3.2.4 Análise estatística

Os dados foram analisados usando o programa SAS (SAS, Inst. Inc., Cary, NC, 2002). As médias referentes ao tempo foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância e as médias referentes à utilização de ácidos orgânicos foram comparadas pelo teste t a 5% de significância.

Foi também avaliada a presença de interação entre o tempo de armazenamento e o uso de ácidos orgânicos. Quando não houve interação significativa foram avaliados separadamente o efeito do tempo de armazenamento pela análise de regressão polinomial a 5% de significância e o efeito do uso de ácidos orgânicos pelo teste t a 5% de nível de significância.

Para a análise sensorial, primeiro foi analisado o painelista como um efeito fixo, além dos fatores sessão e tratamento, para analisar o consenso entre os valores. Subsequentemente, foram analisados os efeitos do tratamento e da sessão individualmente.

3.3 Resultados e discussão

Não foi verificada interação ($P > 0,05$) entre o tempo de armazenamento do FAI e o uso de ácidos orgânicos sobre a produção de ovos, o peso dos ovos, o consumo de ração diário, a massa de ovos e a conversão por massa. Não houve efeito significativo do uso de ácidos orgânicos sobre a produção de ovos, o peso dos ovos, o consumo diário de ração, a massa de ovos e a conversão por massa (Tabela 2).

Tabela 2-Desempenho produtivo de codornas de postura alimentadas com farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e tratado com ácidos orgânicos

| Tempo armazenamento, dias | Produção de ovos, % | Peso dos ovos, g | Consumo de ração diário, g | Massa de ovos, g/ave/dia | Conversão por massa de ovos, g/g |
|---------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 0 | 86,29±4,90 | 12,43 ±0,67 | 24,74 ±0,99 | 10,71±0,60 | 2,32± 0,15 |
| 30 | 88,89±1,97 | 12,91 ±0,55 | 24,92 ±1,32 | 11,50±0,49 | 2,17 ±0,07 |
| 60 | 87,58 ±2,60 | 12,77 ±0,42 | 26,04 ±0,88 | 11,18 ±0,49 | 2,34 ±0,10 |
| 90 | 87,32 ±4,40 | 12,98 ±0,56 | 25,92 ±0,96 | 11,31 ±0,43 | 2,30±0,14 |
| 120 | 88,53 ±4,46 | 12,88 ±0,59 | 25,06 ±1,02 | 11,41 ±0,41 | 2,22 ±0,09 |
| P* | 0,44 | 0,09 | 0,01 | 0,03 | 0,55 |
| Ácido | 87,50 ± 3,35 | 12,74 ±0,65 | 25,38 ±1,36 | 11,17 ±0,56 | 2,28 ±0,13 |
| Controle | 87,94± 4,26 | 12,85 ±0,49 | 25,29 ±0,88 | 11,27 ±0,54 | 2,26 ±0,12 |
| Valores de P | | | | | |
| Ácido | 0,69 | 0,51 | 0,77 | 0,50 | 0,46 |
| Tempo | 0,60 | 0,25 | 0,01 | 0,01 | 0,007 |
| Interação (Tx A) | 0,59 | 0,75 | 0,10 | 0,50 | 0,25 |

*p- nível de significância a 5% pela regressão polinomial. Equação ajustada para consumo de ração: $Y = 24,53 + 0,037x - 0,00026x^2$. $R^2=0,73$. Equação ajustada para massa de ovos: $Y = 10,85 + 0,01x - 0,00007x^2$. $R^2=0,54$.

Amoah e Martin (2010) avaliando a inclusão de 20% de FAI na dieta de codornas de postura não observaram diferenças significativas na produção de ovos, peso dos ovos e na massa de ovos de aves alimentadas com as dietas contendo ou não o farelo. De modo semelhante, Freitas et al. (2013) avaliando os níveis de 5, 10, 15, 20 e 25% de farelo de arroz parboilizado em dietas de codornas de postura não encontraram diferença na produção de ovos, peso de ovos, consumo de ração e conversão alimentar.

Avaliando separadamente o efeito do tempo de armazenamento do FAI na produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos e conversão por massa verificou-se que não houve efeito significativo (Tabela 2). Entretanto, observou-se uma resposta quadrática ($p=0,01$) no consumo de ração, aumentando até os 71 dias de armazenamento do FAI e reduzindo posteriormente, segundo a equação $Y = 24,53 + 0,037x - 0,00026x^2$. Com relação à massa de ovos, observou-se uma resposta quadrática crescente ($p=0,03$) com valor máximo até 71 dias de armazenamento, diminuindo posteriormente, de acordo com a equação $Y = 10,85 + 0,01x - 0,00007x^2$.

O aumento no consumo de ração após os 71 dias de armazenamento pode ser justificado pela perda de componentes nutricionais do farelo causada pelo tempo de armazenamento. De acordo com dados publicados (GOPINGER et al., 2015), observaram a redução na energia bruta, passando de $4700 \text{ kcal.kg}^{-1}$ no início para $4630 \text{ kcal.kg}^{-1}$ aos 120 dias de armazenamento, causado principalmente pela redução no teor de lipídios, por serem os lipídios os constituintes macromoleculares de maior equivalente calórico. A redução de energia bruta no farelo faz com que haja uma redução na densidade energética na dieta. No entanto, de acordo com Leeson e Summers (2001), o consumo voluntário de ração pelas aves é regulado pela ingestão de energia; portanto, as aves alimentadas com dietas com níveis menores de energia podem aumentar a ingestão de ração.

Além disso, em estudo prévio Gopinger et al. (2015), observaram que o farelo de arroz integral apresentou um aumento da acidez lipídica durante o armazenamento, passando de $63,06 \text{ mg NaOH.100 g}^{-1}$ no período inicial do armazenamento para $101,08 \text{ mg de NaOH.100g}^{-1}$ aos 120 dias de armazenamento. Tal aumento demonstra o efeito do armazenamento sobre a acidez lipídica do farelo, o que poderia ter sido responsável pela redução observada no consumo após 60 dias de armazenado, devido a perdas na qualidade do farelo. O aumento no índice

de acidez é indicativo de hidrólise dos ácidos graxos por ação enzimática, principalmente lipases, que fazem o rompimento das ligações éster dos ácidos graxos com o glicerol (NAZ et al., 2004). De acordo com Genkawa et al. (2008) e Park et al. (2012) a acidez do óleo também é utilizada como um índice de deterioração da qualidade durante o armazenamento, uma vez que a lipólise ocorre mais rapidamente do que a degradação de proteínas e amido.

A massa de ovos e o consumo de ração são diretamente proporcionais, pois com o aumento no consumo, há uma maior ingestão de aminoácidos, proporcionando aumento na massa de ovos. Moura et al. (2010), trabalhando com codornas de postura, observaram aumento na massa de ovos em dietas com baixa densidade energética.

Não houve interação significativa entre o tempo de armazenamento e os ácidos orgânicos na qualidade interna dos ovos. Avaliando-se isoladamente o tempo de armazenamento do FAI, bem como o uso dos ácidos orgânicos, não foram observados efeitos significativos sobre a altura de albúmen, a cor da gema, a porcentagem da gema, a porcentagem da clara, a unidade Haugh, a porcentagem de casca, bem como a espessura da casca (Tabela 3).

Tabela 3-Qualidade interna e externa de ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos e com ácidos orgânicos

| Tempo de armazenamento, dias | Altura de albúmen, mm | Cor da gema | Porcentagem da gema, % | Porcentagem da clara, % | Unidade Haugh | Porcentagem da casca, % | Espessura da casca, μm |
|------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 0 | 4,30 \pm 0,26 | 3,22 \pm 0,23 | 32,01 \pm 0,91 | 47,47 \pm 2,22 | 87,62 \pm 2,30 | 8,25 \pm 0,37 | 0,289 \pm 0,017 |
| 30 | 4,55 \pm 0,25 | 3,25 \pm 0,31 | 31,27 \pm 1,17 | 48,20 \pm 1,29 | 88,16 \pm 1,70 | 8,05 \pm 0,22 | 0,293 \pm 0,012 |
| 60 | 4,25 \pm 0,29 | 3,40 \pm 0,35 | 32,76 \pm 1,03 | 48,23 \pm 2,05 | 86,68 \pm 2,34 | 8,08 \pm 0,34 | 0,284 \pm 0,013 |
| 90 | 4,27 \pm 0,37 | 3,37 \pm 0,29 | 32,24 \pm 0,94 | 46,97 \pm 1,85 | 87,02 \pm 2,25 | 8,15 \pm 0,30 | 0,291 \pm 0,009 |
| 120 | 4,35 \pm 0,34 | 3,35 \pm 0,40 | 31,34 \pm 1,06 | 48,18 \pm 2,21 | 87,67 \pm 1,84 | 8,10 \pm 0,33 | 0,287 \pm 0,015 |
| P* | 0,57 | 0,23 | 0,21 | 0,92 | 0,62 | 0,53 | 0,71 |
| Ácido | 4,42 \pm 0,31 | 3,29 \pm 0,33 | 31,97 \pm 1,22 | 47,61 \pm 1,58 | 87,93 \pm 1,75 | 8,17 \pm 0,28 | 0,291 \pm 0,01 |
| Controle | 4,27 \pm 0,31 | 3,35 \pm 0,30 | 31,87 \pm 1,06 | 48,01 \pm 2,26 | 86,93 \pm 2,30 | 8,08 \pm 0,34 | 0,286 \pm 0,01 |
| Valores de P | | | | | | | |
| Ácido | 0,09 | 0,56 | 0,74 | 0,48 | 0,09 | 0,32 | 0,21 |
| Tempo | 0,15 | 0,67 | 0,01 | 0,53 | 0,51 | 0,64 | 0,72 |
| Interação (TxA) | 0,09 | 0,31 | 0,82 | 0,70 | 0,30 | 0,08 | 0,82 |

*p- nível de significância a 5% pela regressão polinomial.

Também avaliando a qualidade interna de ovos de codornas de postura, Quevedo Filho et al. (2013) observaram que a porcentagem de gema, de clara e a unidade Haugh não foram influenciadas pelo aumento dos níveis de inclusão (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30%) de farelo de arroz parboilizado na dieta.

Já a gravidade específica sofreu efeito da interação ($p=0,04$) entre o tempo de armazenamento e uso de ácidos orgânicos. No desdobramento da interação (Tabela 4) o farelo tratado com ácidos orgânicos no tempo inicial apresentou maior gravidade específica, diferindo do tempo de 90 dias, mas não diferindo dos demais. O uso de FAI sem ácidos não resultou em diferença na gravidade específica em função do tempo de armazenamento, assim como, comparando-se o efeito do uso dos ácidos em cada tempo de armazenamento.

Tabela 4- Desdobramento da interação entre tempo de armazenamento (dias) do farelo de arroz integral tratado ou não com ácido acético em dietas de codornas sobre a gravidade específica de ovos

| Tempo de armazenamento, dias | Gravidade específica, g.cm ⁻³ | |
|------------------------------|--|--------------|
| | Ácido | Controle |
| 0 | 1074,53±1,44 a | 1071,56±2,58 |
| 30 | 1070,60±2,94 ab | 1072,20±0,38 |
| 60 | 1070,86±1,53 ab | 1070,53±3,31 |
| 90 | 1069,86±2,76 b | 1072,26±1,94 |
| 120 | 1073,03±1,57 ab | 1070,86±2,56 |

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna (efeito do tempo), e letras maiúsculas na linha (efeito do ácido) diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A gravidade específica é uma medida de qualidade da casca de ovos. Vem a ser a razão entre o peso do ovo e o peso de um volume idêntico de água. A gravidade específica dos ovos e a espessura de casca estão diretamente relacionadas. Desta forma, alta gravidade específica é indicativo de maior espessura de casca, o que está relacionado com a resistência dos ovos à quebra (BELL e WEAVER Jr., 2001). De acordo com Leeson e Summers (1997), a qualidade da casca está relacionada com fatores nutricionais, sendo o cálcio o principal mineral envolvido na formação da casca, proveniente da dieta e do osso(JIANG et al.,

2013). No entanto, a vitamina D₃ é responsável pelo transporte ativo do cálcio no intestino (LEESON e SUMMERS, 1997), sendo absorvidos juntamente com os lipídeos da dieta, afetando a formação da casca (JIANG et al., 2013). Portanto, a redução na gravidade específica pode ser atribuída à menor absorção de cálcio, pela redução no teor de lipídeos do farelo, que aos 90 dias de armazenamento foi de 20,7%, sendo que era de 21,6% no início do seu armazenamento. De modo semelhante Quevedo Filho et al. (2013) observaram redução na gravidade específica dos ovos de codornas alimentadas com dietas contendo níveis superiores a 20% de inclusão de farelo de arroz parboilizado e atribuiu essa redução à presença de fatores antinutricionais no ingrediente.

Não verificou-se interação significativa ($P > 0,05$) entre o tempo de armazenamento e o uso ácidos orgânicos sobre a composição bromatológica dos ovos. Assim, avaliando-se separadamente o efeito do tempo de armazenamento e do uso de ácidos de orgânicos não observou-se diferença significativa sobre os teores de água, material mineral, proteína bruta e extrato etéreo dos ovos (Tabela 5).

Tabela5- Composição bromatológica (base natural) de ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e tratado com ácidos orgânicos

| Tempo de armazenamento, dias | Água, % | Matéria mineral, % | Proteína bruta, % | Extrato etéreo, % |
|------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 0 | 75,22 ±1,91 | 0,99 ±0,14 | 11,93±1,10 | 11,40±2,01 |
| 30 | 76,06±1,93 | 0,89 ±0,14 | 11,54 ±1,30 | 11,19 ±1,80 |
| 60 | 75,54 ±2,26 | 0,91 ±0,17 | 11,51±1,23 | 10,73±1,24 |
| 90 | 74,61 ±1,11 | 1,02±0,16 | 12,02 ±0,73 | 11,08 ±1,16 |
| 120 | 75,26 ±2,01 | 0,92 ±0,23 | 11,87±0,84 | 11,29 ±1,59 |
| P* | 0,30 | 0,85 | 0,46 | 0,66 |
| Ácido | 75,24±1,92 | 0,95±0,19 | 11,87 ±1,10 | 10,98±1,60 |
| Controle | 75,42 ±1,88 | 0,94±0,16 | 11,68±1,02 | 11,30 ±1,59 |
| P valores | | | | |
| Ácido | 0,70 | 0,69 | 0,42 | 0,45 |
| Tempo | 0,23 | 0,16 | 0,51 | 0,89 |
| Interação (T x A) | 0,95 | 0,89 | 0,27 | 0,95 |

*p- nível de significância a 5% pela regressão polinomial para o tempo de armazenamento.

As amostras dos ovos analisadas apresentaram valores de composição bromatológica que variaram de 74,61 a 76,06% de água; de 0,89 a 1,02% de matéria mineral; de 11,51 a 12,02% de proteína bruta; e de 10,73 a 11,40% de extrato etéreo. Estes valores foram semelhantes aos obtidos por Genchev (2012), que encontrou de 0,98 a 0,89% de matéria mineral e 11,15 a 10,65% de extrato etéreo, não observando diferença na composição de ovos de codornas com diferentes idades.

Não houve efeito significativo da interação ($P>0,05$) entre o tempo de armazenamento e os ácidos orgânicos sobre as características sensoriais dos ovos de codornas. Ao avaliar-se separadamente o efeito do tempo de armazenamento e do uso de ácidos orgânicos não foi verificada diferença significativa na cor, odor e sabor característico, odor e sabor a gordura, sabor ácido, sabor estranho, sabor residual, dureza e aceitação global dos ovos (Tabela 6).

Tabela 6-Características sensoriais de ovos de codornas alimentadas com farelo de arroz integral submetido a diferentes tempos de armazenamento e tratado com ácidos orgânicos

| Tempo de armazenamento, dias | Cor | Odor característico | Odor a gordura | Sabor característico | Sabor a gordura | Sabor ácido | Sabor estranho | Sabor residual | Dureza | Aceitação Global |
|------------------------------|-----------|---------------------|----------------|----------------------|-----------------|-------------|----------------|----------------|-----------|------------------|
| 0 | 4,16±1,82 | 5,09±2,14 | 1,95±1,62 | 5,72±1,59 | 2,32±1,84 | 0,90±1,05 | 0,84±1,01 | 1,86±2,29 | 2,93±2,08 | 5,27±1,92 |
| 30 | 4,24±1,72 | 5,05±2,00 | 2,16±1,65 | 5,57±1,94 | 2,28±1,83 | 0,95±1,25 | 0,85±1,10 | 1,98±2,42 | 3,17±2,15 | 5,13±1,86 |
| 60 | 4,38±1,77 | 5,14±2,08 | 2,01±1,62 | 5,56±1,91 | 2,27±1,93 | 1,05±1,34 | 0,83±1,08 | 1,83±2,24 | 2,80±1,92 | 5,34±1,92 |
| 90 | 4,06±1,79 | 5,22±2,11 | 2,06±1,70 | 5,70±1,93 | 2,15±1,59 | 1,03±1,41 | 0,82±1,12 | 1,93±2,41 | 2,85±1,96 | 5,44±2,00 |
| 120 | 3,92±1,70 | 5,34±2,00 | 1,96±1,71 | 5,73±1,86 | 2,07±1,74 | 0,74±1,15 | 0,65±1,01 | 1,55±2,08 | 3,04±2,14 | 5,62±2,09 |
| P* | 0,24 | 0,31 | 0,65 | 0,37 | 0,27 | 0,11 | 0,18 | 0,36 | 0,88 | 0,11 |
| Ácido | 4,11±1,71 | 5,13±1,99 | 2,03±1,62 | 5,73±1,75 | 2,30±1,88 | 0,92±1,25 | 0,75±1,00 | 1,84±2,25 | 2,98±2,10 | 5,32±2,01 |
| Controle | 4,20±1,82 | 5,21±2,13 | 2,02±1,70 | 5,58±1,93 | 2,14±1,68 | 0,95±1,25 | 0,85±1,13 | 1,82±2,32 | 2,94±2,00 | 5,40±1,91 |
| Valores de P | | | | | | | | | | |
| Ácido | 0,56 | 0,67 | 0,95 | 0,35 | 0,33 | 0,80 | 0,30 | 0,95 | 0,81 | 0,66 |
| Tempo | 0,41 | 0,88 | 0,89 | 0,94 | 0,86 | 0,42 | 0,67 | 0,72 | 0,72 | 0,49 |
| Interação (TxA) | 0,90 | 0,91 | 0,81 | 0,81 | 0,89 | 0,37 | 0,87 | 0,95 | 0,94 | 0,49 |

*p- nível de significância a 5% pela regressão polinomial para tempo de armazenamento.

As modificações de sabor, odor e geração de “off-flavour” poderiam ocorrer como resultado da acidez dos lipídios, seja em alimentos e/ou produtos animais, já que estes ácidos são particularmente susceptíveis à oxidação lipídica (LOPEZ-BOTE et al., 1998). No entanto, no presente estudo o aumento da acidez lipídica no farelo não causou efeito no sabor e odor dos ovos.

3.4 Conclusão

Os resultados deste estudo permitem concluir que os ácidos orgânicos podem manter a qualidade do FAI armazenado por até 120 dias, utilizado em 20% na dieta de codornas japonesas sem afetar o desempenho das aves, a qualidade dos ovos, a composição bromatológica e os atributos sensoriais dos ovos.

Referências

AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. **American Association of Cereal Chemists**, Inc, St. Paul, MN, USA. 1995.

AACC. Fat acidity e general method. Method 02-01A. In: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. **American Association of Cereal Chemists**, Inc, St. Paul, MN, USA. 2000.

AMOAH J. K.; MARTIN E. A. Quail (*Coturnix coturnix japonica*) layer diets based on rice bran and total or digestible amino acids. **Journal of Applied Bioscience**. v. 26, p. 1647–1652. 2010.

BELL D.D; WEAVER JR. W. D. **Commercial chicken meat and egg production**. 5 ed. Kluwer academic publishers.2001.

BRUNSCHWILER C.; HEINE D.; KAPPELER S.; CONDE-PETIT B.; NYSTRÖM L. Direct measurement of rice bran lipase activity for inactivation kinetics and storage stability prediction. **Journal of Cereal Science**. v.58, p.272–277.2013.

FREITAS E.R.; FILHO I.B.Q.; WATANABE P.H.; FILGUEIRA T.M.B.; EDUARDO C.; CRUZ B.; TAVARES T.C.L. Parboiled rice bran in japanese quail diets at growing phase and residual effect at laying period. **Ciências e Agrotecnologia**. v. 37, p. 350–358. 2013.

GENCHEV A.(*Coturnix Japonica*). **Anniversary Edition Trakia Journal of Sciences**. v. 10 p.91–101.2012.

GENKAWA T.; UCHINO T.; INOUE A.; TANAKA F.; HAMANAKA D. Development of a low-moisture-content storage system for brown rice: Storability at decreased moisture contents. *Biosystems Engineering*. v. 99, p. 515–522. 2008.

GOPINGER E.; ZIEGLER V.; CATALAN A. A. D. S.; KRABBE E. L.; ELIAS M. C.; XAVIER E. G. Whole rice bran stabilization using a short chain organic acid mixture. *Journal of Stored Products Research*. v. 61, p. 108–113.2015.

JIANG S.; CUI L.; SHI C.; KE X.; LUO J.; HOU J. Effects of dietary energy and calcium levels on performance, egg shell quality and bone metabolism in hens. **Veterinary journal**. v. 198, p. 252–258. 2013.

JU Y.; VALI S. R.Rice bran oil as a potential resource for biodiesel: A review. **Journal of scientific & Industrial Research**. v. 64, p.866–882. 2005.

LEANDRO N.S.M.; VIEIRA N.S.; MATOS M.S.; CAFÉ M.B.; STRINGHINI J.H.; SANTOS D. A.Desempenho produtivo de codornas (*Coturnix coturnix japônica*) submetidas a diferentes densidades e tipos de debicagem. **Acta Scientiarum. Animal Science**.v. 27 (1), p. 129-135.2005.

LEESON S.; SUMMERS J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2.ed. Guelph: University Books, 1997. 350p. 1997.

LEESON S.; SUMMERS D.J. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Ontario: University Books, 2001. 413p. 2001.

LOPEZ-BOTE C. J.; SANZ ARIAS R.; REY A. I.; CASTAÑO A.; ISABEL B.; THOS J. Effect of free-range feeding on n-3 fatty acid and α -tocopherol content and oxidative stability of eggs. **Journal of Animal Feed Science and Technology**.v. 72, p. 33-40.1998.

MOURA G. D. S.; TOLEDO BARRETO S. L. DE; LANNA E. A. T. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v. 39, p. 1266–1271. 2010.

NAZ S.; SHEIKH H.; SIDDIQI R.; SAYEED S.A.Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. **Food Chemistry**.v. 88, p. 253-259.2004.

PRAKASH J. Rice bran proteins: properties and food uses. Critical Reviews.**Food Science and Nutrition**. v. 36, p.537-552.1996.

PARK C.E.; KIM Y.S.; PARK K.J.; KIM B.K.Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**. v. 48, p.25–29. 2012.

QUEVEDO FILHO I. B.; FREITAS E. R.; FILGUEIRA T. M. B.; NASCIMENTO G. A. J. DO; BRAZ N. D. M.; FERNANDES D. R.; WATANABE P. H.Parboiled rice whole bran in laying diets for Japanese quails. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.48, p.582–588. 2013.

ROSTAGNO H.S.; ALBINO L.F.T.; DONZELE J.L; GOMES P.C.; OLIVEIRA R. F.; LOPES D. C.; FERREIRA A.S.; BARRETO S.L.T; EUCLIDES R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 252p. 2011.

SEIBEL N. F.; SCHOFEN D. B.; QUEIROZ M. I.; SOUZA-SOARES L. A.Caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. **Food Science and Technology**. v. 30(4), p. 884-889. 2010.

STONE H.; SIDEL J. L.Quantitative descriptive Analysis: developments, applications and the future. **Food technology**.v. 52(8),p. 48-52.1998.

SUHR K.I.; NIELSEN P.V. Effect of weak acid preservatives on growth of bakery product spoilage fungi at different water activities and pH values. International **Journal of Food Microbiology**. v. 95(1), p.67-78. 2004.

TEIXEIRA B.B.; TEIXEIRA R.B.; SILVA L.P.; TORRES R. DE A.; CAETANO G. DA C.; EUCLYDES R.F. Estimação dos componentes de variância para as características de produção e qualidade de ovos em matrizes de codornas de corte. **Ciência Rural**. v. 42(4), p. 713-717. 2012.

ZHANG Y.; YU Z.; LU Y.; WANG Y.; SHE D.; SONG M.; WU Y. Effect of the absence of lipoxygenase isoenzymes on the storage characteristics of rice grains. **Journal of Stored Products Research**. v. 43, p.87–91. 2007.

Capítulo 4

Farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes, morfometria da mucosa intestinal e características ósseas de frangos de corte

4.1 Introdução

O uso do farelo de arroz integral (FAI) na alimentação de frangos de corte é limitado devido à instabilidade causada pela rancidez hidrolítica e oxidativa (MUJAHID et al., 2003), pois após a moagem ocorre a rápida deterioração da gordura pela lipase e em menor escala ocorre oxidase (MALEKIAN et al., 2000). Como resultado dos processos de degradação a qualidade do farelo fica comprometida, dificultando a sua utilização para extração de óleo e alimentação animal (ZHANG et al., 2007).

A temperatura e as condições de armazenamento são fatores que favorecem a deterioração do FAI pela lipase (MALEKIAN et al., 2000). Portanto no período do armazenamento, a qualidade do farelo de arroz deve ser preservada ao máximo, tendo em vista a ocorrência de alterações químicas (enzimáticas e não enzimáticas), físicas e microbiológicas. A rapidez e a intensidade desses processos estão sujeitas à qualidade intrínseca do farelo, do sistema de armazenamento empregado e dos fatores ambientais durante a estocagem (BRUNSCHWILER et al., 2013).

As mudanças que ocorrem no período de armazenamento incidem em perdas quantitativas e qualitativas, sendo as quantitativas as mais observadas, como o ataque de pragas. As qualitativas, por sua vez, são devidas às reações químicas enzimáticas e/ou não enzimáticas, à presença de matérias estranhas, impurezas e ao ataque microbiano. A perda na qualidade do FAI é muito comum devido à ação enzimática que ocorre no período de armazenamento, que leva a degradação dos triglicerídeos no óleo, e faz com que o sabor do farelo seja rançoso e desagradável, comprometendo assim a sua utilização (THANONKAEW et al., 2012).

Dessa forma, o presente estudo avaliou o tempo de armazenamento do farelo de arroz integral e seu efeito no desempenho zootécnico, digestibilidade de nutrientes, morfometria da mucosa intestinal e características ósseas de frangos de corte aos 21 dias de idade.

4.2 Material e métodos

A metodologia e o protocolo deste experimento foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da Universidade Federal de Pelotas, Brasil, protocolo número 3757.

4.2.1 Animais

Foram utilizados 320 pintainhos, machos, Cobb 500, com um dia de idade, em baterias metálicas com piso de grade. Na primeira semana os comedouros eram do tipo prato e os bebedouros do tipo copo infantil. Posteriormente, foram utilizados comedouros metálicos do tipo calha externos à bateria e bebedouros tipo *nipple*. Durante todo o período experimental (1-21 dias), as aves receberam ração e água *ad libitum*.

4.2.2 Delineamento experimental e dietas

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (tempo de armazenamento do farelo de arroz) e oito repetições, totalizando 40 unidades experimentais, sendo cada boxe uma unidade experimental composta por oito aves.

As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais de acordo com o recomendado por Rostagno et al. (2011). As dietas foram isocalóricas, isoproteicas e isovitamínicas, com a inclusão de 12% de FAI (Tabela 1).

O farelo utilizado foi oriundo do polimento de grãos de arroz produzidos no município de Pelotas-Brasil. O armazenamento ocorreu por 0, 30, 60, 90, e 120 dias, sendo que o FAI foi acondicionado em sacos de polietileno de baixa densidade, com 10µm de espessura e capacidade de 30kg. Foi utilizada uma câmara de armazenamento com temperatura de 18°C, controlada por termômetro e ao abrigo

da luz. Para simular um sistema semi-hermético de armazenamento, a metodologia experimental consistiu da abertura dos sacos de polietileno para aeração do farelo a cada 30 dias de armazenamento, do mesmo modo como é feito em silos e armazéns de grãos, que possuem aerações regulares como forma de evitar a anaerobiose do ambiente e reduzir possíveis desuniformidades de temperatura, oriundas de correntes convectivas internas (PARAGINSKI et al., 2014).

Tabela1- Composição das dietas experimentais

| Ingredientes (%) | Pré-inicial (1-7 dias) | Inicial (8-21 dias) |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|
| Farelo soja, 45% | 35,800 | 33,700 |
| Milho, grão | 43,222 | 43,595 |
| Farelo de arroz integral | 12,000 | 12,000 |
| Óleo de soja | 3,640 | 5,200 |
| Fosfato bicálcico | 1,986 | 1,650 |
| Premix vitamínico e mineral ¹ | 1,000 | 1,000 |
| Calcário | 0,782 | 0,820 |
| Inerte ² | 0,060 | 0,802 |
| Sal comum | 0,447 | 0,430 |
| DL- metionina | 0,380 | 0,320 |
| L-lisina | 0,370 | 0,280 |
| L-treonina | 0,170 | 0,115 |
| L-valina | 0,140 | 0,087 |
| Total | 100,00 | 100,00 |
| Composição calculada | | |
| EMA (kcal/kg) | 2962 | 3053 |
| Proteína bruta (%) | 22,38 | 21,26 |
| Cálcio (%) | 0,92 | 0,84 |
| Fósforo disponível (%) | 0,47 | 0,40 |
| Lisina digestível (%) | 1,33 | 1,21 |
| Metionina digestível (%) | 0,67 | 0,60 |
| Metionina + cistina digestível (%) | 0,95 | 0,87 |

¹ Níveis de garantia por kg do produto: Ácido fólico (min): 95 mg/kg; Ácido pantotênico (min): 1.100 mg/kg; Bacitracina de zinco: 3.000 mg/kg; Biotina (min): 8 mg/kg; Cobre (mín): 1.500 mg/kg; Cobalto (mín): 19 mg/kg; Colina (min): 36 g/kg; Ferro (min): 6.400 mg/kg; Fitase: 50.000 FTU; Iodo (min): 175 mg/kg; Lisina (min): 145 g/kg; Manganês (min): 8.700 mg/kg; Monensina: 11 g/kg; Metionina (min): 270 g/kg; Niacina (min): 4.900 mg/kg; Selênio (min): 20 mg/kg; Treonina (min): 65 g/kg; Vitamina A (min): 1.200.000 UI/kg; Vitamina B1 (min): 230 mg/kg; Vitamina B12 (min): 2.500 mcg/kg; Vitamina B2 (min): 700 mg/kg; Vitamina B6 (min): 300 mg/kg; Vitamina D3 (min): 250.000 UI/kg; Vitamina E (min): 3.100 UI/kg; Vitamina K3 (min): 300 mg/kg; Zinco (min): 10,5 g/kg.

²Areia escariola.

4.2.3 Desempenho zootécnico

Foram avaliadas as seguintes variáveis de desempenho zootécnico: peso médio da ave, ganho de peso diário, consumo de ração e conversão alimentar. As aves foram pesadas no primeiro e no último dia do período experimental. A alimentação foi fornecida diariamente e as sobras foram pesadas periodicamente durante o experimento para a obtenção dos dados necessários ao cálculo da conversão alimentar.

4.2.4 Digestibilidade de nutrientes

A avaliação da digestibilidade foi realizada do 15º ao 19º dia de idade segundo Sakomura e Rostagno (2007), com as aves mantidas em baterias metálicas com piso gradeado e bandeja coletora. Foi utilizado o método de coleta total das excretas com a adição de um marcador indigestível (óxido férrico 3%) as dietas, para determinar o início e o final do período de coleta de fezes. As excretas foram coletadas uma vez ao dia, embaladas e congeladas para evitar fermentação das amostras.

Ao final das coletas as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, pesadas e homogeneizadas, sendo retirada uma alíquota de 500g. Então foram secas em estufa com ventilação forçada a 60°C por 72 horas, para análise de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (CZ) e energia bruta em bomba calorimétrica (LECO AC500). Para determinação da matéria seca, as amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar durante 24 horas a 105°C. O cálculo da proteína bruta foi baseado na determinação de nitrogênio pelo método micro-Kjeldahl, usando o fator 6,25 para converter o nitrogênio em proteína bruta. O extrato etéreo foi obtido através do extrator Soxhlet com éter de petróleo, conforme descrito por AOAC (2000).

Durante este período (15 a 19 dias de idade), foram coletadas amostras das dietas para análise e assim determinar coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, através da seguinte fórmula: $CDA (\%) = ((NC - NEx) / NC) * 100$, em que CDA = coeficiente de digestibilidade aparente (%); NC = quantidade do nutriente

consumido; e NEx = quantidade do nutriente excretado. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas. Além disso, foi determinada a energia bruta das dietas e excretas e, a partir desse cálculo, foram obtidos os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), conforme equações propostas por Matterson et al. (1965).

Para determinar a quantidade de nutriente consumida e excretada foi feito o controle total do fornecimento de ração, sendo pesada a quantidade fornecida e as sobras, assim como foi realizado com as excretas, em que foi coletado o total produzido no período e pesado, de acordo com metodologia proposta por Sakomura e Rostagno (2007).

Para o cálculo da quantidade do nutriente consumido usou-se a seguinte fórmula: $NC = CTR \times NRA$, em que: NC= quantidade do nutriente consumido; CTR= consumo total de ração no período; e NRA= quantidade do nutriente na dieta analisada. Da mesma forma, a quantidade excretada foi obtida utilizando-se a fórmula: $Nex = Ptex \times NExA$, em que: Nex= quantidade do nutriente excretado; Ptex= produção total de excretas no período; e NExA= quantidade do nutriente na excretas analisadas.

4.2.5 Análise morfométrica da mucosa intestinal

Foram selecionadas ao acaso e abatidas cinco aves por tratamento. Então, 25 amostras do duodeno foram obtidas para a análise morfométrica da altura de vilosidades, profundidade de cripta e relação vilo:cripta. Amostras de 2 cm do duodeno foram coletadas e fixadas por 48h em solução de formol a 10%. Após a fixação, as peças foram desidratadas em bateria de álcool etílico em concentrações crescentes (70%, 80%, 90% e absoluto), seguida de diafanização com xilol e inclusão em parafina. Os blocos de parafina foram cortados em micrótomo rotativo à espessura de 5 micrômetros em 10 cortes transversais e semiseriados. As lâminas foram coradas com hematoxilina e eosina (HE), seguida de montagem entre lâmina e lamínula com resina Entellan® (Merk). A morfometria das vilosidades intestinais foi realizada através de captura da imagem ótica e a medição das mesmas através do

programa Image Pro-Plus 4.5 (IPP4.5)(Media Cybernetics, Silver Spring, USA, 2002).

4.2.6 Características ósseas

Das aves abatidas ao final do experimento foram coletadas as tíbias, através do deslocamento das articulações do côndilo e do maléolo, cortando o músculo na articulação com o fêmur e pressionando a tíbia em direção ao corte. As tíbias foram congeladas em *freezer* e posteriormente descongeladas sob refrigeração por 48 horas.

Para o teste de resistência óssea foi utilizado um texturômetro (Texture Analyser - TA XT Plus Texture Analyzer©*Texture Technologies Corporation*) com sonda 3-Point Bending Rig (HDP/3PB e HDP/90) e o software Exponent (Stable Micro Systems). Os ossos foram posicionados de forma idêntica sob dois suportes espaçados 40mm entre si. A resistência à quebra é representada pelo valor de força e está relacionada entre fatores como tamanho e composição mineral do osso. A relação entre a força e a distância (tamanho do osso) representa a rigidez do osso. E a flexibilidade é representada pela área. As medidas de resistência e rigidez estão relacionadas ao estresse (fratura) e tensão do osso. Posteriormente, as tíbias foram pesadas e levadas à estufa a 105°C por 24h, e após, foi realizada a determinação do teor de cinzas, conforme a AOAC (2000).

4.2.7 Análise estatística

Para predizer o efeito do tempo de armazenamento do FAI nas dietas sobre as variáveis de desempenho zootécnico, a digestibilidade de nutrientes, a morfometria da mucosa intestinal e as características ósseas foi utilizada análise de regressão polinomial. Os dados foram analisados usando o programa SAS(SAS, 2002). Os modelos de regressão polinomial foram selecionados de acordo com a significância dos coeficientes de regressão($p < 0,05$) e o valor do coeficiente de

determinação. Após, foi realizado o cálculo do ponto máximo, nas variáveis que apresentaram efeito quadrático.

4.3 Resultados e discussão

Os dados de desempenho das aves até os 21 dias são apresentados na tabela 2. Não houve efeito significativo do tempo de armazenamento do FAI sobre o ganho de peso, o consumo médio de ração, o peso médio e a conversão alimentar dos frangos de 1 a 21 dias de idade.

As perdas verificadas na qualidade do FAI durante o armazenamento, ou seja redução do extrato etéreo, redução da proteína bruta, aumento da acidez lipídica, passando de 63,06 para 120,96 mg de NaOH.100g⁻¹ no início e aos 120 dias de armazenamento, respectivamente, conforme estudo prévio (GOPINGER et al, 2015) não afetaram o desempenho das aves. O aumento no índice de acidez é indicativo de hidrólise dos ácidos graxos por ação enzimática, principalmente lipases, que fazem o rompimento das ligações éster dos ácidos graxos com o glicerol (NAZ et al., 2004). De acordo com Genkawa et al. (2008) e Park et al. (2012), um índice de deterioração da qualidade durante o armazenamento é a acidez do óleo, uma vez que a lipólise ocorre mais rapidamente do que a degradação de proteínas e amido.

Tabela2- Desempenho zootécnico de frangos de corte alimentados de 1 a 21 dias de idade com dietas contendo farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média±desvio padrão)

| Tempo de armazenamento (dias) | Ganho de peso diário (g) | Consumo diário (g) | Peso médio (g) | Conversão alimentar |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|---------------------|
| 0 | 32,07±1,08 | 44,99±1,37 | 715,20±22,75 | 1,403±0,05 |
| 30 | 33,70±1,51 | 45,41±0,96 | 748,85±31,51 | 1,350±0,07 |
| 60 | 33,28±1,17 | 44,55±3,28 | 740,47±25,59 | 1,338±0,07 |
| 90 | 32,54±0,72 | 45,24±2,06 | 724,89±15,13 | 1,389±0,04 |
| 120 | 32,59±0,51 | 45,45±1,65 | 725,76±10,72 | 1,394±0,05 |
| P* | 0,09 | 0,87 | 0,09 | 0,13 |
| CV | 3,33 | 4,28 | 3,14 | 4,45 |

*P: nível de significância a 5% pela equação de regressão; CV: coeficiente de variação (%).

Chae et al. (2002) ao avaliarem o farelo de arroz desengordurado, o FAI fresco e o farelo de arroz rançoso, nos níveis de inclusão de 5 e 10% na dieta inicial e final, respectivamente, observaram maior consumo de ração e melhor conversão alimentar dos frangos de corte que receberam farelo de arroz desengordurado na fase final. Considerando o período total, mais uma vez observaram maior ganho de peso e consumo de ração, além de melhor conversão alimentar das aves alimentadas com farelo de arroz desengordurado.

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes são apresentados na tabela 3. O aumento do tempo de armazenamento do FAI e sua inclusão na dieta dos frangos interferiu significativamente ($P < 0,05$) no coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta, verificando uma redução linear na digestibilidade da proteína bruta em função do aumento do tempo de armazenamento do FAI. De acordo com Chae et al. (2002) o farelo de arroz integral é facilmente oxidado durante o armazenamento, fato que pode ser uma causa de distúrbios digestivos.

No coeficiente de digestibilidade da energia metabolizável aparente observou-se um aumento até os 43 dias de armazenamento do FAI, diminuindo posteriormente, conforme a equação $EMA = 4370,87 + 3,11x - 0,036x^2$. Da mesma forma, para o coeficiente de digestibilidade aparente corrigida para nitrogênio houve um aumento até 49 dias de armazenamento, diminuindo posteriormente, de acordo com a equação $EMAn = 4129,60 + 2,96x - 0,03x^2$. Esta redução observada em função de um período maior de armazenamento do FAI pode ser justificada pela redução do extrato etéreo do FAI, que passou de 21,60% no tempo inicial para 22,80 e 20,07% aos 60 e 120 dias de armazenamento, respectivamente. E, como consequência, houve redução da energia bruta do farelo, de 4700 kcal.kg⁻¹ aos 60 dias, para 4637 kcal.kg⁻¹ aos 120 dias de armazenamento conforme estudo anterior (GOPINGER et al, 2015).

Tabela 3- Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), cinzas (CZ), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) de dietas de frangos de corte alimentados com farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média±desvio padrão)

| Tempo de armazenamento (dias) | MS (%) | CZ (%) | PB (%) | EE (%) | EMA (MS) | EMAn (MS) |
|-------------------------------|------------|-------------|------------|------------|----------------|----------------|
| 0 | 80,91±2,35 | 46,47±8,28 | 78,94±3,66 | 90,19±1,79 | 4354,65±111,85 | 4112,80±105,85 |
| 30 | 79,45±3,56 | 49,84±10,78 | 75,27±3,36 | 90,05±1,53 | 4487,36±127,80 | 4245,29±121,41 |
| 60 | 79,29±5,17 | 45,44±18,19 | 73,99±6,87 | 88,71±2,82 | 4355,38±187,97 | 4116,39±173,51 |
| 90 | 80,16±4,74 | 54,48±11,61 | 74,51±6,56 | 91,04±2,70 | 4392,72±182,67 | 4160,82±167,97 |
| 120 | 78,45±2,29 | 47,35±8,30 | 72,09±3,13 | 88,37±1,06 | 4209,93±100,00 | 3994,94±95,03 |
| *p | 0,60 | 0,63 | 0,01 | 0,29 | 0,009 | 0,01 |
| CV | 4,72 | 24,52 | 6,52 | 2,48 | 3,43 | 3,40 |

*P: nível de significância a 5%; CV: coeficiente de variação (%). Equação ajustada para PB: $Y = 77,85 - 0,04x$. $R^2 = 0,82$; Equação ajustada para EMA: $Y = 4370,87 + 3,11x - 0,036x^2$. $R^2 = 0,75$; Equação ajustada para EMAn: $Y = 4129,60 + 2,96x - 0,03x^2$. $R^2 = 0,70$.

De acordo com Giacometti et al. (2003) a energia metabolizável do alimento (dieta) é afetada positiva e diretamente pela composição do mesmo em proteína, lipídeos e carboidratos de reserva (amido) e, de forma negativa, pelos carboidratos estruturais (fibras), pois é o produto resultante do metabolismo dos nutrientes. No entanto, como no presente estudo o FAI utilizado teve a mesma procedência, o único diferencial foi o tempo de armazenamento, que levou a alteração na composição do farelo, afetando sua a digestibilidade. No entanto, Pasha et al.(2008)ao avaliarem o efeito do farelo de arroz integral, do tempo de armazenamento e de antioxidantes na dieta de aves não encontraram diferença para a energia metabolizável aparente e verdadeira.

Mujahid et al. (2003) observaram que frangos alimentados com dietas contendo níveis crescentes (0, 10, 20 e 30%) de farelo de arroz integral apresentaram redução na digestibilidade da gordura. E, ao avaliarem o efeito de antioxidantes no farelo não observaram efeito significativo na digestibilidade. Segundo os autores, além da lipólise, outros compostos antinutricionais do farelo de arroz integral precisam ser inativados, como inibidores de tripsina e pepsina (TASHIRO e IKEGAMI, 1996), ácido fítico e fator antitiamina (LU et al., 1991), fatores que podem ter levado a redução da digestibilidade dos nutrientes pelas aves.

As médias das variáveis morfométricas altura de vilosidade, profundidade da cripta e relação vilo:cripta de frangos de corte aos 21 dias em função do tempo de armazenamento do FAI são apresentadas na tabela 4. A integridade da mucosa intestinal foi verificada em todos os tempos de armazenamento concomitantes a morfometria. Foi possível observar uma resposta quadrática significativa na altura das vilosidades, diminuindo até os 72 dias de armazenamento do FAI, aumentando posteriormente. Na relação vilo:cripta, por sua vez, observou-se um efeito quadrático significativo. A relação diminuiu até os 50 dias de armazenamento do FAI e aumentou posteriormente. Já a profundidade de cripta não foi afetada significativamente pelo tempo que o FAI foi armazenado ($P>0,05$).

Tabela 4- Morfometria da altura de vilosidade, profundidade de cripta duodenal e relação vilosidade: cripta de frangos alimentados com dieta contendo farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média±desvio padrão)

| Tempo de armazenamento (dias) | Altura do vilo (μm) | Profundidade da cripta (μm) | Relação vilo: cripta |
|-------------------------------|----------------------------------|--|----------------------|
| 0 | 1225,04±87,14 | 130,34±8,09 | 9,43±0,94 |
| 30 | 1273,38±148,36 | 134,30±12,75 | 9,55±1,35 |
| 60 | 1186,78±82,91 | 132,46±9,09 | 8,99±0,75 |
| 90 | 1247,64±63,05 | 132,24±7,59 | 9,46±0,76 |
| 120 | 1330,46±107,01 | 132,51±9,91 | 10,10±1,18 |
| P* | <0,0001 | 0,46 | <0,0001 |
| CV | 8,48 | 7,30 | 10,93 |

*P: nível de significância a 5%; CV: coeficiente de variação (%). Equação ajustada para altura de vilo= $1246,49 - 1,43 \times 0,01 \times x^2$. $R^2 = 0,58$. Equação ajustada para relação vilo: cripta= $9,55 - 0,01x + 0,00016x^2$. $R^2 = 0,73$.

As características morfológicas intestinais, como a altura de vilosidades intestinais, são indicativas da capacidade absorptiva da mucosa intestinal, pois quanto maior é a altura da vilosidade, maior é a superfície de contato dos enterócitos com o alimento, o que aumenta a área de absorção de nutrientes. Além disso, é importante ressaltar que o adequado e rápido ganho de peso das aves está diretamente relacionado com a integridade morfofuncional do sistema digestório (NETO, 2010).

Inúmeros fatores podem alterar a permeabilidade do epitélio intestinal, modificando o metabolismo, a capacidade de digerir e absorver nutrientes, levando conseqüentemente a diminuição na altura das vilosidades e na atividade de absorção (PELICANO et al., 2005). Desta forma, no presente estudo foi possível observar a redução na altura das vilosidades das aves que foram alimentadas com dietas contendo FAI armazenado por mais de 60 dias. Como resultado, houve redução da energia metabolizável do FAI e conseqüente redução no desempenho das aves.

As características ósseas da tíbia dos frangos aos 21 dias de idade, são apresentadas na tabela 5. Não observou-se efeito significativo do tempo de armazenamento do FAI sobre a resistência óssea, flexibilidade e rigidez das tíbias dos frangos.

Tabela 5- Resistência óssea, flexibilidade e rigidez da tíbia aos 21 dias de idade de frangos de corte, machos, Cobb 500, alimentados com dietas com farelo de arroz integral armazenado em diferentes tempos (média±desvio padrão)

| Tempo de armazenamento (dias) | Resistência óssea (kgf) | Flexibilidade (kg.mm) | Rigidez óssea (mm) |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|
| 0 | 17,92 ±1,76 | 24,51 ± 4,97 | 7,60 ± 1,44 |
| 30 | 16,64 ±3,27 | 23,29 ± 6,03 | 6,68 ± 1,46 |
| 60 | 18,17 ±2,64 | 25,52 ± 6,55 | 7,26 ±1,17 |
| 90 | 17,10 ±2,73 | 24,91 ± 6,99 | 6,78 ±0,84 |
| 120 | 18,29 ±3,99 | 28,45 ± 9,39 | 7,13 ± 1,41 |
| P * | 0,71 | 0,21 | 0,56 |
| Cv | 16,59 | 26,68 | 18,05 |

*P: nível de significância a 5%; CV: coeficiente de variação (%).

De forma semelhante ao presente estudo, Farias et al. (2014), ao avaliarem a inclusão de 10 e 20% de farelo de arroz novo e armazenado por 180 dias nas dietas de codornas não observaram efeito na resistência óssea das tíbias. De acordo com estes autores os fatores antinutricionais, como o ácido fítico e as fibras podem se ligar a cátions como cálcio e fósforo, principais componentes da matriz óssea e não permitindo que sejam completamente utilizados pelas aves. No entanto, na presente pesquisa, esses possíveis efeitos não afetaram o crescimento e a qualidade dos ossos dos frangos.

4.4 Conclusão

O farelo de arroz integral pode ser armazenado por até 50 dias e incluído em 12% na dieta de frangos de corte sem causar prejuízo ao desempenho, digestibilidade de nutrientes, morfometria intestinal e características ósseas.

Referências

AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. **American Association of Cereal Chemists**, Inc, St. Paul, MN, USA. 1995.

AOAC International. **Official Methods of Analysis**. 13th ed. AOAC International, Arlington, VA. 2000.

BRUNSCHWILER C.; HEINED.;KAPPELERS.; CONDE-PETITB.; NYSTRÖML. Direct measurement of rice bran lipase activity for inactivation kinetics and storage stability prediction. **Journal of Cereal Science**. V. 58, p. 272–277. 2013.

CHAE B. J.; LEEK. H.; LEE S. K. Effects of Feeding Rancid Rice Bran on Growth Performance and Chicken Meat Quality in Broiler Chicks. **Asian-Aust. J.Anim. Sci**. V.15, p. 266–273. 2002.

FARIAS N; FREITAS E; XAVIER R; BRAZ N; TAVARES T; FIGUEIREDO C; FERNANDES D; NASCIMENTO G.Farelo integral de arroz parboilizado submetido a armazenamento prolongado para alimentação de codornas de corte. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. V. 49 (6), p. 407-415. 2014.

GENKAWA T.; UCHINOT.; INOUEA.; TANAKAF.; HAMANAKA D.Development of a low-moisture-content storage system for brown rice: Storability at decreased moisture contents. **Biosystems Engineering**. V. 99, p.515–522. 2008.

GIACOMETTI R.A.; TEIXEIRA A.S; RODRIGUES P.B; FREITAS R.T.F; BERTECHINI A. G; FIALHO E.T; SANTOS A.V. Valores energéticos do farelo de arroz integral suplementado com complexos enzimáticos para frangos de corte.**Ciênc. agrotec.**, Lavras. V.27, n.3, p.703-707, maio/jun., 2003.

GOPINGER E.; ZIEGLER V.; CATALAN A. A. D. S.; KRABBE E. L.; ELIAS M. C.; XAVIER E. G. Whole rice bran stabilization using a short chain organic acid mixture. **Journal of Stored Products Research**. v. 61, p. 108–113.2015.

LU B. S.; S. BARBER; D. B. C. BENEDITO. **Rice bran: Chemistry and Technology**. Pages 313–315 in: Rice Production and Utilization, vol. II. B. S. Luh, ed. Van Nostrand Reinhold, NY. 1991.

MALEKIAN F.; RAO R. M.; PRINYAWIWATKUL W.; MARSHALL W. E.; WINDHAUSER M.; AHMEDNA M. Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, And Nutrient Losses in Rice Bran During Storage. Louisiana Agricultural Experiment Station. **Bulletin Number 870**. January, 2000.

MATTERSON L. D.; POTTERL. M.; STUTZM. W.**The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station. 11p. 1965.

- MUJAHID A; ASIFM.; HAQI. UL; ABDULLAHM.; GILANIA H. Nutrient digestibility of broiler feeds containing different levels of variously processed rice bran stored for different periods. **Poultry science**. V. 82, p.1438–1443. 2003.
- NAZ S.; SHEIKH H.; SIDDIQIR.; SAYEED S.A. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. **Food Chemistry**. V. 88, p. 253-259. 2004.
- NETO R. D. **Níveis de treonina, glicina+serina e suas relações para pintos de corte**. 2010. Tese de doutorado. Universidade federal da paraíba. 2010.
- PARAGINSKI R. T.; VANIER N. L.; BERRIOS J. D. J; OLIVEIRA M. DE; ELIAS M. C. Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. **Journal of Stored Products Research**. V. 59, p. 209-214. 2014.
- PARK C.E.; KIM Y.S.; PARKK.J.; KIMB.K. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**. V. 48, p. 25–29. 2012.
- PASHA T. N.; KHATTAKF. M.; KHAND. R.; JABBARM. A. Effect of storage time on the rancidity and metabolizable energy of rice polishing in poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. V. 21, p. 420–425. 2008.
- PELICANO E.R.T.; SOUZA P.A.; SOUZA H.B.A.; FIGUEIREDO M. M.; BOIAGO M.M; CARVALHO S.R.; BORDON V. Intestinal Mucosa Development in Broiler. **Brazilian Journal Poultry Science**. V. 7, p. 221–229.2005.
- ROSTAGNO H. S.; ALBINO L. F. T.; DONZELEJ. L.; GOMESP. C.; OLIVEIRAR. F.; LOPESD. C.; FERREIRAA. S.; BARRETOS. L. T.; EUCLIDESR. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3rd ed. UFV, DZO, Viçosa, MG, Brasil. 2011.
- SAKOMURA N. K.; ROSTAGNO H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Funep, Jaboticabal, Brasil. 2007.
- SAS. **SAS User's Guide: Statistics**. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 2002.
- TASHIRO M.; IKEGAMI S. Changes in activity, antigenicity and molecular size of rice bran trypsin inhibitor by in-vitro digestion. **Nutr. Sci. Vitam**. V. 42, p. 367–376. 1996.
- THANONKAEW A.; WONGYAI S.; MCCLEMENTS D.J.; DECKER E.A. Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). **Food Science and Technology**. V.48, p. 231-236. 2012.
- ZHANG Y.;YUZ.; LUY.; WANGY.; SHED.; SONGM.; WUY. Effect of the absence of lipoxygenase isoenzymes on the storage characteristics of rice grains. **Journal of Stored Products Research**. V. 43, p. 87–91. 2007.

Capítulo 5

**Valor nutricional do farelo estabilizado parcialmente desengordurado de arroz
e sua digestibilidade para suínos**

5.1 Introdução

O uso de alimentos alternativos na nutrição de não ruminantes aumenta a cada ano, devido a oscilação de preços e disponibilidade dos ingredientes convencionalmente utilizados. No entanto, seu emprego depende do reconhecimento das suas potencialidades e limitações, de modo a manter a produtividade e possibilitar a redução dos custos de produção, com reflexos diretos sobre a viabilidade e lucratividade da atividade (BRUM JR, 2009).

Devido a disponibilidade para alimentação animal, como produto derivado do beneficiamento do grão de arroz contendo germe, pericarpo, película que recobre o grão, pequenos fragmentos de casca e grãos, submetido a extração do óleo por meio de prensa, sem uso de solventes, o farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado (FEPDA), apresenta vantagens pela reduzida susceptibilidade a oxidação, como decorrência da redução na sua quantidade de óleo.

Considerando a constante busca por novas matérias primas para a elaboração de dietas de alta qualidade para a produção de suínos, o FEPDA surge como um potencial ingrediente. Entretanto, o conhecimento da composição nutricional de um novo e potencial ingrediente é fundamental. Além disso, é importante conhecer o seu valor energético, tanto do ponto de vista nutricional como econômico, pois a correta formulação de dietas para animais vai além do atendimento das necessidades nutricionais, incluindo a palatabilidade do alimento, bem como a qualidade do produto acabado e o atendimento das expectativas dos consumidores (VASCONCELLOS; CARCIOFI, 2009).

A análise química e a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, energia digestível e energia metabolizável são os primeiros itens para determinar o potencial e o valor nutricional do alimento. As espécies animais aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo essa variação quantificada mediante a determinação de seus coeficientes de digestibilidade.

A digestibilidade de uma dieta e/ou alimento é definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia nela contidos. Dessa forma, a determinação da digestibilidade dos nutrientes de um ingrediente é um dos

primeiros passos quando se pretende avaliar seu potencial de uso nas dietas de suínos (SAKOMURA E ROSTAGNO, 2007).

Neste contexto, a determinação do valor energético do FEPDA é fundamental para a sua utilização nas formulações das dietas, visando otimizar o desempenho dos animais. Com isso, o presente estudo avaliou a composição nutricional e os coeficientes de digestibilidade do farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado na dieta de suínos em diferentes idades, visando avaliar o seu potencial como um novo ingrediente.

5.2 Material e métodos

Os ensaios de metabolismo foram realizados na Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia – SC. Dois experimentos foram realizados, um com suínos de 15 kg e outro com suínos de 50 kg, para determinação dos coeficientes de digestibilidade do FEPDA nas diferentes idades.

No primeiro ensaio foram utilizados 36 leitões (machos) da linhagem TOP GEN, com peso médio inicial de 15 kg de peso vivo e 50 dias de idade. Os animais foram alocados individualmente em gaiolas de metabolismo, em um delineamento experimental em blocos ao acaso, sendo os blocos estabelecidos em função do peso inicial. Os suínos foram distribuídos em dois tratamentos, com 18 repetições cada um, sendo cada animal considerado uma unidade experimental. No segundo ensaio foram utilizados 24 leitões (machos) da linhagem TOP GEN, com peso médio inicial de 50 kg e 90 dias de idade, alocados individualmente em gaiolas de metabolismo. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, sendo os blocos definidos em função do peso inicial. A exemplo do primeiro experimento, os animais foram distribuídos em dois tratamentos, porém com 12 repetições cada um, sendo cada animal considerado uma repetição (unidade experimental).

Cada experimento teve a duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às dietas e cinco dias de coleta total de fezes e urina, conforme Sakomura e Rostagno (2007).

Foram utilizadas dietas controle/referência (tratamento 1) conforme tabelas 1 e 2, a base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aminoácidos. Nas dietas

teste foi adicionado 70% da dieta referência e 30% do FEPDA, sendo que todas atenderam as exigências nutricionais dos suínos, conforme Rostagno et al (2011).

Tabela 1- Composição nutricional da dieta referência para suínos com 15kg

| Ingrediente | % |
|---------------------------------|-------|
| Milho, grão | 55,20 |
| Farelo de soja, 45% PB | 31,40 |
| Açúcar | 5,00 |
| Núcleo ¹ | 5,00 |
| Óleo de soja | 3,30 |
| DL-metionina | 0,06 |
| L-lisina | 0,02 |
| Total | 100 |
| Composição nutricional | |
| EMA, kcal/kg | 3284 |
| Proteína bruta, % | 18,16 |
| Fósforo disponível, % | 0,111 |
| Fósforo total, % | 0,397 |
| Cálcio, % | 0,846 |
| Arginina digestível, % | 1,170 |
| Lisina digestível, % | 1,003 |
| Metionina digestível, % | 0,348 |
| Metionina+cistina digestível, % | 0,572 |

¹Níveis de garantia por kg: ácido benzoico: 37,40g; ácido cítrico: 4100,08 mg; ácido fólico: 16,50 mg; ácido pantotênico: 360,80 mg; bacillus licheniformis: 12,8 x 10⁹ UFC; bacillus subtilis: 12,80 x 10⁹ UFC; Biotina: 2,70 mg; cálcio(max): 165,60g; clorohidroxiquinolina: 2400 mg; cobre: 4000 mg; etoxiquim: 200 mg; ferro: 1911,50 mg; fitase: 10000 U; fósforo: 39,53 g; Glucanase: 3040 U; Iodo: 24 mg; lisina: 43,50 g; manganês: 1197,31 mg; metionina: 30g; niacina: 750 mg; selênio: 7 mg; sódio: 39,40 g; treonina: 21 g; vit. A 239000 UI; vit. B₁ 36,08 mg; vit. B₁₂ 479 mcg; vit. B₂ 102,08 mg; vit. B₆ 70 mg; vit. D₃ 42000 UI; vit. E 580 UI, vit. K₃ 68 mg; xilanase: 24400 U; zinco: 3800 mg.

Tabela 2- Composição nutricional da dieta referência para suínos com 50 kg

| Ingredientes | % |
|----------------------------------|--------|
| Milho, grão | 66,34 |
| Farelo de soja, 45%PB | 31,12 |
| Calcário | 0,94 |
| Fosfato bicálcico | 0,48 |
| Sal comum | 0,42 |
| Óleo de soja | 0,20 |
| Premixvitamínico ¹ | 0,10 |
| Premix mineral ² | 0,10 |
| Caulin | 0,10 |
| L-lisina | 0,10 |
| DL-metionina | 0,04 |
| Tylan ³ | 0,02 |
| Colistina ⁴ | 0,02 |
| Fitase, 10000FTU | 0,01 |
| BHT | 0,01 |
| Total | 100,00 |
| Composição nutricional | |
| EMA, kcal/kg | 3239 |
| Proteína bruta, % | 19,15 |
| Fósforo disponível, % | 0,436 |
| Fósforo total, % | 0,686 |
| Cálcio, % | 0,759 |
| Arginina digestível, % | 1,220 |
| Lisina digestível, % | 0,996 |
| Metionina digestível, % | 0,304 |
| Metionina +cistina digestível, % | 0,590 |

¹Níveis de garantia por kg: Vit. D3:1500000 UI; Vit.E: 15000; Vit.K3:1500 mg; Vit. B1:1350 mg; Vit. B2:4000 mg; Vit. B6: 2000 mg; Vit.B12: 20000mg, Ácido pantotênico: 9350 mg; Niacina 20g; Ácido fólico: 600 mg; Selênio: 300 mg, Biotina: 80 mg, Vit. A: 6000000 UI. ²Níveis de garantia por kg: Zinco: 100g; Cobre: 10g, Ferro: 100g; Manganês: 40g; Iodo: 1500 mg; Cobalto: 1000 mg. ³Antibiótico:tilosina.

⁴Antibiótico: polimixinas.

A quantidade de cada dieta fornecida diariamente a cada animal foi calculada com base no peso metabólico (kg^{0,75}). As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia (manhã e tarde), sendo umedecidas para evitar perdas e facilitar a ingestão.

Para determinar o início e o final do período de coleta de fezes, foi adicionado marcador fecal (óxido férrico 1,5%) nas dietas. As coletas de fezes foram realizadas uma vez ao dia, sendo pesadas, acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenados em *freezer*. A urina foi recolhida uma vez ao dia, em baldes plásticos, contendo 20 mL de HCl (diluído na proporção 1:1) para evitar fermentação e perda de nitrogênio. O volume foi completado para 3 L com água destilada, mantendo o volume constante para todos os animais, utilizando-se um funil para reter as

impurezas (pêlos e fezes). As amostras foram homogeneizadas e uma alíquota de 150 mL foi transferida para um frasco de vidro com tampa, sendo e armazenado em geladeira (3°C) para posterior análise (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Ao final das coletas as amostras de fezes foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa com ventilação forçada a 60°C por 72 horas, para análises posteriores dos teores de matéria seca (Instituto Adolfo Lutz, 2008), proteína bruta (CBAA, 2013) e energia bruta em bomba calorimétrica (LECO AC 500). O mesmo foi realizado para as dietas. Para as amostras de urina, por sua vez, foram analisadas a proteína bruta e energia bruta pelos mesmos métodos citados acima.

Uma vez obtidos os resultados das análises laboratoriais das dietas, fezes e urina, foi determinado o coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e da proteína bruta (CDPB), através da fórmula: $CD (\%) = [(NC - NEx) / NC] \times 100$, em que: NC = quantidade do nutriente consumido e NEx = quantidade do nutriente excretado, conforme metodologia proposta por Sakomura e Rostagno (2007). Para determinar a energia digestível aparente (ED), a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), utilizou-se as equações propostas por Matterson et al (1965).

Além disso, foi determinada a composição química do FEPDA, através das análises de matéria seca (Instituto Adolfo Lutz, 2008), matéria mineral (CBAA, 2009), proteína bruta (CBAA, 2013), extrato etéreo (AOCS, 2005), além de cálcio (Ca) e fósforo (P) conforme metodologia de AOAC (1995) e fibra bruta.

5.3 Resultados e discussão

Os coeficientes de digestibilidade do FEPDA para suínos com 15 kg e 50 kg são apresentados na tabela 3. Observou-se um coeficiente de digestibilidade da matéria seca de 64,9% e 70,3%, e da proteína bruta de 56,5% e 68,5% respectivamente, para os suínos com 15kg e 50 kg. No entanto, o farelo de arroz integral e o desengordurado apresentam um coeficiente de digestibilidade de proteína de 74,4 e 74,0%, respectivamente, demonstrando assim a diferença nos coeficientes de digestibilidade dos diferentes tipos de farelo de arroz.

A proteína digestível do FEPDA foi de 9,86% e 11,96%, respectivamente para os suínos de 15 e 50 kg. Já o farelo de arroz integral apresenta 9,86% de proteína digestível e o farelo desengordurado, 11,47% de proteína digestível (ROSTAGNO et al., 2011).

A energia digestível foi de 2994 e 3063 kcal/kg, para suínos de 15 e 50 kg, respectivamente, sendo intermediária aos demais farelos, pois o integral apresenta 3179 kcal/kg e o desengordurado 2531 kcal/kg. No entanto, o FEPDA apresentou maior energia metabolizável (3353 e 3247 kcal/kg, para suínos de 15 e 50 kg, respectivamente) do que o farelo de arroz integral (3111 kcal/kg) e o farelo de arroz desengordurado (2450 kcal/kg) (ROSTAGNO et al., 2011).

Tabela 3- Coeficiente de digestibilidade (CD) de nutrientes do farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado para leitões com 15 kg e 50 kg

| Nutriente* | Unidade | 15 kg | 50 kg |
|-----------------|---------|-------|-------|
| CD MS | % | 64,96 | 70,36 |
| CD PB | % | 56,44 | 68,50 |
| PB digestível** | % | 9,86 | 11,96 |
| ED | kcal/kg | 2994 | 3063 |
| EMA | kcal/kg | 3353 | 3247 |
| EMAn | kcal/kg | 2882 | 2782 |

*base em matéria natural; **PB digestível = PB farelo x CD PB/100. MS= matéria seca. PB= Proteína Bruta. ED= Energia digestível. EMA= Energia metabolizável aparente. EMAn= Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio.

Na tabela 4, é apresentada a composição nutricional do FEPDA. Observa-se que o FEPDA apresentou 92,3% de matéria seca, sendo esta maior do que a do farelo de arroz integral e do desengordurado, 89,3 e 89,6%, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2011). Da mesma forma, a proteína bruta do FEPDA foi de 17,47%, maior do que a proteína bruta observada no farelo de arroz integral (13,2%) e no desengordurado (15,5%). No entanto, a quantidade de gordura do FEPDA (14,13%) apresenta-se semelhante a do farelo de arroz integral (14,8%). Entretanto, apresenta menos fibra bruta (5,16%), quando comparado com o farelo de arroz integral (7,88%) e desengordurado (10,8%). Já em relação ao cálcio, fósforo e cinzas, o FEPDA apresenta maior quantidade quando comparado com o farelo de arroz integral e com farelo de arroz desengordurado, que são 0,11 e 0,10% de Ca; 1,61 e 1,81% de P; e 8,82 e 10,08 %de matéria mineral, respectivamente.

Tabela 4- Composição nutricional do farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado

| Nutriente | % |
|-----------------|-------|
| Matéria seca | 92,33 |
| Proteína bruta | 17,47 |
| Fibra bruta | 5,16 |
| Gordura | 14,3 |
| Cálcio | 0,17 |
| Fósforo | 2,79 |
| Matéria mineral | 11,03 |

Em função da sua composição química e dos resultados obtidos nos coeficientes de digestibilidade com suínos nas diferentes idades, o FEPDA pode ser classificado como um ingrediente, que apresenta características intermediárias em relação ao farelo de arroz integral e ao farelo de arroz desengordurado.

5.4 Conclusão

O farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado pode ser considerado um novo ingrediente para dietas de suínos com 15 e 50 kg.

Referências

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.1995.
- AOCS (American Oil Chemists' Society). **Official Method Am 5-04**, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society.2005
- BRUM JR, B.C. Quirera de arroz na dieta de frangos de corte. 2009. 88f. Tese (Doutorado em Ciências) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- CBAA (Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal). Cinzas ou matéria mineral. Página 137. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**, São Paulo. 2009.
- CBAA (Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal). Proteína Bruta - Método Kjeldahl recebimento em ácido bórico. Páginas193-201. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**, São Paulo. 2013.
- Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Pagina 98. 4th ed. Zenebon, O., N. S. Pascuet e P. Tiglea, São Paulo.2008.
- MATTERSON L. D.; POTTERL. M.; STUTZ M. W.**The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**.Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station. 11p.1965.
- ROSTAGNO H.S.; ALBINO L.F.T.; DONZELE J.L; GOMES P.C.; OLIVEIRA R. F.; LOPES D. C.; FERREIRA A.S.; BARRETO S.L.T; EUCLIDES R. F.**Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011.252P.
- SAKOMURA N. K.; H. S. ROSTAGNO. **Métodos de Pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal. 283p. 2007.
- VASCONCELLOS R.S.; CARCIOFFI A.C. Formulação de alimentos com base em nutrientes digestíveis para cães e gatos. In: **Congresso internacional e VIII Simpósio sobre nutrição de animais de estimação**, CBNA, Campinas, 2009.

Capítulo 6

**Palatabilidade do farelo de arroz estabilizado parcialmente desengordurado
em dietas de leitões na fase de creche**

6.1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa*) constitui base alimentar de muitos países, incluindo o Brasil. O seu beneficiamento resulta em uma série de coprodutos, destinados ao consumo humano e animal.

O farelo de arroz é uma matéria prima disponível em volume considerável. Entretanto, o seu uso em dietas de suínos é limitado, pois apesar do farelo de arroz integral (FAI) ser um alimento energético, é altamente susceptível à oxidação, que ocorre normalmente por ação de peroxidases e lipoxigenases e por processos de auto-oxidação (MUJAHID et al., 2005), dificultando a sua utilização para extração de óleo e alimentação animal. De modo semelhante, o farelo de arroz desengordurado (FADE) apresenta algumas limitações para uso na alimentação de suínos, como a redução do valor energético, alto teor de fibra e fatores antinutricionais que reduzem a absorção de nutrientes e, portanto, comprometem a sua qualidade, limitando o seu uso.

Devido a disponibilidade para alimentação animal, como produto derivado do beneficiamento do grão de arroz, contendo germe, pericarpo, película que recobre o grão, pequenos fragmentos de casca e grãos, submetido a extração do óleo por meio de prensa, sem uso de solventes, o farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado (FEPDA), apresenta vantagens pela reduzida susceptibilidade a oxidação, como decorrência da redução na quantidade de óleo. Considerando a constante busca por novas matérias primas para a elaboração de dietas de alta qualidade para a produção de suínos, o FEPDA surge como um potencial ingrediente. Entretanto, a melhor forma de avaliar a aceitação de um novo ingrediente é através de ensaios de palatabilidade com animais, permitindo assim uma maior assertividade em relação a geração de resultados.

O controle do consumo de alimentos no suíno é influenciado por grande número de fatores, dentre os quais destaca-se a palatabilidade, que é definida pela estrutura sensitiva e motora da língua (SILVA, 2010). Ainda precisa ser considerado o fato de que a percepção organoléptica pelo suíno é dependente de sua idade, da composição da dieta teste, especialmente se associada ou não a outros aditivos alimentares com o propósito de melhorar a palatabilidade. E, por fim, o novo e

potencial ingrediente precisa ser testado a um nível de inclusão relativamente elevado, permitindo ao animal, uma melhor percepção e uma magnificação da resposta.

As características do alimento que implicam no consumo alimentar estão relacionadas ao valor biológico, digestibilidade, concentração na dieta e características sensoriais. Essa relação afeta todas as categorias, entretanto leitões lactentes e recém desmamados são mais influenciados por estes fatores (SILVA, 2010). O estresse do desmame pode ser minimizado pelo fornecimento de dieta inicial de alta palatabilidade associado a um aroma adocicado semelhante ao leite. Além disso, o consumo precoce de alimento prepara o sistema digestório para produção de enzimas (XAVIER et al, 2010).

Leitões recém desmamados passam por uma fase crítica, com a separação da mãe, troca de ambiente, formação de novos grupos e também mudança na alimentação, que leva a uma queda no consumo e impacta negativamente a saúde e o desempenho dos jovens animais. Há, por vezes, uma radical mudança de alimentação, em que os animais que até então se alimentavam exclusivamente de leite agora passam abruptamente a receber uma dieta sólida, e o sistema digestivo deve se adaptar a mudança, com secreção de enzimas especializadas para digestão de novos alimentos (XAVIER et al, 2010). Além disso, a nova dieta deve ser atrativa para o leitão, apresentando odor e sabor agradáveis. Neste sentido, a palatabilidade torna-se fundamental.

Segundo Hill (2007), a palatabilidade é a percepção sensorial do alimento pelo animal. E, para Carciofi (2008), o ensaio de palatabilidade é utilizado para verificar os aspectos sensoriais envolvidos na ingestão do alimento, incluindo o paladar, o odor, a textura, o formato, o tamanho e a sensação de mastigação.

Com base no exposto, o presente estudo avaliou a palatabilidade de dieta contendo farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado de arroz (FEPDA) através de um ensaio com livre escolha de alimento por leitões na fase de creche.

6.2 Material e métodos

Foram utilizados 36 leitões, machos, da linhagem TOP GEN, com peso inicial médio de $7,24 \pm 0,396$ kg, desmamados aos 21 dias de idade, alojados em creches suspensas (Figura 1). Os animais foram distribuídos em 12 baias experimentais com 3 animais/baia. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em função do peso inicial, sendo cada baia considerada uma repetição.

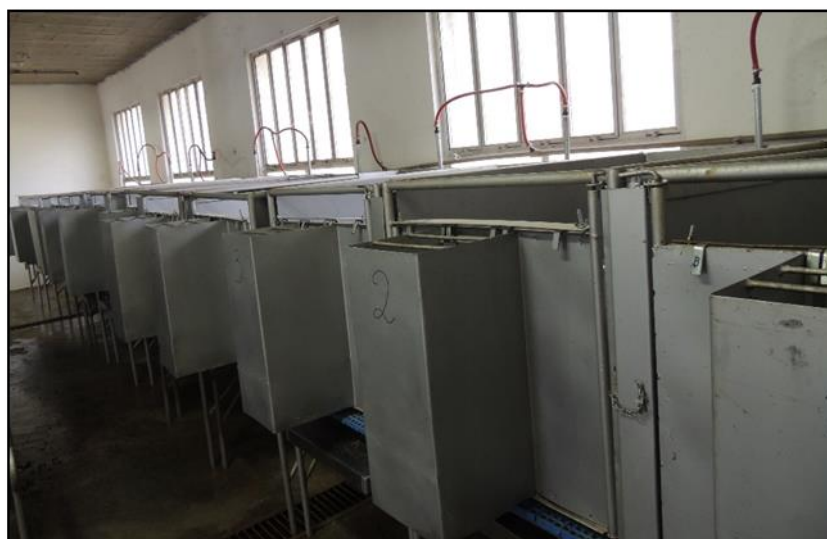


Figura 1- Creches suspensas utilizadas no experimento

Fonte: Acervo pessoal

As dietas foram formuladas para atender as exigências dos leitões, conforme Rostagno et al. (2011), de acordo com a fase pré-inicial (21 a 33 dias de idade) contendo o uso de produtos lácteos, palatabilizantes e aromatizantes e, com a fase inicial (33 a 42 dias de idade), apenas com ingredientes vegetais, sem palatabilizantes e aromas.

Foram avaliados três níveis de inclusão de FEPDA, compondo os seguintes tratamentos: T1- dieta controle a base de milho e farelo de soja; T2- dieta com a inclusão de 16% de FEPDA; T3- dieta com a inclusão de 32% de FEPDA, conforme a tabela 1.

O FEPDA, apresentou em sua composição 92,3% de matéria seca, 17,5% de proteína bruta, 14,3% de extrato etéreo, 5,16% de fibra bruta, 11,03% de matéria mineral, 0,17% de cálcio, 2,79% de fósforo e 2880 kcal/kg de energia metabolizável para suínos.

Tabela 1- Composição e perfil nutricional das dietas experimentais

| Ingredientes (%) | Pré inicial (21-33 dias de idade) | | | Inicial (33-42 dias de idade) | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|
| | Níveis de inclusão de FEPDA | | | Níveis de inclusão de FEPDA | | |
| | 0% | 16% | 32% | 0% | 16% | 32% |
| Milho, grão | 52,35 | 35,91 | 19,56 | 62,72 | 48,78 | 34,84 |
| Farelo de Soja, 45%PB | 30,00 | 30,00 | 29,89 | 26,15 | 23,54 | 20,93 |
| Soro de leite em pó | 8,38 | 8,38 | 8,38 | 4,22 | 4,22 | 4,22 |
| Plasma sanguíneo | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| FEPDA | 0,00 | 16,00 | 32,00 | 0,00 | 16,00 | 32,00 |
| Fosfato bicálcico | 1,51 | 1,36 | 1,20 | 1,43 | 1,30 | 1,17 |
| Óleo de soja | 1,00 | 1,67 | 2,35 | 1,17 | 1,75 | 2,33 |
| Calcário | 0,78 | 0,84 | 0,91 | 0,68 | 0,74 | 0,80 |
| Ácido fumárico | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |
| L- lisina | 0,52 | 0,46 | 0,40 | 0,24 | 0,26 | 0,28 |
| Inerte* | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Antibiótico | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Sequestrante de toxinas | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| DL-metionina | 0,22 | 0,21 | 0,19 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
| Sal comum | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,32 | 0,30 | 0,29 |
| L-treonina | 0,20 | 0,18 | 0,17 | 0,05 | 0,07 | 0,08 |
| Premix vitamínico ¹ | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Premix mineral ² | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |

Continua...

Continuação...

| | | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Colina HCl | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L- Valina | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Palatabilizante | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Aromatizante (melaço) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Lactose, 99% | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Colistina | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| BHT | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| L-triptofano | 0,021 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 100,00 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Composição calculada

| | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EM (kcal/kg) | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 | 3250 |
| Proteína bruta (%) | 21,03 | 21,91 | 22,76 | 18,00 | 18,00 | 18,00 |
| Ca (%) | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Pd (%) | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Lisina digestível (%) | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Metionina digestível (%) | 0,47 | 0,46 | 0,46 | 0,30 | 0,31 | 0,31 |
| Metionina+cistina digestível (%) | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |

¹Níveis de garantia por kg do produto: vit. D₃: 1500000 UI; vit. E: 15000 UI; VIT. K₃: 1500 mg; vit. B₁: 1350 mg; vit. B₂: 4000 mg; vit. B₆: 2000 mg; vit. B₁₂: 20000 mcg; ácido pantotênico: 9350 mg; niacina: 20g; ácido fólico: 600 mg; selênio: 300 mg; biotina: 80 mg; vit. A: 6000000 UI. ²níveis de garantia por kg do produto: zinco: 100g; cobre: 10g; ferro: 100g; manganês: 40g; iodo: 1500 mg; cobalto: 1000 mg. *Areia escariola.

Em cada baia foram disponibilizados comedouros (Figura 2) com três dietas (0, 16 e 32% FEPDA). Diariamente, foram registrados os consumos de cada uma das dietas experimentais por baia. Foi adotado um programa de rodízio de comedouros, de forma que a cada dia as dietas estivessem em localização diferente.



Figura 2 - Comedouros utilizados no experimento

Fonte: Acervo pessoal

As avaliações do consumo de ração foram realizadas de 22 a 32 dias e de 33 a 42 dias de idade, além do período total de creche (dos 21 aos 42 dias de idade), determinando assim a palatabilidade da dieta de acordo com o consumo de cada tratamento.

Os dados foram analisados através da análise de variância, utilizando-se o procedimento MIXED do SASTM (2012), testando-se o efeito fixo de tratamento. A comparação entre as médias foi feita pelo teste LSD (*Least Significant Difference*), protegido pelo teste F global ($p \leq 0,05$), através do comando DIFF do LSMEANS.

6.3 Resultados e discussão

Na tabela 2, são apresentados os resultados de consumo em função dos níveis de inclusão de FEPDA nas dietas de leitões na fase de creche. Na fase pré-inicial (22 aos 33 dias de idade) observou-se maior consumo da dieta com a inclusão de 32% de FEPDA, demonstrando assim maior preferência dos leitões pelo ingrediente FEPDA, já que os demais ingredientes como lácteos, aromatizantes e

palatabilizantes foram incluídos na mesma quantidade em todas as dietas. Nesta fase, observou-se um menor consumo da dieta sem a inclusão de FEPDA.

Tabela 2- Consumo (kg/baia com 3 leitões) de ração de leitões na fase de creche em função dos níveis de inclusão de farelo de arroz parcialmente desengordurado (média \pm desvio padrão)

| Níveis inclusão de FEPDA (%) | Consumo de ração pré-inicial (22-33 dias de idade) | Consumo de ração inicial (33-42 dias de idade) | Consumo período total (22-42 dias de idade) |
|------------------------------|--|--|---|
| 0 | 2,825 \pm 0,316 b | 9,487 \pm 1,191 | 12,31 \pm 1,28 |
| 16 | 3,496 \pm 0,306 b | 7,168 \pm 0,410 | 10,66 \pm 0,52 |
| 32 | 4,458 \pm 0,336 a | 8,908 \pm 0,964 | 13,37 \pm 1,18 |
| P | 0,0039 | 0,0756 | 0,0998 |
| CV (%) | 35,393 | 38,011 | 30,586 |

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste LSD ($p \leq 0,05$).

Na fase inicial, em que as dietas não continham a inclusão de palatabilizantes e aromatizantes, não houve diferença para a preferência alimentar entre os níveis de inclusão de FEPDA, demonstrando assim que com o avançar da idade dos suínos, provavelmente ocorra uma diminuição da seletividade pelo sabor das dietas.

Ao avaliar-se o período total de creche (21 a 42 dias) não foi verificada diferença significativa de consumo entre os níveis de inclusão de FEPDA. Testando a inclusão de 20% de farelo de arroz integral em leitões, Gomes et al. (2012) não observaram efeito no consumo de ração. Da mesma forma, Aquino et al. (2014) não observaram efeito no consumo de ração de leitões alimentados com dietas contendo a inclusão de até 16% de farelo de arroz parboilizado.

As dietas foram isonutritivas, ou seja, apresentaram a mesma quantidade de proteína, energia e aminoácidos, que são fatores que podem interferir no consumo. No entanto, a quantidade de óleo de soja aumentou com o incremento dos níveis de inclusão de FEPDA, conseqüentemente aumentando a quantidade de gordura nas dietas. De acordo com Silva (2010), os óleos têm efeito positivo sobre a palatabilidade e poderiam justificar o aumento do consumo na fase pré-inicial. Porém, na fase inicial não observou-se essa resposta no consumo. Assim, atribui-se esse maior consumo ao uso do FEPDA nas dietas, considerando-se um ingrediente

de boa aceitação e palatabilidade em leitões na fase pré-inicial (22-33 dias de idade).

Na tabela 3, são apresentados os dados de desempenho das unidades experimentais a título de informação. Os resultados observados indicam que os leitões apresentaram um desempenho satisfatório no período de creche.

Tabela 3- Peso médio (PM - kg), consumo médio diário (CMD – kg), ganho de peso diário (GPD - kg/a/d) e conversão alimentar (CA - kg/kg) de leitões na fase de creche (21 a 42 dias)

| Baia (unidade experimental) | PM | CMD | GPD | CA |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 15,65 | 0,582 | 0,366 | 1,590 |
| 2 | 17,43 | 0,729 | 0,458 | 1,591 |
| 3 | 15,56 | 0,559 | 0,376 | 1,486 |
| 4 | 14,63 | 0,528 | 0,342 | 1,543 |
| 5 | 14,35 | 0,529 | 0,335 | 1,579 |
| 6 | 15,60 | 0,601 | 0,395 | 1,521 |
| 7 | 14,96 | 0,551 | 0,369 | 1,493 |
| 8 | 14,03 | 0,514 | 0,327 | 1,571 |
| 9 | 13,31 | 0,468 | 0,304 | 1,539 |
| 10 | 15,03 | 0,597 | 0,390 | 1,530 |
| 11 | 15,75 | 0,663 | 0,427 | 1,552 |
| 12 | 14,35 | 0,594 | 0,366 | 1,622 |

Os dados obtidos neste estudo estão de acordo com os padrões de peso da suinocultura moderna (Calendário Técnico Agroceres Pic 2016), em que o consumo diário deve ser em torno de 400 g a conversão alimentar em torno de 1,20 na fase de creche. No presente estudo, o peso dos leitões foi superior ao padrão do sistema produtivo.

6.4 Conclusões

A inclusão de 32% de FEPDA na dieta na fase pré-inicial, de 22 a 33 dias de idade dos leitões propicia maior palatabilidade da dieta. Na fase inicial, de 33 a 42 dias, o farelo de arroz parcialmente desengordurado é tão palatável quanto o milho e o farelo de soja.

Referências

AQUINO T.M.F.; WATANABE P.H.; CARVALHO L.E.; FREITAS E.R.; NEPOMUCENO R.C.; OLIVEIRA E.L.; GOMES T.R.; ELLERY E.A.C.; SANTOS K.M.; PEREIRA A.S.; AGUIAR G.C. Níveis de inclusão do farelo de arroz parboilizado em rações para leitões na fase de creche. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**v.66, n.5, p.1531-1538, 2014.

CARCIOFI, A.C. **Curso Teórico-prático sobre nutrição de Cães e Gatos “uma visão industrial”**, FCAV-UNESP Jaboticabal, 2008, 80p.

Calendário Técnico 2016. Disponível em:<<http://www.agrocerespic.com.br/index.php/informativos/calendario>>. Acesso em 01 de junho 2016.

GOMES T.R.; CARVALHO L.E.; FREITAS E.R.; NEPOMUCENO R.C.; ELLERY E.A.C.; RUFINO R.H.M. Efeito da inclusão de farelo de arroz integral em rações para leitões de 21 a 42 dias de idade. **Arch. Zootec.** V. 61 (233), p. 129-139. 2012.

HILL J. Impacts of nutritional technology on feeds offered to horses: A review of effects of processing on voluntary intake, digesta characteristics and feed utilization. **Animal Feedscienceandtechnology.** V. 138, p. 92-117.2007.

MUJAHID A.; ASIF M.; GILANI A.H. Effect of various processing techniques and different levels of antioxidant on stability of rice bran during storage. **J. Sci. Food Agric.** V.85, p. 847–852. 2005.

NERY V.L.H.; SOARES R.T.R.N.; CHIQUIERI J. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação alimentados com rações contendo subprodutos de arroz. **Zootecnia Trop.**V. 28(1), p. 43-49. 2010.

ROSTAGNO H.S.; ALBINO L.F.T.; DONZELE J.L; GOMES P.C.; OLIVEIRA R. F.; LOPES D. C.; FERREIRA A.S.; BARRETO S.L.T; EUCLIDES R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011.252P.

SAS INSTITUTE INC. System for Microsoft Windows, Release 9.4, Cary, NC, USA, 2002-2012. (CD-rom).

SILVA C.S. Consumo dos Suínos. **In:** Consumo e preferência alimentar dos animais domésticos. Londrina: Phytobiotics Brasil, 2010. p. 204-265.

XAVIER, E; LOPES, D.C.N; RUTZ, F; ROLL, V.F.B; ANCIUTI, M.A. Manejo Zootécnico de suínos. **In:** Suínos: manejo. Ed. Universitária PREC/UFPEL, 2010. p. 11-54.

7. Considerações finais

A adição de 2% de mistura de ácido acético e propiônico no farelo de arroz integral armazenado durante 120 dias auxiliou na preservação da qualidade, expressa por maiores valores de energia bruta, menores incrementos de acidez lipídica e menores formações de produtos primários (K_{232}) e secundários de oxidação lipídica (K_{270}), com manutenção da coloração amarela (valor “*b*”). Os resultados desse estudo mostram que o uso de mistura de ácidos orgânicos utilizada proporciona uma boa conservabilidade do farelo, possibilitando, principalmente, a sua utilização na alimentação animal.

Os ácidos orgânicos podem manter a qualidade do farelo de arroz integral armazenado por até 120 dias, quando utilizado em 20% na dieta de codornas japonesas, sem afetar o desempenho, a qualidade dos ovos, a composição bromatológica e os atributos sensoriais.

No entanto, para frangos de corte, o farelo de arroz integral pode ser armazenado por até 50 dias e incluído em 12% na dieta.

O farelo de arroz estabilizado e parcialmente desengordurado pode ser classificado como novo ingrediente para ser utilizado na dieta de suínos, pois apresenta composição química intermediária ao farelo de arroz integral e ao farelo de arroz desengordurado. E pode ser incluído em 32% na dieta de leitões na fase de creche, apresentando maior palatabilidade na fase pré-inicial, onde o farelo de arroz parcialmente desengordurado é tão palatável quanto milho e farelo de soja.