

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA DE ARAÇATUBA

APLICAÇÃO DA BIOMASSA DE *Rubrivivax gelatinosus*
NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO
ANIMAL E CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS

Saulo Vinicius Avanço

Médico Veterinário

Araçatuba – SP

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA DE ARAÇATUBA

**APLICAÇÃO DA BIOMASSA DE *Rubrivivax gelatinosus*
NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO
ANIMAL E CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS**

Saulo Vinicius Avanço

Orientador: Prof^a. Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano

Co-orientador: Prof. Adj. Marcos Franke Pinto

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – Unesp, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

Araçatuba – SP

2012

Catálogo na Publicação(CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação – FMVA/UNESP

	Avanço, Saulo Vinicius
A946a	Aplicação da biomassa de <i>Rubrivivax gelatinosus</i> na ração de frangos de corte: desempenho animal e características dos produtos/ Saulo Vinicius Avanço. Araçatuba: [s.n], 2012 71 f. il.; CD-ROM Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária, 2012 Orientador: Prof^a Adj. Elisa Helena Giglio Ponsano Co-orientador: Prof. Adj. Marcos Franke Pinto 1. Biomassa 2. Frango de corte 3. Xantofilas 4. Carotenoides 5. antioxidantes CDD 338.4766493

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: APLICAÇÃO DA BIOMASSA DE *Rubrivivax gelatinosus* NA RAÇÃO DE FRANGOS
DE CORTE: DESEMPENHO ANIMAL E CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS

AUTOR: SAULO VINÍCIUS AVANÇO

ORIENTADORA: Dr.ª ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal) pela Comissão Examinadora.


Dr. ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ


Dr. MARCELO VASCONCELOS MEIRELES


Dr.ª ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

DATA DA REALIZAÇÃO: 03 de agosto de 2012.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr.ª ELISA HELENA GIGLIO PONSANO
- Orientadora -

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SAULO VINICIUS AVANÇO – nascido em 22 de outubro de 1987 no município de Birigui – SP, graduado em Medicina Veterinária pela Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em 11 de dezembro de 2009. Ingressou no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal em 15 de março de 2010. Por meio de processo seletivo ingressou no serviço público em 26 de abril de 2010 na Prefeitura Municipal de Presidente Epitácio, cedido ao Serviço de Inspeção Federal 458 onde permaneceu até 28 de fevereiro de 2011. Em 20 de setembro de 2011, foi efetivado como Médico Veterinário da Prefeitura Municipal de Araçatuba por meio de concurso público, cargo ocupado atualmente.

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, o Senhor da minha vida. Agradeço pelas vitórias e conquistas, mas também pelas derrotas e dificuldades. Agradeço pela saúde, mas também pela dor, pois sei que em todos os momentos Ele estava comigo.

À minha esposa Karen pela paciência e companheirismo nos momentos extremos dessa caminhada, assim como aos meus pais Edmur e Maristela pelo apoio e cuidado durante esse período.

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Medicina Veterinária e ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal pela oportunidade de desenvolver e concluir esse curso de mestrado.

Ao Profº Marcos, co-orientador, assim como ao Profº Manoel pelo auxílio na execução do projeto.

Aos professores Marcelo Vasconcelos Meireles e Antonio Carlos de Laurentiz pela arguição e contribuição na defesa da dissertação.

Aos técnicos e auxiliares Alexandre, Laércio e Carlos pela ajuda, principalmente na ausência do laboratório, na criação das aves e execução das técnicas de laboratório.

À Biblioteca da Faculdade, assim como à Isabel pela revisão da bibliografia da dissertação.

Também aos alunos e amigos Edson, Thiago, Maria Clara, Alstyn, Marcel, Joselaine, Gabriela, Luis Fernando e Olívia pelo auxílio em todas as etapas, do início da criação à última técnica realizada.

Aos amigos e irmãos Carlos Eduardo e Samuel pela amizade e presença ao longo desse curso de pós-graduação

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pela bolsa de mestrado e pelo auxílio financeiro concedido ao projeto de pesquisa.

Faço um agradecimento especial à minha orientadora Elisa. Obrigado pelo auxílio, instrução, rigidez, compreensão, apoio e por acreditar que eu seria capaz de desenvolver este trabalho.

SUMÁRIO

Pág

SUMÁRIO.....	
LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
RESUMO.....	
SUMMARY.....	
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	16
1 Introdução.....	16
2 Revisão de Literatura.....	18
2.1 <i>Rubrivivax gelatinosus</i>	18
2.2 <i>Rubrivivax gelatinosus</i> NO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	19
2.3 PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE <i>Rubrivivax gelatinosus</i> EM EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	21
2.4 PIGMENTOS CAROTENOIDES.....	22
2.5 PIGMENTAÇÃO ANIMAL.....	24
2.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	26
REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO 2 – Artigo Científico.....	39
1 Introdução.....	40

2 Material e Método.....	42
3 Resultado e Discussão.....	44
4 Conclusão.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
CAPÍTULO 3 – Artigo Científico.....	55
1 Introdução.....	56
2 Material e Método.....	58
3 Resultado e Discussão.....	60
4 Conclusão.....	64
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICE.....	69

LISTA DE TABELAS

Pág

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Composição média de aminoácidos essenciais na cepa R1 de <i>Rubrivivax gelatinosus</i>	19
---	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Composições das rações basais para frangos de corte de diferentes fases e com diferentes concentrações de <i>R. gelatinosus</i>	43
Tabela 2 - Desempenho das aves dos diferentes tratamentos no período de terminação.....	45
Tabela 3 - Atributos da cor (L – Luminosidade, C – saturação, h – tom) para pele do peito e da coxa de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de biomassa de <i>R. gelatinosus</i> na ração.....	47
Tabela 4 - Atributos da cor (L – Luminosidade, C – saturação, h – cor) para carne do peito e da coxa de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de biomassa de <i>R. gelatinosus</i> na ração.....	47

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Composição centesimal da carne da coxa das aves alimentadas com diferentes concentrações de <i>R. gelatinosus</i>	60
--	----

Tabela 2 -	Composição centesimal da carne do peito das aves alimentadas com diferentes concentrações de <i>R. gelatinosus</i>	60
Tabela 3 -	Análise de variância dos valores de TBARS em mg de malonaldeído por kg de carne de frango para carne da coxa e carne do peito aos dias 0, 30, 60 e 120.....	61
Tabela 4 -	Preferência entre os grupos controle e tratados em diferentes níveis de biomassa segundo o número de respostas.....	63
Tabela 5 -	Número mínimo de respostas para estabelecer diferença significativa, em vários níveis (alfa) de significância, pelo método de Comparação Pareada – preferência (teste bilateral, $p = \frac{1}{2}$).....	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág
 CAPÍTULO 2	
Figura 1 - Regressões lineares da luminosidade da carne do peito (a) e do tom da carne do peito (b), equações das retas e coeficientes de determinação (R^2).....	48
Figura 2 - Regressões quadráticas da luminosidade da pele do peito (a), do tom da pele do peito (b), da saturação da carne da coxa (c) e do tom da pele da coxa (d), equações das retas e coeficientes de determinação (R^2).....	49
 CAPÍTULO 3	
Figura 1 - Análise de superfície dos valores de TBARS em mg de malonaldeído por kg de carne de frango para carne da coxa (a) e carne do peito (b) aos dias 0, 30, 60 e 120.....	62
 APÊNDICE	
Figura 1 - Biomassa de <i>R. gelatinosus</i> dissolvida em óleo de soja e óleo sem biomassa (a); Biomassa de <i>R. gelatinosus</i> dissolvida em óleo de soja em diferentes concentrações (1 g/kg, 2 g/kg e 3 g/kg) (b); Rações produzidas com as diferentes concentrações da biomassa (c); Ração dividida segundo as concentrações de biomassa (d).....	69
Figura 2 - Visão panorâmica do galpão de criação das aves (a); Imagem de um box que constitui uma das parcelas experimentais (b).....	70

Figura 3 - Carcaças das aves logo após a evisceração e anterior ao resfriamento. Da esquerda para direita, pertencem respectivamente aos Grupos T1, T2, T3 e T4..... 71

APLICAÇÃO DA BIOMASSA DE *Rubrivivax gelatinosus* NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO ANIMAL E CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS

RESUMO – *Rubrivivax gelatinosus* tem alcançando resultados satisfatórios na despoluição experimental de efluentes industriais. A biomassa por ela produzida vem sendo estudada como aditivo alimentar para aves. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adição da biomassa de *R. gelatinosus* na ração de frangos de corte sobre o desempenho zootécnico das aves e as características dos produtos. Duzentos pintos machos Cobb 500 foram divididos aleatoriamente em 20 boxes. Aos 36 dias de idade, 4 tratamentos foram aplicados (g de biomassa/ kg de ração): T1 (controle) – 0 g/kg; T2 – 1 g/kg; T3 – 2 g/kg e T4 - 3 g/kg. Foram realizadas 5 repetições de cada tratamento. Frangos e rações foram pesados para a análise de desempenho nos diferentes períodos de criação e, aos 45 dias, 20 aves de cada tratamento foram abatidas para as determinações de cor objetiva, composição centesimal e oxidação lipídica na carne da coxa e do peito e teste de preferência pareada. Os resultados foram submetidos à ANOVA, testes para a comparação de médias e análise de regressão com nível de significância de 5% e análise de superfície. O ganho de peso, o consumo de ração, a composição centesimal, a oxidação lipídica e a preferência entre os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$). O índice de conversão alimentar foi melhor para o T1. Carne e pele de coxa e peito ficaram significativamente mais claras nos grupos tratados. O tom da cor aumentou para o amarelo até a concentração de 2 g/kg e para o vermelho na concentração de 3 g/kg para pele da coxa e carne do peito. Concluiu-se que a biomassa foi eficiente em promover pigmentação dos produtos e não interferiu no desempenho, na composição centesimal, na oxidação lipídica e no sabor até a concentração de 3 g/kg.

Palavras-chave: antioxidantes, biomassa, carotenoides, frango de corte, xantofilas

USE OF *Rubrivivax gelatinosus* BIOMASS INTO BROILERS CHICKEN FEED: ANIMAL PERFORMANCE AND PRODUCTS ATTRIBUTES

SUMMARY – *Rubrivivax gelatinosus* is a phototrophic bacterium that has reached satisfactory results in experimental depollution of industrial effluents. The bacterium biomass, product of its activity, has been researched as poultry feed additive. This work aimed at verifying the effects of the addition of *R. gelatinosus* biomass into broilers chickens feed on animal performance and products attributes. Two hundred Cobb 500 male chicks were randomly divided into 20 boxes. At 36 days of age, 4 different treatments were applied to animals (g biomass/kg ration): T1 (control) - 0 g/kg; T2 - 1 g/kg; T3 - 2 g/kg and T4 - 3 g/kg. Five replicates were performed for each treatment. Chickens and rations were weighted to check on performance and, next, 20 birds from each repetition were slaughtered at 45 days of age for the objective determination of color, chemical composition and lipid oxidation in thigh and breast meat and paired preference test. Results were submitted to ANOVA, tests for means comparison and regression analysis at 5% significance level and surface analysis. Weight gain, feed consumption, chemical composition, lipid oxidation and paired-preference test did not differ statistically ($p>0.05$). The feed conversion was better for T1. Meat and skin color was significantly clearer for the groups with the biomass supplementation. Hue angle increased to yellow until 2 g/kg and to red at 3 g/kg. It was concluded that the addition of the biomass was effective to pigment the products and was not harmful to birds performance, chemical composition, fat oxidation and flavor until 3 g/kg.

Keywords: antioxidants, biomass, broiler chicken, carotenoids, xanthophylls

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, a destinação e o tratamento de resíduos domésticos e industriais têm requerido atenção devido à necessidade de se atingir sustentabilidade na obtenção de produtos e processos. Neste contexto, destaca-se a produção de efluentes líquidos industriais gerados a partir da utilização da água em seus processos, como a lavagem de máquinas, tubulações e pisos, ou então nos sistemas de resfriamento e geração de vapores. Ao serem despejados em corpos receptores, esses efluentes provocam a alteração da qualidade da água, ocasionando sua degradação.

Para o tratamento destes efluentes, pode-se utilizar de processos físicos, químicos ou biológicos (GIORDANO, 2004). Os processos físicos promovem a separação dos sólidos em suspensões sedimentáveis e flutuantes através de procedimentos como peneiramento, sedimentação e flotação, por exemplo. Os processos químicos de despoluição utilizam as reações químicas para remoção ou condicionamento da mistura poluente para a remoção em processos subsequentes. Os processos biológicos reproduzem a autodepuração que ocorre na natureza respeitando as proporções de tempo e espaço (GIORDANO, 2004). No tratamento biológico dos efluentes líquidos, processos bioquímicos de oxirredução liberam energia para síntese, movimento e respiração dos microrganismos, com a consequente remoção de diferentes compostos poluentes presentes no efluente (GURPILHARES et al., 2008).

Tendo em vista a importância destes tratamentos biológicos, pesquisadores têm investigado a eficiência de alguns microrganismos sobre a despoluição (PRASERTSAN et al., 1993a; PRASERTSAN et al., 1993b; SASAKI et al., 1981). Além da eficácia na despoluição, estes microrganismos ainda podem gerar um novo produto biotecnológico como a biomassa da bactéria *Rubrivivax gelatinosus*. Segundo recentes pesquisas, esta bactéria

tem se mostrado eficaz na despoluição de efluentes de abatedouros avícola e de peixes (LIMA et al., 2011; PONSANO et al., 2003; 2008).

Em virtude da presença de importantes compostos orgânicos como proteínas e aminoácidos essenciais na biomassa de *R. gelatinosus*, alguns pesquisadores efetuaram a aplicação do produto na alimentação de frangos de corte e galinhas poedeiras, e observaram efeitos significativos, favorecendo a pigmentação de gemas de ovos e carcaça de frangos (POLONIO et al., 2010; PONSANO et al., 2004a; 2004b).

Ponsano et al. (2003) determinaram a composição química da biomassa de *R. gelatinosus* e observaram 67% de proteínas na matéria seca, o que sugere um papel na nutrição de aves. Além disso, esta mesma biomassa contém 3,03 mg de carotenoides por grama de biomassa (PONSANO et al., 2011) que podem apresentar importante papel na redução da oxidação lipídica da carcaça de frangos de corte. Grela et al. (2008) observaram a redução da oxidação lipídica do músculo *longissimus dorsi* de suínos alimentados com concentrado de alfafa, fonte de carotenoides. Apesar disso, Karwowska et al. (2010) não observaram efeito algum deste mesmo produto quando aplicado na ração de perus.

Nesse contexto, o efeito da biomassa passa a ser relevante, já que a oxidação de ácidos graxos insaturados é a principal causa da depreciação da qualidade da carne (GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al., 1994). Durante o cozimento, a refrigeração e o congelamento, a alteração de sabor e odor culmina com a menor aceitação pelo consumidor. A oxidação dos ácidos graxos também leva à redução da concentração de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) e de vitaminas lipossolúveis, contribuindo para a depreciação do produto (GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al., 1994; PEARSON et al., 1977).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Rubrivivax gelatinosus*

Trata-se de uma bactéria Gram-negativa na forma de bacilo encurvado ou reto medindo $0,4 - 0,7 \times 1,0 - 3,0 \mu\text{m}$, mas podendo chegar até $15,0 \mu\text{m}$. Apresenta certa motilidade em culturas novas pela presença de flagelos. As condições ideais para seu crescimento são 30°C e pH entre $6,0 - 8,5$. É encontrada naturalmente em ambientes aquáticos diversos, solo, valas de esgoto e lodos e também em efluentes industriais, onde pode desempenhar importante papel despoluente (HOLT et al., 2000; IMHOFF, 2001).

Anteriormente, esta mesma bactéria, era chamada de *Rhodopseudomonas gelatinosa* (SASAKI et al., 1981; SASAKI; NAGAI, 1979). Passou então a ser chamada *Rhodocyclus gelatinosus*, como visto nos trabalhos de Ponsano et al. (2002a; b; 2003; 2004a; b) e Prasertsan et al. (1993a; b; 1997). No entanto, com base em estudos de hibridização de DNA-rRNA, Willens et al. (1991), sugeriram a transferência do organismo para um novo gênero, passando a denominá-las *Rubrivivax gelatinosus* desde esta data. Esta última denominação é corroborada por Imhoff (2001), tendo sido por nós adotada na execução deste trabalho.

É classificada como pertencente ao grupo das Bactérias Púrpuras Não Sulfurosas (BPNS). Apresenta crescimento foto-heterotrófico, preferivelmente, quando presentes em cultivos anaeróbios. Seu crescimento fotoautotrófico ocorre na presença do hidrogênio como fonte doadora de elétrons. Necessita, em ambos os casos, de tiamina e biotina como fatores de crescimento (HOLT et al., 2000)

R. gelatinosus apresenta em sua constituição pigmentos fotossintetizantes que são os principais responsáveis pela coloração vermelho púrpura gerada nos cultivos desta bactéria (PONSANO et al., 2002a; 2003), dentre os quais destacam-se a bacterioclorofila *a* e carotenoides da série esferoidene (esferoidene, hidroxiesferoidene e espiriloxantina)

A biomassa desta bactéria também se destaca por apresentar aminoácidos essenciais (Tabela 1), proteínas, carboidratos, lipídeos e cinzas (PONSANO et al., 2003), o que desperta o interesse de pesquisadores por seu aproveitamento na nutrição animal.

Tabela 1 – Composição média de aminoácidos essenciais na biomassa produzida pela cepa R1 de *Rubrivivax gelatinosus*

Aminoácido	% (matéria seca proteica)
Ácido aspártico	5,74
Tirosina	2,90
Serina	2,63
Ácido glutâmico	6,85
Prolina	3,27
Glicina	4,18
Alanina	6,98
Triptofano	1,74
Cisteína	0,59
Valina	4,56
Metionina	1,40
Isoleucina	3,18
Leucina	6,80
Treonina	3,52
Fenilalanina	3,03
Lisina	3,61
Histidina	1,83
Ponsano et al. (2003)	

2.2 *Rubrivivax gelatinosus* NO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

A fim de alcançar a sustentabilidade ao longo da cadeia produtiva em relação à destinação e tratamento de efluentes, alguns pesquisadores têm se utilizado de recursos biotecnológicos como o tratamento de efluentes industriais com bactérias fotossintetizantes que possuem a capacidade de reduzir a carga poluente destes resíduos. A recuperação dos nutrientes presentes nesses efluentes para utilização por parte destas bactérias representa um método econômico para tratamento da água e reaproveitamento dos recursos (MUÑOZ; GUIEYSSE, 2006). Outros pesquisadores observaram a produção de biomassa além da redução da carga poluente (AZAD et al., 2004; KANTACHOTE et al., 2005; PONSANO et al., 2003). Biomassa representa todo recurso renovável proveniente de matéria orgânica de origem vegetal ou animal (MARCONATO; SANTINI, 2008).

As bactérias púrpuras fotossintetizantes são capazes de reduzir a carga poluente de águas residuárias e, em consequência ao seu crescimento, produzem pigmentos carotenoides. Kobayashi e Kurata (1978), Balloni et al. (1987) e Ponsano et al. (2002a; 2002b; 2003) obtiveram resultados positivos ao utilizar esta classe de bactérias para despoluir efluentes industriais.

Getha et al. (1998) utilizaram a bactéria *Rhodopseudomonas palustris*, pertencente à classe das púrpuras fotossintetizantes, em efluente de fábrica de produção de macarrão e observaram a redução de 77% da DQO, além da produção de biomassa contendo pigmentos carotenoides na quantidade de 1,1 mg/g de biomassa em matéria seca após 96 horas de cultivo sob anaerobiose.

Sasaki et al. (1981) observaram a redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO) entre 79 e 81% após a aplicação da bactéria *Rhodopseudomonas gelatinosa* no efluente de indústria de produtos derivados da soja. Prasertsan et al. (1993a) observaram a presença de *Rhodocyclus gelatinosus* em efluente de processamento de mariscos e compararam as diferentes alternativas de cultivo, concluindo que a maior produção de carotenoides se dá em anaerobiose e presença de luz. Estes mesmos pesquisadores observaram a redução da DQO em 86% por meio da atividade da referida bactéria em efluente de processamento de mariscos, sob

anaerobiose e presença de luz após 5 dias de incubação (PRASERTSAN et al., 1993b).

Em uma nova pesquisa, Prasertsan et al. (1997) utilizaram *Rhodocyclus gelatinosus* no tratamento do efluente gerado no cozimento do atum sob anaerobiose e presença de luz, e observaram a redução de até 59% da DQO, além de elevada produção de carotenoides ao fim de 7 dias de cultivo, chegando a 2,21 mg do composto lipídico por grama de matéria seca.

Ponsano et al. (2003) avaliaram a eficácia de *Rubrivivax gelatinosus* em promover a despoluição de efluente de abatedouro avícola e observaram uma redução de 90% da DQO do efluente em questão. Ainda em efluente de abatedouro avícola, porém filtrado e tratado termicamente, Ponsano et al. (2008) observaram a redução da DQO em 91% após 10 dias de cultivo, utilizando a mesma bactéria. Lima et al. (2011) caracterizaram o crescimento de *R. gelatinosus* em efluente de indústria de pescado, e observaram a redução da DQO em 52%, o que demonstra seu potencial despoluente.

2.3 PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE *Rubrivivax gelatinosus* EM EFLUENTES INDUSTRIAIS

A produção de biomassa da bactéria *R. gelatinosus* em efluentes industriais difere entre autores. Lima et al. (2011) e Ponsano et al. (2008), por exemplo, observaram a produção máxima de 0,273 g/L e 0,390 g/L de biomassa em matéria seca, respectivamente, enquanto que Prasertsan et al. (1997) observaram a produção máxima de 3,96 g/L de biomassa em matéria seca. Essa discrepância de valores pode ser explicada pelos diferentes tipos de efluentes utilizados e suas composições, já que tanto Lima et al. (2011) como Ponsano et al. (2008), utilizaram efluentes provenientes da limpeza de pisos e equipamentos, e com consequente maior diluição de matéria orgânica, enquanto que Prasertsan et al. (1997) utilizaram efluente com matéria orgânica mais concentrada, proveniente do cozimento de atum.

Portanto, a concentração de matéria orgânica é fator determinante para o crescimento destes microrganismos e consequente produção de biomassa. No tratamento de efluente de indústria de massas, Getha et al. (1998) observaram a produção de 2,5 g de biomassa por litro. Estes valores são elevados quando comparados aos de outros pesquisadores; no entanto deve-se esclarecer que, nesta pesquisa, assim como a realizada por Prasertsan et al. (1997), foi efetuada a adição de minerais, como fosfato de sódio e potássio, e magnésio, a fim de não limitar o crescimento das bactérias.

O bioproduto elaborado por esses microrganismos fotoheterotróficos é considerado de alto valor biológico pelas suas elevadas concentrações de aminoácidos essenciais, lipídeos, vitaminas e carotenoides, sendo estes últimos importantes compostos que podem encontrar aplicação na ração de animais como aves e peixes (KANTACHOTE et al., 2005; POLONIO et al., 2010; PONSANO et al., 2002a; 2003).

Rubrivivax gelatinosus representa um importante recurso visto sua capacidade depuradora de efluentes e o fato de sua biomassa ser constituída por nutrientes e pigmentos carotenoides que podem ser aplicados na cadeia produtiva de aves. Tal aplicação pode ser um avanço significativo para a avicultura industrial sustentável, pois o substrato para o crescimento da bactéria é um subproduto poluidor proveniente da indústria alimentícia, que precisa ser tratado ou eliminado pela indústria geradora (PONSANO et al., 2002a).

2.4 PIGMENTOS CAROTENOIDES

Os carotenoides são divididos quimicamente em dois grupos: os carotenos e as xantofilas. Os carotenos são hidrocarbonetos puros, compostos apenas por átomos de carbono e hidrogênio, geralmente de cor alaranjada. As xantofilas apresentam em sua constituição átomos de oxigênio, e são de coloração amarela e vermelha, também sendo chamadas de oxicarotenóides

(BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; MELENDEZ-MARTINEZ et al., 2004; PONSANO et al., 2004a).

De modo geral, as xantofilas apresentam uma excelente atividade antioxidante devido à capacidade de se ligar em oxigênio livre, espécies reativas de oxigênio e radicais livres gerados nos processos metabólicos celulares ou poluentes ambientais (EDGE et al., 1997). No entanto, quando na presença de outras substâncias antioxidantes, os carotenoides podem apresentar efeito nulo, ou mesmo favorecer a oxidação (SIES; STAHL, 1995).

Os carotenoides são os compostos lipídicos responsáveis pela pigmentação de aves e peixes, em particular a classe das xantofilas, predominante na alimentação dos animais (CASTAÑEDA et al., 2005). São elas as responsáveis por conferir as cores amarela, laranja e vermelha aos vegetais. Sua produção na natureza ocorre em plantas como frutas, pétalas e raízes e, em menor escala, nos microrganismos como leveduras, fungos, algas e bactérias. Nos animais são encontrados em crustáceos, insetos, peixes e aves e em alimentos como queijo, manteiga e ovos (LATSCHA, 1990). A cor dos alimentos é relevante para os consumidores no momento da compra, sendo que cores intensas e uniformes são vistas como saudáveis, frescas e nutritivas, enquanto que cores pálidas são mais comumente rejeitadas pelos consumidores (PONSANO et al., 2002b).

O consumo de xantofilas está diretamente relacionado com a redução da incidência de neoplasias, doenças cardiovasculares, degeneração macular relacionada à idade e catarata. Com os efeitos benéficos à saúde e efeitos antioxidantes, as xantofilas são responsáveis por movimentar um mercado multimilionário (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005). No ano 2000 a movimentação gerada pelo par astaxantina e cantaxantina alcançou o valor de 150 milhões de dólares, justamente em decorrência do uso crescente pelas indústrias de aquicultura e avicultura (FONTANA et al., 2000). Os carotenoides ingeridos pelos animais podem se acumular junto às deposições de gorduras sem sofrer modificação ou, então, serem metabolizados pelo organismo e sofrer

mudanças estruturais dando origem a diferentes metabólitos (BREITHAUPT, 2007).

A produção de xantofilas a partir de fontes naturais é realizada pela extração com solventes orgânicos (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005), destacando-se o β -caroteno, o licopeno, a zeaxantina e a astaxantina (LATSCHA, 1990). Além da origem natural, outros pigmentantes são sintetizados e atendem à demanda industrial, como as cantaxantinas (BREITHAUPT, 2007). Atualmente, os pigmentos mais amplamente usados são de origem sintética, e possuem elevado poder de pigmentação, estabilidade a oxidação e baixo custo de produção, quando comparados aos naturais (PONSANO et al., 2004a; BREITHAUPT, 2007). No entanto, o crescente interesse do mercado consumidor por produtos naturais estimula a busca de tecnologias para a produção de carotenoides de fontes alternativas, como a microbiana.

2.5 PIGMENTAÇÃO ANIMAL

A pigmentação de pele, pernas e gema de ovos é proveniente da ingestão de compostos carotenoides presentes nos ingredientes da ração, tais como milho, farelo de glúten de milho e alfafa desidratada. Entre os carotenoides sintéticos, destacam-se a cantaxantina e o apo-ester (CASTAÑEDA et al., 2005). Apesar de não ter a capacidade de produzir, os animais podem absorver, transformar e depositar os carotenoides ingeridos em vários de seus tecidos (BREITHAUPT, 2007).

As dietas comerciais à base de milho e soja não contêm quantidades suficientes de carotenoides para conferir a cor que o consumidor deseja nos produtos avícolas (PÉREZ-VENDRELL et al., 2001). Para conseguir isso, os produtores utilizam-se de uma combinação entre carotenoides sintéticos na ração para conferir pigmentação amarela (apo-ester, luteína, zeaxantina) e vermelha (cantaxantina, citranaxantina, capsantina, capsoburina) (CASTAÑEDA et al., 2005). A intensidade da cor amarelo – vermelho pode ser

controlada pela concentração e tipo de xantofilas na dieta (CHEN; YANG, 1992; LAI et al., 1996) Animais saudáveis absorvem o pigmento da dieta e transportam ao tecido subcutâneo onde se depositam, por isso animais com infecções intestinais ou parasitárias apresentam absorção intestinal deficiente e consequente irregular pigmentação (TYCZKOWSKI et al., 1991).

Para a pigmentação de gema de ovos, a cantaxantina e a astaxantina são amplamente utilizadas. Este último é um oxicarotenoide também utilizado na pigmentação do salmão, sendo que sua biossíntese se limita aos microrganismos que, por sua vez, detêm a capacidade de produzir este pigmento em escala industrial (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005). A cantaxantina, pigmento sintético capaz de conferir coloração vermelha, pode aumentar significativamente o grau de pigmentação em aves quando adicionada em dietas que contenham pigmentantes amarelos (MARUSICH; BAUERNFEIND, 1981).

A adição da biomassa de *R. gelatinosus* na alimentação animal já foi realizada por alguns pesquisadores (POLONIO et al., 2010; PONSANO et al., 2004a; 2004b). Ponsano et al. (2004a) observaram que a adição da biomassa bacteriana na ração à base de sorgo de frangos de corte promoveu o aumento da intensidade da cor amarela. Ponsano et al. (2004b) adicionaram a biomassa na ração de galinhas poedeiras e observaram, além da maior pigmentação nos grupos tratados, ovos mais pesados que o grupo controle.

Polonio et al. (2010) observaram que a adição de biomassa à ração de galinhas poedeiras elevou o tom avermelhado das gemas quando comparado ao grupo controle. A quantidade de pigmento carotenoide presente naturalmente na ração à base de milho influenciou o resultado observado quando comparado ao grupo alimentado com ração à base de sorgo, visto que, ainda que a concentração de biomassa adicionada às diferentes rações fosse a mesma, os animais alimentados à base de milho produziam ovos com gemas mais bem pigmentadas que os produtos gerados com a ração à base de sorgo.

Ao se comparar a adição da biomassa de *R. gelatinosus* na ração de frangos de corte com a adição de pigmentantes sintéticos, Ponsano et al.

(2002b) observaram que a biomassa foi capaz de promover a pigmentação de pele e músculo no tom amarelado, ao passo que os pigmentantes sintéticos foram mais eficazes em promover a pigmentação em tom avermelhado.

Rathgeber et al. (2011) utilizaram farinha de crustáceos na ração de frangos de corte, fonte de ácidos graxos poliinsaturados e pigmentos carotenoides como a astaxantina, e não observaram diferença significativa na luminosidade e na intensidade do vermelho da gordura. Observou-se diferença significativa apenas na intensidade do amarelo, atribuindo-se tal efeito à elevação da quantidade de milho na dieta, já que esta também foi crescente concomitante à elevação da concentração de farinha de crustáceos na ração.

2.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

O consumo atual da carne de frango é favorecido, principalmente, pela composição rica em proteína e pelo baixo custo de produção quando comparado à carne bovina (MENDES; SALDANHA, 2004). A carne de frango apresenta cerca de 30 – 35% de SFA (ácidos graxos saturados), 10 – 50% de MUFA (ácidos graxos monoinsaturados) e pequena quantidade de PUFA (ácidos graxos poliinsaturados)(FAT, 1997). A fim de melhorar esse quadro, pesquisadores têm demonstrado a possibilidade de elevar a proporção de PUFA com a administração de óleos vegetais (LÓPEZ-FERRER et al., 1999; 2001a; 2001b). Isso se deve ao fato de que monogástricos tendem a refletir o perfil de ácidos graxos da carcaça segundo o tipo de lipídeo presente em sua dieta (WOOD; ENSER, 1997).

No entanto, a oxidação de ácidos graxos insaturados é a principal causa da depreciação da qualidade da carne durante o cozimento, refrigeração e congelamento, alterando o sabor e o odor, com consequente menor aceitação pelo consumidor, e redução da concentração de PUFA e vitaminas lipossolúveis (GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al., 1994; PEARSON et al., 1977). A insaturação dos ácidos graxos presentes na carne, a predispõe à maior oxidação lipídica (PORTER et al., 1995).

O aumento de fatores antioxidantes em animais vivos leva a um aumento da estabilidade oxidativa de produtos crus e é benéfica tanto ao consumidor quanto à indústria. A alimentação e as condições em que os animais são criados e abatidos podem influenciar a estabilidade oxidativa da carne. A oxidação da carne de frango pode ser controlada pela atuação de agentes antioxidantes, dentre os quais se destaca o α -tocoferol (vitamina E) como varredor de radicais livres, reduzindo a oxidação e consequentemente a depreciação da carne (GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al., 1994; RUIZ et al., 1999).

Altas concentrações de vitamina E têm efeitos benéficos como o prolongamento da vida de prateleira, já que a presença elevada de α -tocoferol diminui a deterioração oxidativa da carne e da gordura (RUIZ et al., 2001). O β -caroteno, por sua vez, também apresenta ação antioxidante durante a estocagem no congelamento, embora sua atividade não esteja esclarecida como a do α -tocoferol (MARASCHIELLO et al., 1998). O β -caroteno atua como quelante do oxigênio livre, no entanto, em alguns casos, sua atuação pode ser de caráter pró-oxidante (BURTON; INGOLD, 1984). As propriedades do β -caroteno, in vitro, são alteradas de acordo com seu nível de concentração (LAWLOR; O'BRIEN, 1995) e a quantidade de outros antioxidantes, principalmente o α -tocoferol (HEINONEN et al., 1997).

O retinol (vitamina A), por sua vez, não apresenta de forma bem elucidada influência sobre a rancidez da carne de frangos. Sabe-se que a alimentação excessiva em vitamina A diminui a absorção de vitamina E, assim como sua concentração no fígado e plasma (ABAWI; SULLIVAN, 1989; COMBS, 1976).

A adição de vegetais e extratos vegetais na ração como fonte de antioxidantes naturais já foi estudada em outras espécies, principalmente o uso de alfafa (GRELA et al., 2008; KARWOWSKA et al., 2010). Isso porque, segundo Grela et al. (2008), a alfafa é fonte natural de antioxidantes (xantofilas e seus derivados) e vitaminas (C, D, E e K).

Overland et al. (2005) adicionaram a biomassa proveniente da fermentação das bactérias *Methylococcus capsulatus* (>95%), *Ralstonia* sp., *Aneurinibacillus* sp., e *Brevibacillus agri* na ração de suínos e observaram a queda nos valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da gordura produzida nestes animais, evidenciando o efeito antioxidante da biomassa. Overland et al. (2011) pesquisaram os efeitos da mesma biomassa em frangos de corte e observaram que os grupos tratados apresentaram maiores valores de TBARS que o grupo controle. Por outro lado, estes pesquisadores observaram, através da quantificação de aldeídos voláteis que são compostos secundários formados a partir da oxidação lipídica de PUFA, que os grupos tratados apresentavam menores valores destes compostos em relação ao grupo controle, indicando que a biomassa foi eficiente em reduzir a oxidação lipídica da carne das aves tratadas.

Giannenas et al. (2010) observaram que a adição do cogumelo desidratado *Agaricus bisporus* na ração de frangos de corte nas concentrações de 10 g/kg e 20 g/kg resultou em menores valores de malonaldeído no fígado, peito e coxa após 5 dias de armazenamento, indicando que o cogumelo foi eficiente em promover a redução da oxidação lipídica.

A atividade antioxidante das xantofilas presentes na alfafa também já foi pesquisada em carne de perus (KARWOWSKA et al., 2010), porém sem resultados satisfatórios para comprovar efetiva atividade antioxidante.

Estudos realizados com a adição de vitamina E na dieta de frangos de corte (BARTOV; BORNSTEIN, 1977; SHEEHY et al., 1991) demonstraram que a substância não influencia significativamente o ganho de peso e a conversão alimentar. Por outro lado, a biomassa bacteriana de *Rhodocyclus gelatinosus*, rica em xantofilas que possuem potenciais efeitos antioxidantes, apresenta também uma composição química altamente nutritiva (PONSANO et al., 2003), podendo interferir positivamente no desempenho animal. Portanto, faz-se necessária a pesquisa a fim de elucidar a eficácia da biomassa em questão tanto em relação ao desempenho produtivo como sobre a redução da oxidação lipídica.

O objetivo deste trabalho foi pesquisar os efeitos da aplicação da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* na ração de frangos de corte sobre o desempenho produtivo e as características dos produtos como cor, sabor, oxidação lipídica e composição centesimal.

REFERÊNCIAS

ABAWI, F.G.; SULLIVAN, T.W. Interactions of vitamins A, D3, E, and K in the diet of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 68, p. 1490 – 1498, 1989.

AZAD, S. A.; VIKINESWARY, S.; CHONG, V. C.; RAMACHANDRAN, K. B. Rhodovulum sulfidophilum in the treatment and utilization of sardine processing wastewater. **Letters in Applied Microbiology**, v. 38, n. 1, p. 13 – 18, 2004.

BALLONI, W.; CARLOZZI, P.; VENTURA, S.; DE PHILIPPIS, R.; BOSCO, M. A three years experimeto on the production of *Rhodopseudomonas* and *Rhodospirillum* biomass by outdoor culture on different wastes. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON BIOMASS FOR ENERGY AND INDUSTRY, 4., 1987, Órleans. **Proceedings...** London: Elsevier Applied Science, 1987. p. 598-602.

BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. Stability of abdominal fat and meat of broilers: the interrelationship between the effects of dietary fat and vitamin E supplements. **British Poultry Science**, v. 18, p. 47 – 57, 1977.

BHOSALE, P.; BERNSTEIN, P.S. Microbial xanthophylls. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 68, n. 4, p.445 – 455, 2005.

BREITHAUPT, D. E. Modern Application of xanthophylls in animal feeding: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 18, p. 501 – 506, 2007.

BURTON, G. W.; INGOLD, K. U. β -carotene: an unusual type of lipid antioxidant. **Science**, v. 224, p. 569 – 573, 1984.

CASTAÑEDA, M. P.; HIRSCHLER, E. M.; SAMS, A. R. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. **Poultry Science**, v. 84, p. 143 – 147, 2005.

CHEN, B. H.; YANG, S. H. An improved analytical method for the determination of carotenes and xanthophylls in dried plant materials and mixed feeds. **Food Chemistry**, v. 44, p. 61 – 66, 1992.

COMBS, G.F. Differential effects of high dietary levels of vitamin A on the vitamin E selenium nutrition of young and adult chickens. **Journal of Nutrition**, n. 106, p. 967 – 975, 1976.

EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G. The carotenoids as antioxidants: a review. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 41, p. 189 – 200, 1997.

FAT and cholesterol. In: WORLD CANCER RESEARCH FUND; AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH. **Food nutrition and the prevention of cancer: a global perspective**. Washington: Word cancer research fund. part 3, cap. 5.3, p. 384-393, 1997.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L. F.; PASSOS, M. Carotenoides. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**. n. 13, p. 40 – 45, 2000.

GETHA, K.; VIKINESWARY, S.; CHONG, V.C. Isolation and growth of the phototropic bacterium *Rhodopseudomonas palustris* strain B1 in sago-starch-processing wastewater. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 14, n. 4, p. 505 – 511, 1998.

GIANNENAS, I.; PAPPAS, I. S.; MAVRIDIS, S.; KONTOPIDIS, G.; SKOUFOS, J.; KYRIAZAKIS, I. Performance and antioxidant status of broiler chickens supplemented with dried mushrooms (*Agaricus bisporus*) in their diet. **Poultry Science**, v. 89, p. 303 – 311, 2010.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Depto de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, UERJ, 2004. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/12556351/673725550/name/tratamentoeffluentsindustriais.pdf>> Acesso em: 13 jun. 2012.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v. 43, p. S111 - S123, 1996.

GRELA, E. R.; SEMENIUK, V.; FLOREK, M. Effects of protein-xanthophyll (PX) concentrate of alfalfa additive to crude protein-reduced diets on nitrogen excretion, growth performance and meat quality of pigs. **Journal of Central European Agriculture**, v. 9, p. 669 – 676, 2008.

GURPILHARES, D. B.; HASMANN F. A.; PESSOA JUNIOR, A. Microbiologia industrial: microorganismos como unidade de produção. **Microbiologia in foco**, v. 2, p. 33 – 43, 2008.

HEINONEN, M.; HAILA, K.; LAMPI, A. M.; PIIRONEN, V. Inhibition of oxidation in 10% oil-in-water emulsions by β -carotene with R- and α -tocopherols. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 74, p. 1047 – 1052, 1997.

HOLT, J. G.; KRIEG, N. R.; SNEATH, P. H. A.; STALEY, J. T. **Bergey's manual of determinative bacteriology**, 9th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.

IMHOFF, J. P. *Genus Incertae Sedis XV Rubrivivax*. In: GARRITY, G.M. (Ed.). **Bergey's manual of systematic bacteriology**, 2nd ed. New York: Springer, 2001. v. 2, pt.C., p. 749-750.

KANTACHOTE, D.; TORPEE, S.; UMSAKUL, K. The potential use of anoxygenic phototrophic bacteria for treating latex rubber sheet wastewater. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 3, 2005. Disponível em: <<http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/v8n3-8/488>> . Acesso em 8 mai. 2012.

KARWOWSKA, M.; STADNIK, J.; DOLATOWSKI, Z. J.; GRELA, E. R. Effect of protein-xanthophylls (PX) concentrate of alfalfa supplementation on physico-chemical properties of turkey breast and thigh muscles during ageing. **Meat Science**, v. 86, p.486 – 490, 2010.

KOBAYASHI, M.; KURATA, S. The mass culture and cell utilization of photosynthetic bacteria. **Process Biochemistry**, v. 13, n. 9, p. 27 – 30, 1978.

LAI, S. M.; GRAY, J. I.; FLEGAL, C. J. Deposition of carotenoids in eggs from hens fed diets containing saponified and unsaponified oleoresin paprika. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 72, p. 166 – 170, 1996.

LATSCHA, T. **Carotenoids**: their nature and significance in animal feeds. Switzerland: Roche Animal Nutrition and Health, 1990. p. 110.

LAWLOR, S. M.; O'BRIEN, N. M. Modulation of oxidative stress by b-carotene in chicken embryo fibroblasts. **British Journal of Nutrition**, v. 73, p. 841 – 850, 1995.

LIMA, K. F. L.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F. Cultivation of *Rubrivivax gelatinosus* in fish industry effluent for depollution and biomass production. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, p. 2553 – 2558, 2011.

LÓPEZ-FERRER, S.; BAUCCELLS, M. D.; BARROETA, A. C.; GALOBART, J. GRASHORN, M. A. N-3 enrichment of chicken meat 2. Use of precursors of long chain polyunsaturated fatty acids: linseed oil. **Poultry Science**, v. 80, n. 6, p. 753 – 761, 2001b.

LÓPEZ-FERRER, S.; BAUCCELLS, M. D.; BARROETA, A. C.; GRASHORN, M. A. N-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oil. **Poultry Science**, v. 78, n. 3, p. 356 – 365, 1999.

LÓPEZ-FERRER, S.; BAUCCELLS, M. D.; BARROETA, A. C.; GRASHORN, M. A. N-3 enrichment of chicken meat - use of very long- fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. **Poultry Science**, v. 80, n. 6, p. 741 – 752, 2001a.

MARASCHIELLO, C.; ESTEVE, E.; GARCIA-REGUEIRO, J. A. Cholesterol oxidation in meat from chickens fed a-tocopherol and b-carotene supplemented diets with different unsaturation grades. **Lipids**, v. 33, p. 705 – 713, 1998.

MARCONATO, M. S.; SANTINI, G. A. **Alternativas para a geração de energia renovável no Brasil: a opção pela biomassa**, 2008. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/112629/2/876.pdf>> Acesso em 8 mai. 2012.

MARUSICH, W.L.; BAUERNFEIND, J.C. Oxycarotenoids in poultry feeds. In: BAUERNFEIND, J.C. (Ed). **Carotenoids as colorants and vitamin A precursors**. New York: Academic Press, 1981.p. 319-462.

MELENDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides em los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 54, n. 2, p. 209 – 215, 2004.

MENDES, A. A.; SALDANHA, E. S. P. B. A cadeia produtiva da carne de aves no Brasil. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. p. 13-16.

MORRISSEY, P. A.; BUCKLEY, D. J.; SHEEHY, P. J. A.; MONAHAN, F. J. Vitamin E and meat quality. **Proceedings of Nutrition Society**, v. 53, p. 289 – 295, 1994.

MUÑOZ, R.; GUIEYSSE, B. Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: a review. **Water Research**, v. 40, n. 15, p. 2799 – 2815, 2006.

OVERLAND, M.; KJOS, N. P.; OLSEN E.; SKREDE, A. Changes in fatty acid composition and improved sensory quality of backfat and meat of pigs fed bacterial protein meal. **Meat Science**, v. 71, p. 719 – 729, 2005.

OVERLAND, M.; BERGE, G. I.; VOGT, G.; SCHOYEN, H. F.; SKREDE, A. Oxidative stability and sensory quality of meat from broiler chickens fed a bacterial meal produced on natural gas. **Poultry Science**. v.90, p. 201 – 210, 2011.

PEARSON, A. M.; LOVE, J. D.; SHORLAND, F. B. Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. **Advances in Food Research**, v. 23, p.1 – 74, 1977.

PÉREZ-VENDRELL, A.M.; HERNANDEZ, J. M.; LLAURADO, L.; SCHIERLE, J.; BRUFAU, J. Influence of source and ratio of xanthophylls pigments on broiler chicken pigmentation and performance. **Poultry Science**, v. 80, p. 320 – 326, 2001.

POLONIO, L. B.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F. GARCIA NETO, M. Utilisation of bacterial (*Rubrivivax gelatinosus*) biomass for egg yolk pigmentation. **Animal Production Science**, v. 50, p. 1 – 5, 2010.

PONSANO, E.H.G.; LACAVA, P.M.; PINTO, M.F. Chemical composition of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass produced in poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 2, p. 143 – 147, 2003.

PONSANO, E.H.G.; LACAVA, P.M.; PINTO, M.F. Isolation of *Rhodocyclus gelatinosus* from poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 4, p. 445 – 449, 2002a.

PONSANO, E. H. G.; LIMA, L. K. F.; TORRES, A. P. C. **From a pollutant byproduct to a feed ingredient**. In: Biomass – detection, production and usage. ed.Rijeka: Intech, 2011, p. 461-472.

PONSANO, E. H. G.; PAULINO, C. Z.; PINTO, M. F. Phototrophic growth of *Rubrivivax gelatinosus* in poultry slaughterhouse wastewater. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 3836 – 3842, 2008.

PONSANO, E.H.G.; PINTO, M.F.; GARCIA NETO, M.; LACAVA, P.M. Evaluation of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass for broiler pigmentation. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 1, p. 77 – 82, 2002b.

PONSANO E. H. G.; PINTO, M. F.; GARCIA-NETO, M.; LACAVA, P. M. Performance and color of broilers fed diets containing *Rhodocyclus gelatinosus* biomass. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 4, p. 237 – 242, 2004a.

PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F.; GARCIA NETO, M.; LACAVA, P. M. *Rhodocyclus gelatinosus* biomassa for egg yolk pigmentation. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, p. 421 – 425, 2004b.

PORTER, N. A.; CALDWELL, S. E.; MILLS, K. A. Mechanism of free radical oxidation of unsaturated lipids. **Lipids**, v. 30, p. 277 – 290, 1995.

PRASERTSAN, P.; CHOORIT, W.; SUWANNO, S. Isolation, identification and growth condition of photosynthetic bacteria found in seafood processing wastewater. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 9, p. 590 – 593, 1993a.

PRASERTSAN, P.; CHOORIT, W.; SUWANNO, S. Optimization for growth of *Rhodocyclus gelatinosus* in seafood processing effluents. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 9, p. 593 – 596, 1993b.

PRASERTSAN, P.; JATURAPORNIPIPAT, M.; SIRIPATANA, C. Utilization and treatment of tune condensate by photosynthetic bacteria. **Pure and Applied Chemistry**, v. 69, n.11, p. 2439 – 2445, 1997.

RATHGEBER, B. M.; ANDERSON, D. M.; THOMPSON, K. L.; MACLSAAC, J. L.; BUDGE, S. Color and fatty acid profile of abdominal fat pads from broiler chickens fed lobster meal. **Poultry Science**, v. 80, p. 1329 – 1333, 2011.

RUIZ, J. A.; GUERRERO, L.; ARNAU, J.; GUARDIA, M. D.; ESTEVE-GARCIA, E. Descriptive sensory analysis of meat from broilers fed diets containing vitamin e or β -carotene as antioxidants and different supplemental fats. **Poultry Science**, v. 80, p. 976 – 982, 2001.

RUIZ, J. A.; PÉREZ-VENDRELL, A. M.; ESTEVE-GARCÍA, E. Effect of β -carotene and vitamin E on oxidative stability in leg meat of broilers fed different supplemental fats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 448 – 454, 1999.

SASAKI, K.; NAGAI, S. The optimum pH and temperature for the aerobic growth of *Rhodopseudomonas gelatinosa* and vitamin B12 and ubiquinone formation on a starch medium. **Journal of Fermentation and Technology**, v. 57, p. 383 – 386, 1979.

SASAKI, K.; NOPARATNARAPORN, N.; HAYASHI, M.; NISHIZAWA, Y.; NAGAI, S. Single-Cell protein production by treatment of soybean wastes with *Rhodopseudomonas gelatinosa*. **Journal of Fermentation and Technology**, v. 59, p. 471 – 477, 1981.

SHEEHY, P.J.A.; MORRISSEY, P.A.; FLYNN, A. Influence of dietary α -tocopherol on tocopherol concentrations in chick tissues. **British Poultry Science**, v. 32, p. 391 - 398, 1991.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 1315S – 1321S, 1995.

TYCZKOWSKI, J., SCHAEFFER, J. L.; HAMILTON, P. B. Measurement of malabsorption of carotenoids in chickens with palebird syndrome. **Poultry Science**, v. 70, p. 2275 – 2279, 1991.

WILLENS, A.; GILLIS, M.; DE LEY, J. Transfer of *Rhodocyclus gelatinosus* to *Rubrivivax gelatinosus* gen. nov., comb. nov., and phylogenetic relationships with *Leptothirx*, *Sphaerotilus natans*, *Pseudomonas saccharophila* and *Alcaligenes latus*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 41, p. 65 - 73, 1991.

WOOD, J. D.; ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. **British Journal of Nutrition**, v. 78, p. S49 – S60, 1997.

CAPÍTULO 2 - Biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* na criação de frangos de corte: desempenho animal e cor dos produtos

Saulo Vinicius Avanço^{1*}; Elisa Helena Giglio Ponsano²

¹Pós-Graduação em Ciência Animal – Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – SP/UNESP – sauloavanco@hotmail.com

²Prof. Adj. Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal – Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – SP/UNESP

RESUMO – A bactéria *Rubrivivax gelatinosus* tem sido utilizada experimentalmente no tratamento despoluente de efluentes industriais de abatedouros de aves e peixes. A biomassa obtida no processo possui oxicarotenóides, compostos que conferem cor aos alimentos e proteção contra reações oxidativas. Este trabalho teve por objetivo verificar o efeito da biomassa de *R. gelatinosus* adicionada à alimentação de frangos de corte em diferentes proporções sobre o desempenho animal e a cor de carne e pele. Duzentos pintos machos Cobb 500 foram divididos aleatoriamente em 20 boxes. Aos 36 dias de idade, 4 tratamentos foram aplicados (g de biomassa/ kg de ração): T1 (controle) – 0 g/kg; T2 – 1 g/kg; T3 – 2 g/kg e T4 - 3 g/kg. Foram realizadas 5 repetições de cada tratamento. Frangos e rações foram pesados para a análise de desempenho e, então, aos 45 dias, 20 aves de cada tratamento foram abatidas para a determinação da cor objetiva em pele e carne de peito e coxa. Os resultados obtidos foram submetidos à ANOVA, teste t para a comparação múltipla de médias e análise de regressão com nível de significância de 5%. O ganho de peso e o consumo das aves não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), enquanto que o índice de conversão alimentar foi melhor para o T1. A cor da carne e da pele ficou significativamente mais clara nos grupos tratados. O ângulo de tom da cor aumentou para o amarelo até a concentração de 2 g/kg enquanto que, na concentração de 3

g/kg, o aumento foi para a tonalidade vermelha. Concluiu-se que, até a proporção de 3 g/kg, a biomassa não interferiu no desempenho e foi eficiente em pigmentar a pele e a carne em tom amarelo até 2 g/kg e em tom de vermelho com 3 g/kg.

Palavras-chave: aditivo alimentar, carotenoides, pigmentação, produto biotecnológico, xantofilas

1. Introdução

A preocupação com a destinação e o tratamento dos dejetos orgânicos, domésticos ou industriais, é de fundamental importância quando se objetiva a sustentabilidade ao longo da cadeia produtiva. Alguns pesquisadores têm se utilizado de recursos biotecnológicos para o tratamento de efluentes industriais, tais como o uso de bactérias fotossintetizantes como *Rubrivivax gelatinosus*, que possuem a capacidade de reduzir a carga poluente destes resíduos (LIMA et al., 2011; PONSANO et al., 2008; 2003; 2002a).

Lima et al. (2011) caracterizaram o crescimento de *R. gelatinosus* em efluente de indústria de pescado, observando uma redução da Demanda Química de Oxigênio em 52%. Ponsano et al. (2002a) isolaram e caracterizaram quatro culturas de *R. gelatinosus* a partir de águas residuárias provenientes do abate de frangos e identificaram seus carotenoides como sendo da série espiriloxantina alternativa. Posteriormente, Ponsano et al. (2003) investigaram a composição centesimal da biomassa de *R. gelatinosus* e encontraram elevada quantidade de proteínas e aminoácidos essenciais. Os carotenoides da biomassa foram capazes de promover a elevação da intensidade da cor vermelha de gemas de ovos quando adicionados à ração de galinhas poedeiras (POLONIO et al., 2010).

Os carotenoides são os compostos responsáveis pela pigmentação de aves e peixes, em particular a classe das xantofilas, predominante na

alimentação dos animais (CASTAÑEDA et al., 2005). São também responsáveis por conferir as cores amarela, laranja e vermelha aos vegetais. Sua produção na natureza ocorre em plantas e, em menor escala, em leveduras, fungos, algas e bactérias (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005). Os carotenoides são divididos quimicamente em dois grupos: os carotenos e as xantofilas. Os carotenos são hidrocarbonetos puros, geralmente de cor alaranjada, enquanto que as xantofilas apresentam em sua constituição átomos de oxigênio, e são de coloração amarela e vermelha, sendo também chamadas de oxicarotenoides (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; MELENDEZ-MARTINEZ et al., 2004).

Os carotenoides são, portanto, responsáveis pela cor dos alimentos e esta, por sua vez, é relevante para os consumidores no momento da compra, já que cores intensas e uniformes são vistas como saudáveis, frescas e nutritivas, enquanto que cores pálidas são comumente rejeitadas pelos consumidores (PONSANO et al., 2002b).

A obtenção de xantofilas a partir de fontes naturais é realizada pela extração com solventes orgânicos (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005). Além da origem natural, outros pigmentantes são obtidos por síntese química e atendem à demanda industrial, como as cantaxantinas, comumente adicionadas na ração de galinhas poedeiras para intensificar a pigmentação da gema de ovos (BREITHAUPT, 2007).

A pigmentação de pele e pernas de frangos e da gema de ovos é proveniente da ingestão de compostos carotenoides presentes nos ingredientes da ração tais como milho, farelo de glúten de milho e alfafa desidratada, assim como dos aditivos pigmentantes utilizados (PÉREZ-VENDRELL et al., 2001). Animais saudáveis absorvem os pigmentos da dieta e transportam ao tecido subcutâneo onde eles se depositam; por isso, animais com infecções intestinais ou parasitárias apresentam absorção intestinal deficiente e consequente irregular pigmentação (TYCZKOWSKI et al., 1991).

Para obter a coloração desejável pelos consumidores em alimentos como ovos e carne de aves e peixes, é possível adicionar à ração dos animais

uma combinação de carotenoides sintéticos para conferir pigmentação amarela (apo-ester, luteína, zeaxantina) e vermelha (cantaxantina, citranaxantina, capsantina, capsoburina) (CASTAÑEDA et al., 2005). Portanto, a intensidade da cor amarela – vermelha pode, portanto, ser controlada pela concentração e pelo tipo de xantofilas na dieta (CHEN; YANG, 1992; LAI et al., 1996).

Este trabalho se justifica pela intenção de aprofundar os conhecimentos a respeito das propriedades da biomassa de *R. gelatinosus*, uma vez que seu processo de obtenção representa uma alternativa de tratamento para subprodutos de indústrias de alimentos, o que contribui para a sustentabilidade ao longo do processo produtivo.

Este trabalho teve por objetivo verificar o efeito da biomassa de *R. gelatinosus* adicionada à alimentação de frangos de corte em diferentes proporções sobre o desempenho animal e a cor dos produtos.

2. Material e Método

O experimento foi conduzido no galpão experimental do Setor de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária da UNESP, Campus de Araçatuba. Foram utilizados 200 pintos machos de um dia de idade da linhagem Cobb 500. As aves foram pesadas e alocadas aleatoriamente em 20 boxes telados (1,5 x 1,5 x 3,0 m), sobre cama de maravalha, dotados de comedouros e bebedouros de altura regulável.

Para a obtenção das rações experimentais (Tabela 1), os ingredientes foram adquiridos junto ao comércio varejista local e seu balanceamento foi realizado por meio do programa PPFR (<http://sites.google.com/site/ppfrprogramforfeedformulation/>) conforme as exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2011). As rações basais correspondentes às fases inicial e de crescimento foram fornecidas à vontade. A água foi fornecida à vontade durante todo o período de criação (45 dias). O aquecimento foi feito de forma intermitente com lâmpadas incandescente de 250 W durante os 15 primeiros dias de criação.

Ao final da fase de crescimento, as aves foram pesadas para, então, receber os 4 diferentes tratamentos durante a fase de acabamento (g de biomassa/ kg de ração) (36 a 45 dias): T1 (controle) – 0 g/kg; T2 – 1 g/kg; T3 – 2 g/kg e T4 - 3 g/kg. As diferentes concentrações de biomassa dos tratamentos foram primeiramente dissolvidas em óleo vegetal para, depois, serem incorporadas à ração basal de acabamento com o auxílio de um misturador de ração horizontal, com capacidade para 250 kg. As aves foram divididas em 20 parcelas experimentais (4 tratamentos e 5 repetições), resultando em 10 aves por parcela.

Tabela 1 - Composições das rações basais para frangos de corte de diferentes fases e com diferentes concentrações de *R. gelatinosus*

Ingrediente (%)	%					
	ração inicial (1 ^o – 21 ^o dia)	ração de crescimento (22 ^o – 35 ^o dia)	ração de acabamento 0 g/kg (36 ^o – 45 ^o dia)	ração de acabamento 1 g/kg (36 ^o – 45 ^o dia)	ração de acabamento 2 g/kg (36 ^o – 45 ^o dia)	ração de acabamento 3 g/kg (36 ^o – 45 ^o dia)
Milho	51,02	56,77	60,35	60,15	59,95	59,74
Soja farelo - 45%	40,14	34,75	31,27	31,31	31,34	31,38
Óleo de soja	4,63	4,97	5,06	5,13	5,20	5,27
Fosfato bicálcico	1,67	1,29	1,06	1,06	1,06	1,06
Calcário calcítico	1,04	0,87	0,77	0,77	0,77	0,77
Sal comum	0,52	0,48	0,44	0,44	0,44	0,44
Polimax F	0,66	0,60	0,78	0,78	0,78	0,78
DL-metionina	0,12	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
L-lisina HCl	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17
Biomassa	--	--	--	0,10	0,20	0,30
L treonina	0,043	0,028	0,026	0,26	0,26	0,26
composição calculada						
Energia metabolizável	kcal/kg	3048,00	3150,00	3199,00	3199,00	3199,00
Proteína Bruta (PB)	%	21,83	19,64	17,98	17,98	17,98
Cálcio	%	0,913	0,742	0,643	0,643	0,643
P disponível	%	0,429	0,348	0,302	0,302	0,302
Potássio	%	0,604	0,598	0,590	0,590	0,590
Sódio	%	0,223	0,207	0,195	0,195	0,195
Cloro	%	0,199	0,182	0,170	0,170	0,170
Ácido linoléico	%	1,093	1,053	1,019	1,019	1,019
Lisina dig.	%	1,246	1,118	1,045	1,045	1,045
Metionina dig.	%	0,486	0,447	0,418	0,418	0,418
Metionina+cistina dig.	%	0,897	0,816	0,763	0,763	0,763
Triptofano dig.	%	0,212	0,201	0,188	0,188	0,188
Treonina dig.	%	0,810	0,727	0,679	0,679	0,679

^A Composição dos suplementos vitamínico-minerais utilizados nas rações durante as três fases de criação (quantidade/kg do produto): **Inicial:** vit. A - 1.670.000 U.I.; vit. D3 - 335.000 U.I.; vit. E - 2.500 mg; vit. K3 - 417 mg; vit. B1 - 250 mg; vit. B2 - 835 mg; vit. B6 - 250 mg; vit. B12 - 2.000 mcg; ácido fólico - 100 mg; biotina - 9 mg; niacina - 5.835 mg; pantotenato de cálcio - 1.870 mg; Cu - 1.000 mg; Co - 17 mg; I - 170 mg; Fe - 8.335 mg; Mn - 10.835mg; Zn - 7.500 mg; Se - 35 mg; Cloreto de Colina 50% - 116.670 mg; Metionina - 250.000 mg; Coccidiostático - 13.335 mg; Promotor de Crescimento - 13.335 mg; Antioxidante - 2.000 mg. **Crescimento:** vit. A - 1.335.000 U.I.; vit. D3 - 300.000 U.I.; vit. E - 2.000 mg; vit. K3 - 335 mg; vit. B1 - 167 mg; vit. B2 - 670 mg; vit. B6 - 170 mg; vit. B12 - 1.670 mcg; ácido fólico - 67 mg; biotina - 7 mg; niacina - 4.670 mg; pantotenato de cálcio - 1.870 mg; Cu - 1.000 mg; Co - 17 mg; I - 170 mg; Fe - 8.335 mg; Mn - 10.835 mg; Zn - 7.500 mg; Se - 35 mg; Cloreto de Colina 50% - 83.340mg; Metionina - 235.000mg; Coccidiostático - 10.000 mg; Promotor de Crescimento - 10.000mg; Antioxidante - 2.000mg. **Terminação:** vit. A - 1.670.000 U.I.; vit. D3 - 335.000 U.I.; vit. E - 2.335 mg; vit. K3 - 400 mg; vit. B1 - 100 mg; vit. B2 - 800 mg; vit. B6 - 200 mg; vit. B12 - 2.000 mcg; ácido fólico - 67 mg; biotina - 7 mg; niacina - 5.670 mg; pantotenato de cálcio - 2.000 mg; Cu - 2.000 mg; Co - 27 mg; I - 270 mg; Fe - 16.670 mg; Mn - 17.335 mg; Zn - 12.000 mg; Se - 70 mg; Cloreto de Colina 50% - 100.000mg; Metionina - 235.000mg; Antioxidante - 2.000 mg. Dosagem de 6kg do produto por tonelada de ração.

As aves e as rações foram pesadas ao final de cada período (21^o, 35^o e 45^o dia) para a análise de desempenho, que incluíram ganho de peso

(g/ave/período), consumo de ração (g/ave/período) e conversão alimentar. O consumo das dietas experimentais ocorreu após a constatação de que os animais das diferentes parcelas estavam todos nas mesmas condições de desenvolvimento (não eram significativamente distintos quanto aos parâmetros zootécnicos).

No último dia de criação, 80 animais (4 aves de cada parcela experimental) foram amostrados ao acaso, identificados nos pés com anilhas plásticas e, após 8 h de jejum alimentar, foram abatidos segundo as normas sanitárias legais brasileiras, depenados automaticamente, eviscerados manualmente, resfriados em *chiller* por uma hora e drenados por aproximadamente 10 minutos.

A determinação objetiva da cor foi realizada diretamente sobre a carne e a pele do peito e das coxas, pela medição dos atributos L (Luminosidade), C (saturação) e h (tom), utilizando-se colorímetro portátil Mini Scan XE Plus calibrado com padrões branco e preto. Para a obtenção do valor médio, foram realizadas três leituras consecutivas em cada corte dos lados esquerdo e direito.

Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias. Os resultados foram submetidos à ANOVA, teste t para a comparação múltipla de médias e análise de regressão para as concentrações de biomassa. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS 9.2 (2008). O nível de significância adotado foi de 5% (ZAR, 1999).

3. Resultado e Discussão

Os parâmetros de desempenho avaliados durante o período de terminação (36º - 45º dia) estão apresentados na Tabela 2 e mostram que somente o índice de conversão alimentar foi afetado significativamente pela inclusão da biomassa. Neste período, o grupo alimentado com ração não adicionada da biomassa de *R. gelatinosus* apresentou o melhor índice de

conversão alimentar, que não diferiu significativamente do grupo que teve 2 g de biomassa adicionada à sua ração. Os demais parâmetros zootécnicos não foram afetados significativamente, demonstrando que a biomassa tem pouca influência sobre o desempenho. Além disso, a ausência de diferença significativa entre a conversão alimentar dos grupos T2, T3 e T4 confirma o bom desempenho dos animais, mesmo quando alimentados com a biomassa.

Esse resultado ratifica o que Ponsano et al. (2004) observaram ao adicionar a biomassa de *R. gelatinosus* à ração de frangos de corte. A conversão alimentar do grupo controle foi melhor que a dos grupos tratados. Por outro lado, estes mesmos pesquisadores observaram que os animais do grupo controle ganharam mais peso do que dois dos três grupos tratados, diferentemente do observado nesta pesquisa, em que nenhum dos grupos diferiu entre si.

Demais pesquisadores que utilizaram outras fontes de carotenoides na dieta de frangos de corte, não observaram diferença significativa no desempenho produtivo dos animais (AKIBA et al., 2001; LIUFA et al., 1997; PÉREZ-VENDRELL et al., 2001). A ausência de diferenças nos demais parâmetros de desempenho é positiva, pois pressupõe não haver alteração das características organolépticas da ração quando da adição do produto.

Tabela 2 – Desempenho das aves dos diferentes tratamentos no período de terminação (36º - 45º dia)

Concentração de biomassa (g/kg)	Ganho de peso (kg)	média ± EPM Consumo (kg/ave)	Conversão alimentar
0	1,184 ± 0,066	2,125 ± 0,086	1,808 ± 0,080 ^b
1	1,046 ± 0,031	2,161 ± 0,046	2,073 ± 0,079 ^a
2	1,088 ± 0,034	2,145 ± 0,034	1,980 ± 0,076 ^{ab}
3	1,059 ± 0,053	2,165 ± 0,039	2,061 ± 0,097 ^a
CV(%)	3,28	3,70	2,51

Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (p>0,05)

EPM = Erro padrão da média

CV = Coeficiente de variação

Os resultados das análises estatísticas para os atributos da cor em carne e pele estão representados nas Tabelas 3 e 4.

No espaço de cor LCh, L representa a luminosidade do produto, expressa por valores que vão de 0 (negro absoluto) a 100 (branco absoluto). O valor de C representa a saturação das cores numa escala de 0 (cinza, branco ou negro) a 100 (cores puras e intensas). Por fim, o valor de h, que representa o tom das cores, é medido em graus (medida angular), sendo 0° - vermelho, 90° - amarelo, 180° - verde, e 270° - azul, passando por tons intermediários entre esses valores.

Em relação aos atributos de cor, a comparação entre as médias demonstrou não haver diferença significativa entre as concentrações de biomassa para as variáveis: saturação e tom da pele do peito, luminosidade e saturação da pele da coxa, saturação da carne do peito e tom da carne da coxa, ($p > 0,05$) (Tabelas 3 e 4).

Os grupos que diferiram estatisticamente em cada atributo se comportaram de forma semelhante, sendo que T3 diferiu de T1, porém T4, o grupo de maior concentração, não diferiu de T1 (luminosidade da pele do peito, luminosidade e tom da carne do peito e saturação da carne da coxa). Nota-se que nesses grupos as médias se elevaram e reduziram na sequência. Ou seja, para a luminosidade, os corte ficaram mais claros conforme a concentração de biomassa se elevou, e escureceram nos grupos de maior concentração. Para o tom, os corte ficaram mais amarelos e nos tratamentos de maior concentração de biomassa, avermelhados. A pureza das cores reduziu e no último grupo se elevou novamente. A análise de regressão pode ser uma ferramenta melhor para explicar este comportamento.

Na análise de regressão verificou-se haver diferença significativa entre as concentrações de biomassa para a luminosidade e o tom da carne do peito, que responderam linearmente até a dose máxima de 3 g/kg de biomassa (Figura 1).

A equação da reta obtida para a luminosidade da carne do peito (Figura 1a) permite concluir que, para cada aumento de 1 g de biomassa há um

aumento de 0,7242 na luminosidade, enquanto que a equação da reta obtida para h (Figura 1b) permite afirmar que a elevação de cada 1 g de biomassa ocasiona um aumento de 0,6095 no tom da cor.

Para as variáveis luminosidade e tom da pele do peito, saturação da carne da coxa e tom da pele da coxa, verificou-se um efeito quadrático decorrente da aplicação da biomassa na ração. A adequação do modelo quadrático foi verificada por meio do coeficiente de determinação (R^2) (Figura 2). A dose ótima estimada para os valores máximos de cada atributo foram de 1,81 g/kg para luminosidade da pele do peito, 1,54 g/kg para tom da pele do peito e 1,50 g/kg para tom da pele da coxa. A dose estimada para atingir o valor mínimo da saturação da carne da coxa foi de 1,92 g/kg.

Tabela 3 – Atributos da cor (L – Luminosidade, C – saturação, h – tom) para pele do peito e da coxa de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de biomassa de *R. gelatinosus* na ração

Concentração de biomassa (g/kg)	Pele do peito (X ± EPM)			Pele da coxa (X ± EPM)		
	L	C	h	L	C	h
0	68,16 ± 0,37 ^b	16,25 ± 0,60	68,57 ± 0,70	71,40 ± 0,75	13,62 ± 0,62	70,00 ± 1,67 ^{ab}
1	69,30 ± 0,21 ^{ab}	15,50 ± 0,41	69,71 ± 0,67	72,06 ± 0,67	13,19 ± 0,26	71,54 ± 0,89 ^{ab}
2	70,38 ± 0,67 ^a	16,63 ± 0,72	70,09 ± 0,41	72,88 ± 0,57	13,06 ± 0,95	73,18 ± 1,15 ^a
3	69,08 ± 0,57 ^{ab}	16,03 ± 0,43	68,60 ± 0,80	72,26 ± 0,40	12,45 ± 0,26	69,46 ± 1,08 ^b
CV(%)	1,57	7,67	2,14	1,89	10,18	3,88

Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (p>0,05)

EPM = Erro padrão da média

CV = Coeficiente de variação

Tabela 4 – Atributos da cor (L – Luminosidade, C – saturação, h – cor) para carne do peito e da coxa de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de biomassa de *R. gelatinosus* na ração

Concentração de biomassa (g/kg)	Carne do peito (X ± EPM)			Carne da coxa (X ± EPM)		
	L	C	h	L	C	h
0	60,70 ± 0,86 ^b	18,75 ± 0,31	68,87 ± 0,55 ^b	57,77 ± 0,47 ^{ab}	17,44 ± 0,33 ^a	62,06 ± 0,60
1	61,39 ± 0,67 ^{ab}	17,78 ± 0,36	69,73 ± 0,42 ^{ab}	56,77 ± 0,69 ^b	16,76 ± 0,35 ^{ab}	60,65 ± 1,06
2	63,39 ± 0,67 ^a	18,35 ± 0,43	71,39 ± 0,69 ^a	57,94 ± 0,87 ^{ab}	16,23 ± 0,21 ^b	59,90 ± 1,38
3	62,44 ± 0,85 ^{ab}	18,52 ± 0,34	70,35 ± 1,09 ^{ab}	58,88 ± 0,68 ^a	16,77 ± 0,36 ^{ab}	61,66 ± 1,52
CV(%)	2,78	4,40	2,35	2,69	4,27	4,36

Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (p>0,05)

EPM = Erro padrão da média

CV = Coeficiente de variação

A luminosidade da pele do peito elevou-se com o aumento da concentração de biomassa na dieta e caiu no grupo de maior concentração (Figura 2a). Isto significa que a carne ficou mais clara com o aumento da concentração de biomassa na dieta, e escureceu no grupo com a maior concentração de biomassa (3 g/kg). Esse comportamento está diretamente relacionado com os outros atributos da cor que serão discutidos.

Pesquisas anteriores demonstram que o comportamento de L frente à adição de carotenoides na ração é bastante diverso. Ponsano et al. (2004) observaram a redução da luminosidade na pele e carne de peito e coxa de frangos de corte nos grupos tratados com a biomassa de *R. gelatinosus*, nas três concentrações utilizadas (0,075 g/kg, 0,15 g/kg e 0,3 g/kg).

Toyomizu et al. (2001), por outro lado, não observaram diferença na luminosidade entre o grupo tratado e o controle, quando adicionaram biomassa das algas *Spirulina platensis* e *S. máxima*, com elevada quantidade de carotenoides, na ração de frangos de corte. Ponsano et al. (2002b), comparan-

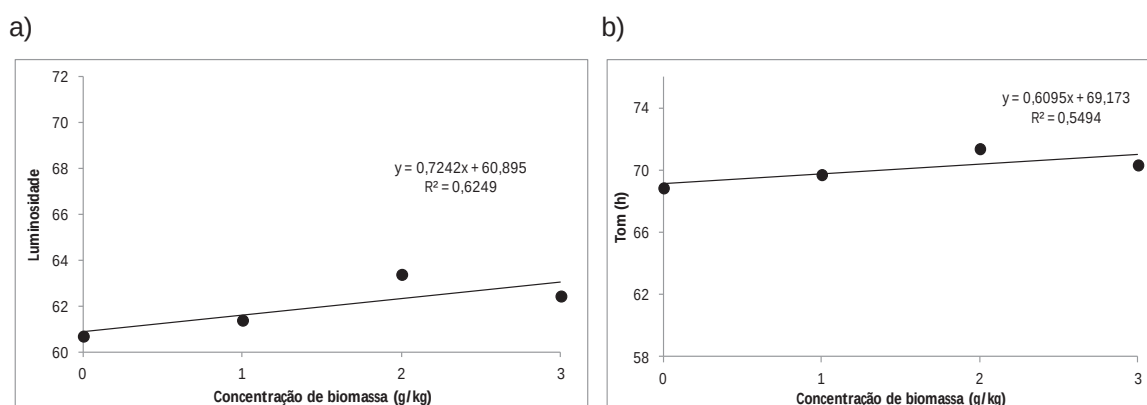


FIGURA 1 – Regressões lineares da luminosidade da carne do peito (a) e do tom da carne do peito (b), equações das retas e coeficientes de determinação (R^2).

do o efeito de *R. gelatinosus* com o de pigmentos sintéticos, observaram que alguns grupos não diferiam do grupo controle em relação a L, cujos valores foram muito semelhantes aos observados nesta pesquisa.

Apenas na carne da coxa a saturação (C) apresentou diferença estatística entre os grupos (Figura 2c). Por meio da análise de regressão nota-se que seu comportamento é o inverso dos outros atributos, já que observou-se a redução da pureza com o incremento da biomassa e sua elevação do grupo de maior concentração.

Ponsano et al. (2004) utilizaram esse sistema para avaliar a pigmentação de frangos de corte alimentados com a biomassa de *R. gelatinosus* e observaram maiores valores de C para os grupos tratados com a maior concentração de biomassa (0,3 g/kg) e os menores valores para o grupo controle, tanto para a carne do peito quanto da coxa. O diferente comportamento deste atributo nas diferentes pesquisas pode ser justificado

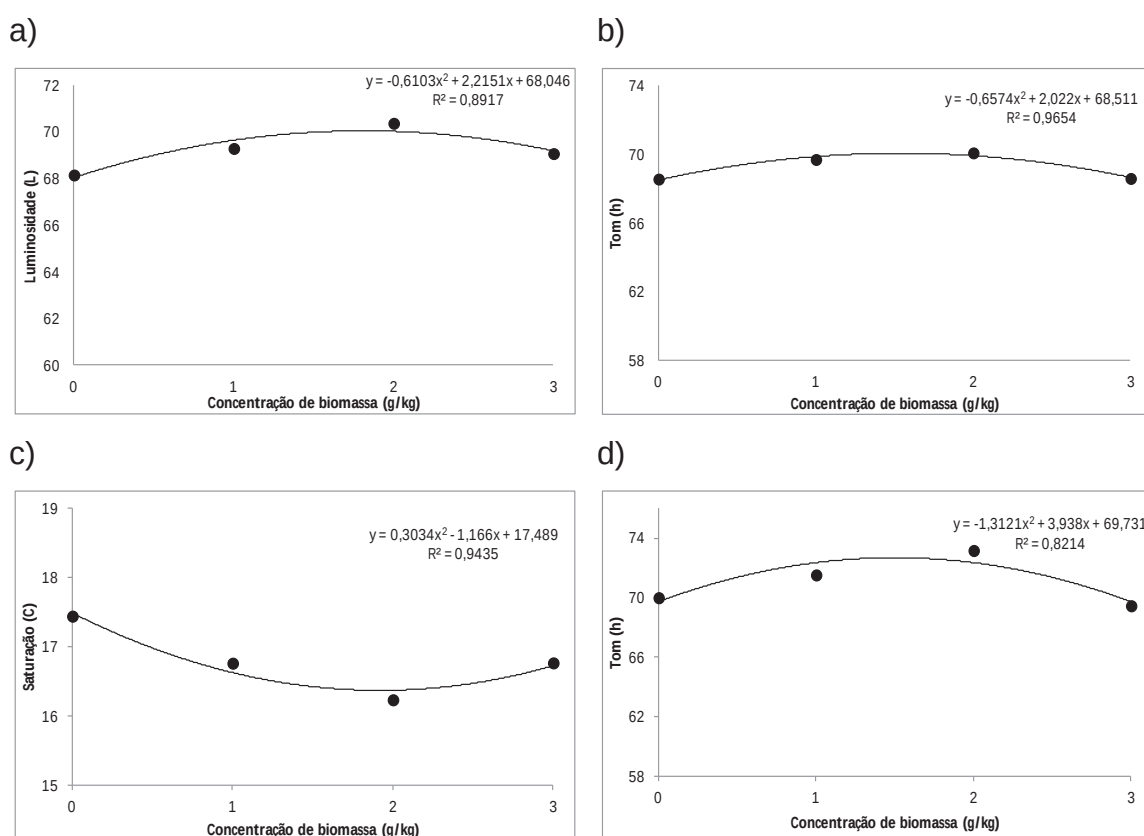


FIGURA 2 – Regressões quadráticas da luminosidade da pele do peito (a), do tom da pele do peito (b), da saturação da carne da coxa (c) e do tom da pele da coxa (d), equações das retas e coeficientes de determinação (R^2).

pela utilização de diferentes rações basais. Enquanto neste experimento utilizou-se ração à base de milho, fonte natural de xantofilas, naquele, a ração utilizada era à base de sorgo, onde estes compostos estão ausentes.

O comportamento do tom na pele do peito e na pele da coxa merece maior destaque, visto a elevação da tonalidade amarela próximo à concentração de 2 g/kg e o aumento da tonalidade vermelha a partir da concentração de 2 g/kg (Figuras 2b e 2d). Estes achados podem ser explicados pelo fato de que, antes de ocorrer a deposição dos pigmentos avermelhados, é necessário que ocorra a saturação da deposição dos pigmentos amarelados (DSM, 2004). Portanto, por meio deste experimento observa-se que a concentração de biomassa até 1 g/kg de ração é insuficiente para promover a saturação dos pigmentos amarelos, enquanto que 3 g/kg são capazes de promover a saturação, e a consequente deposição de pigmentos vermelhos.

A luminosidade por sua vez apresentou comportamento semelhante ao tom (Figura 2a). Portanto a elevação do amarelo foi acompanhada pelo aumento da luminosidade, enquanto que sua redução se deu concomitante à intensificação do vermelho. A saturação, por sua vez, reduziu enquanto luminosidade e tom aumentaram e se elevou quando estes caíram.

O comportamento dos pigmentos de *R. gelatinosus* confirma o que foi observado em outras pesquisas com o produto e se assemelha ao observado em pesquisas com outros pigmentantes. Ponsano et al. (2004) também observaram aumento da intensidade de amarelo em relação ao seu controle na pele e carne de peito e coxa, sendo que, neste caso, a fonte de pigmento também foi a biomassa de *R. gelatinosus*. Já Ponsano et al. (2002b) observaram que esta biomassa elevou a pigmentação do tom amarelo na carne e na pele, enquanto que os pigmentos sintéticos acentuaram o tom vermelho na carne e na pele de aves.

Esse diferente comportamento não é muito bem explicado, porém pode estar relacionado com diversos fatores como as reações que os pigmentos podem sofrer durante a ingestão e a absorção, a quantidade ingerida e a quantidade de lipídeos presente na pele ou na carne. Tais fatores determinam

a quantidade de carotenoides depositada e consequentemente a cor gerada no produto, já que a saturação de pigmentos amarelos é requerida para que ocorra a deposição de pigmentos vermelhos (DSM, 2004).

Toyomizu et al. (2001) também observaram elevação do tom de amarelo no peito e coxa de frangos de corte tratados com a biomassa da alga *Spirulina platensis*. A comparação da adição de pigmentos sintéticos e naturais feita por Castañeda et al. (2005) também aponta para elevação da intensidade de amarelo no pele do peito de frangos de corte no grupo tratado com pigmentantes naturais (extrato da flor do cravo-amarelo ou cravo-da-índia) e aumento da intensidade de vermelho para pigmentantes sintéticos. Estes mesmos pesquisadores também investigaram a coloração da carne de frangos no instante do abate, 15 e 120 minutos *post-mortem* e observaram queda da intensidade de vermelho e elevação da intensidade de amarelo, devido à perda de sangue e à solidificação da gordura subcutânea. Também foi observado por estes pesquisadores que a absorção de pigmentos sintéticos ocorre de forma mais eficaz, porém são os pigmentos naturais que detêm melhor capacidade de se depositar nos tecidos.

Assim, a biomassa de *R. gelatinosus* permanece como alternativa viável para a pigmentação de aves de corte, porém necessita de mais estudos a fim de elucidar importantes pontos como, por exemplo, a estabilidade dos pigmentos, as concentrações adequadas para alcançar a cor desejada, além da aplicação em outros animais como peixes e galinhas poedeiras.

4. Conclusão

A concentração da biomassa de *R. gelatinosus* utilizada na ração de frangos de corte influencia a cor dos produtos cárneos. Os efeitos da biomassa sobre a cor foram mais bem observados na pele da coxa e na carne do peito, onde o produto até a concentração de 2 g/kg de ração promoveu aumento da tonalidade amarela e da luminosidade e, na concentração de 3 g/kg de ração, promoveu aumento da tonalidade vermelha. As concentrações de 1 g/kg e 3

g/kg apresentaram pior índice de conversão alimentar. Não houve influencia sobre os demais parâmetros de desempenho zootécnico.

REFERÊNCIAS

AKIBA, Y.; SATO, K.; TAKAHASHI, K.; MATSUSHITA, K.; KOMIYAMA, H. Meat color modification in broiler chickens by feeding yeast *Phaffia rhodozyma* containing high concentrations of astaxanthin. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 10, p. 154 – 161, 2001.

BHOSALE, P.; BERNSTEIN, P.S. Microbial xanthophylls. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 68, n. 4, p. 445 – 455, 2005.

BREITHAUPT, D. E. Modern Application of xanthophylls in animal feeding: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 18, p. 501 – 506, 2007.

CASTAÑEDA, M. P.; HIRSCHLER, E. M.; SAMS, A. R. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. **Poultry Science**, v. 84, p. 143 – 147, 2005.

CHEN, B. H.; YANG, S. H. An improved analytical method for the determination of carotenes and xanthophylls in dried plant materials and mixed feeds. **Food Chemistry**, v. 44, p. 61 – 66, 1992.

DSM Guidelines for egg yolk pigmentation with carophyll. **DSM Nutritional Products**, 2004. Disponível em: <<http://www.christa.bg/files/Catalogue/105.pdf>>. Acessado em: 7 mai. 2012.

LAI, S. M.; GRAY, J. I.; FLEGAL, C. J. Deposition of carotenoids in eggs from hens fed diets containing saponified and unsaponified oleoresin paprika. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 72, p. 166 – 170, 1996.

LIMA, K. F. L.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F. Cultivation of *Rubrivivax gelatinosus* in fish industry effluent for depollution and biomass production. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, p. 2553 – 2558, 2011.

LIUFA, W.; XUFANG, L.; CHENG, Z. Carotenoids from Alocasia leaf meal as xanthophyll sources for broiler pigmentation. **Tropical Science**, v. 37, p. 116 – 122, 1997.

MELENDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides em los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 54, n. 2, p. 209 – 215. 2004.

PÉREZ-VENDRELL, A.M.; HERNANDEZ, J. M.; LLAURADO, L.; SCHIERLE, J.; BRUFAU, J. Influence of source and ratio of xanthophylls pigments on broiler chicken pigmentation and performance. **Poultry Science**, v. 80, p. 320 – 326, 2001.

POLONIO, L. B.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F. GARCIA NETO, M. Utilisation of bacterial (*Rubrivivax gelatinosus*) biomass for egg yolk pigmentation. **Animal Production Science**, v. 50, p. 1 – 5, 2010.

PONSANO, E. H. G.; LACAVA, P. M.; PINTO, M. F. Chemical composition of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass produced in poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 2, p. 143 – 147, 2003.

PONSANO, E. H. G.; LACAVA, P. M.; PINTO, M. F. Isolation of *Rhodocyclus gelatinosus* from poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 4, p.445 – 449, 2002a.

PONSANO, E. H. G.; PAULINO, C. Z.; PINTO, M. F. Phototrophic growth of *Rubrivivax gelatinosus* in poultry slaughterhouse wastewater. **BioresourceTechnology**, v. 99, p. 3836 – 3842, 2008.

PONSANO, E.H.G.; PINTO, M.F.; GARCIA NETO, M.; LACAVA, P.M. Evaluation of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass for broiler pigmentation. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 1, p. 77 – 82, 2002b.

PONSANO E. H. G.; PINTO, M. F.; GARCIA-NETO, M.; LACAVA, P. M. Performance and color of broilers fed diets containing *Rhodocyclus gelatinosus* biomass. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 4, p. 237 – 242, 2004.

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: Editora UFV, 2011. 252 p.

SAS Institute Inc. **The SAS System**, release 9.2. SAS Institute Inc., Cary:NC, 2008.

TOYOMIZU, M.; SATO, K.; TARODA, H.; KATO, T.; AKIBA, Y. Effects of dietary Spirulina on meat color in muscle of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 42, n. 2, p. 197 – 202. 2001.

TYCZKOWSKI, J.; SCHAEFFER, J. L.; HAMILTON, P. B. Measurement of malabsorption of carotenoids in chickens with pale bird syndrome. **Poultry Science**, v. 70, p. 2275 – 2279, 1991.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 663 p.

Capítulo 3 - Uso da biomassa de *R. gelatinosus* na alimentação de frangos de corte e seus reflexos sobre composição centesimal, oxidação lipídica e características sensoriais do produto

Saulo Vinicius Avanço^{1*}; Elisa Helena Giglio Ponsano²

¹Pós-Graduação em Ciência Animal – FMVA/UNESP – Medicina Veterinária,
Araçatuba – SP – sauloavanco@hotmail.com

²Prof. Adj. Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal – FMVA/UNESP
– Medicina Veterinária, Araçatuba – SP

RESUMO – A biomassa da bactéria *Rubrivivax gelatinosus* tem sido aplicada experimentalmente na alimentação de aves trazendo efeitos positivos para a pigmentação dos produtos avícolas. Os compostos carotenoides presentes na biomassa desta bactéria podem apresentar atividade antioxidante. Esta pesquisa teve por objetivo observar os efeitos da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* utilizada na ração sobre composição, rancidez e características sensoriais da carne de frango. Duzentos pintos machos Cobb 500 foram divididos aleatoriamente em 20 boxes. Aos 36 dias de idade, 4 tratamentos foram aplicados (g de biomassa/ kg de ração): T1 (controle) – 0 g/kg; T2 – 1 g/kg; T3 – 2 g/kg e T4 - 3 g/kg. Foram realizadas 5 repetições de cada tratamento. Aos 45 dias de criação, 20 aves de cada tratamento foram abatidas para a determinação da composição centesimal, da oxidação lipídica e das características sensoriais do produto. Os resultados obtidos foram submetidos à ANOVA, teste t para a comparação múltipla de médias com nível de significância de 5% e análise de superfície. A composição centesimal dos cortes peito e coxa não diferiu estatisticamente entre os tratamentos ($p > 0,05$). A oxidação lipídica variou significativamente em função do tempo mas não em função da dose do produto utilizado. O teste de preferência pareada revelou não haver diferença significativa entre o sabor do peito dos diferentes

tratamentos. Concluiu-se que até a proporção de 3 g/kg, a biomassa não interferiu na composição centesimal, na oxidação lipídica e no sabor da carne.

Palavras-chave: antioxidantes, carotenoides, lipídeos, malonaldeído, preferência pareada, TBARS

1. Introdução

A aplicação da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* na alimentação de animais já vem sendo estudada por alguns pesquisadores (POLONIO et al., 2010; PONSANO et al., 2004a; b). A pigmentação de gemas de ovos e carcaças de frangos é um dos achados nestas pesquisas. Essa observação tem sido explicada pela presença de carotenoides na biomassa em questão.

Os carotenoides são compostos lipofílicos divididos quimicamente em dois grupos, carotenos e xantofilas. Os carotenos são hidrocarbonetos puros, geralmente de cor alaranjada. As xantofilas apresentam em sua constituição átomos de oxigênio, e são de coloração amarela e vermelha, sendo também chamadas de oxicarotenoides (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; MELENDEZ-MARTINEZ et al., 2004; PONSANO et al., 2004a). As xantofilas são excelentes antioxidantes pela sua capacidade de se ligar ao oxigênio livre, a espécies reativas de oxigênio e a radicais livres, subprodutos de processos metabólicos celulares ou poluentes ambientais (EDGE et al., 1997). Em virtude da sua estrutura química, com a presença de radicais carbonila e hidroxila nos anéis terminais, as xantofilas apresentam maior eficiência em inibir a oxidação quando comparadas aos carotenos (WOODALL et al., 1997).

Segundo Ponsano et al. (2002; 2003) *R. gelatinosus* apresenta em sua constituição oxicarotenoides da serie esferoidene (esferoidene, hidroxiesferoidene e espiriloxantina). A quantificação dos carotenoides presentes na biomassa de *R. gelatinosus*, segundo Torres (2010), resultou no valor de 3,03 mg de carotenoides por grama de biomassa.

A utilização de antioxidantes na indústria avícola se faz necessária a fim de reduzir a depreciação da qualidade durante o cozimento, a refrigeração e o congelamento. Nesse intervalo, ocorre a alteração de sabor e odor levando, conseqüentemente, a uma menor aceitação pelo consumidor, além da redução da concentração de ácidos graxos polinsaturados (PUFA) e vitaminas lipossolúveis (GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al., 1994; PEARSON et al., 1977). A insaturação dos ácidos graxos os predispõe à maior oxidação lipídica (PORTER et al., 1995). Por outro lado, sabe-se que o consumo de gorduras insaturadas apresenta efeito benéfico à saúde do sistema cardiovascular, ao contrário das gorduras saturadas (CHAMPE; HARVEY, 1996; LIMA et al., 2000; MARZZOCO; TORRES, 1999).

Nos mamíferos, os ácidos graxos são sintetizados a partir de carboidratos e do excedente de proteínas (MARZZOCO; TORRES, 1999), sendo que, nos monogástricos, os ácidos graxos são absorvidos pela dieta e depositados nos tecidos sem modificações significantes (THERON, 2002). Sendo assim, o aumento da insaturação dos ácidos graxos da carne de frango com a adição de óleos ricos em PUFA pode alterar as características de carcaça e da carne, tais como susceptibilidade da carne à oxidação (NEWMAN et al., 2002).

Desta forma, a fim de elevar as insaturações na carne de aves sem, contudo, comprometer a vida de prateleira desse produto, faz-se necessária a utilização de antioxidantes que inibam as reações de oxidação lipídica que possam depreciar a carne.

As indústrias avícolas têm especial interesse por antioxidantes naturais que possam substituir os sintéticos a fim de satisfazer os consumidores que buscam produtos isentos de resíduos prejudiciais à saúde humana (GIANNENAS et al., 2010).

Esta pesquisa teve por objetivo observar os efeitos do uso da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* na criação de frangos de corte sobre composição centesimal, oxidação lipídica e características sensoriais da carne.

2. Material e Método

O experimento foi conduzido no galpão experimental do Setor de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária da UNESP, Campus de Araçatuba. Foram utilizados 200 pintos machos de um dia de idade da linhagem Cobb 500. As aves foram pesadas e alocadas aleatoriamente em 20 boxes telados (1,5 x 1,5 x 3,0 m), sobre cama de maravalha, dotados de comedouros e bebedouros de altura regulável. As rações basais correspondentes às fases inicial e de crescimento foram fornecidas à vontade. A água foi fornecida à vontade durante todo o período de criação. O aquecimento foi feito de forma intermitente com lâmpadas incandescente de 250 W durante os 15 primeiros dias de criação.

Ao final da fase de crescimento, as aves foram pesadas para, então, receber os 4 diferentes tratamentos durante a fase de acabamento (g de biomassa/ kg de ração) (36 a 45 dias): T1 (controle) – 0 g/kg; T2 – 1 g/kg; T3 – 2 g/kg e T4 - 3 g/kg. As diferentes concentrações de biomassa dos tratamentos foram primeiramente dissolvidas em óleo vegetal para depois serem incorporadas à ração basal de acabamento com o auxílio de um misturador de ração horizontal, com capacidade para 250 kg. As aves foram divididas em 20 parcelas experimentais (4 tratamentos e 5 repetições), resultando em 10 aves por parcela.

No último dia de criação, 80 animais (4 aves de cada parcela experimental), foram amostrados ao acaso, identificadas nos pés com anilhas plásticas e, após 8 h de jejum alimentar, foram abatidos segundo as normas sanitárias legais brasileiras, depenados automaticamente, eviscerados manualmente, resfriados em *chiller* por uma hora e drenados por aproximadamente 10 minutos. Amostras de peito e coxa foram trituradas, congeladas e liofilizadas para a determinação da composição centesimal. Foram realizadas as determinações de proteínas totais, lipídeos totais e cinzas. A metodologia empregada está descrita em Latimer e Horwitz (2006).

A rancidez foi determinada pelo valor das substâncias reativas ao ácido

tiobarbitúrico (TBARS) utilizando-se a metodologia de extração descrita por Overland et al. (2011) com algumas modificações. Dez gramas de carne crua triturada foram homogeneizadas com 30 ml de solução aquosa de ácido tricloroacético 7,5% em aparelho Stomacher durante 120 s. O conteúdo homogeneizado foi então filtrado em papel de filtro e 5 ml do filtrado foram transferidos para tubos de ensaio com tampa onde se adicionaram 5 ml de solução aquosa de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,02 M. A mistura foi levada ao banho maria a 90°C durante 30 min e imediatamente resfriada em água fria. A absorbância do conteúdo foi medida a 532 nm em espectrofotômetro Hitachi U-1900, utilizando como branco 5 ml água destilada com 5 ml de TBA. Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído por kg de carne e calculados por meio da curva padrão de 1,1,3,3 – tetraetoxipropano. As amostras de peito e coxas foram subdivididas e embaladas em filme plástico. Uma parte das amostras foi utilizada imediatamente para as análises no tempo t0 (antes do congelamento) e o restante foi submetido ao congelamento a -22°C por 30, 60 e 120 dias. O valor do TBARS das amostras armazenadas sob congelamento foi determinado após o descongelamento em estufa DBO a 5°C por 24 h.

Amostras do peito das aves foram utilizadas para a análise sensorial. As amostras foram adicionadas de 2% de sal (NaCl), envoltas em papel alumínio e assadas em forno a 180°C até a temperatura interna atingir 72°C. A aceitação do produto foi medida por um teste afetivo de preferência pareada, contando com 55 provadores não treinados, alunos de graduação da Faculdade de Medicina Veterinária da UNESP de Araçatuba, consumidores habituais de carne de frango. As amostras foram codificadas com três algarismos e apresentadas aos provadores duas a duas (T1 x T2, T1 x T3, T1 x T4), concomitantemente, solicitando-se a expressão da preferência com base no sabor. Os provadores foram incentivados a intercalar a degustação de cada grupo com água.

Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias. Os resultados foram submetidos à ANOVA,

teste de Duncan para a comparação múltipla de médias e análise de superfície. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS 9.2 (2008). O nível de significância adotado foi de 5% (ZAR, 1999). Para a análise estatística do teste de preferência pareada utilizou-se a Tabela de Significância para o Teste Bicaudal (ROESSLER et al., 1978).

3. Resultado e Discussão

Os valores de umidade, proteínas totais, lipídeos totais e cinzas não diferiram significativamente ($p > 0,05$) na carne da coxa e do peito. Os valores médios desses parâmetros para cada tratamento podem ser visualizados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Composição centesimal da carne da coxa das aves alimentadas com diferentes concentrações de *R. gelatinosus*

Concentração de biomassa	carne da coxa ($X \pm S$) ¹			
	Umidade	Proteína	Lipídeos	Cinzas
0	71,0 $\pm$ 0,86	21,8 $\pm$ 1,17	6,2 $\pm$ 0,52	1,2 $\pm$ 0,10
1	73,2 $\pm$ 2,22	21,3 $\pm$ 1,64	6,3 $\pm$ 0,87	1,2 $\pm$ 0,10
2	70,9 $\pm$ 2,42	22,1 $\pm$ 0,83	6,5 $\pm$ 0,50	1,2 $\pm$ 0,11
3	70,8 $\pm$ 1,57	22,6 $\pm$ 1,45	6,6 $\pm$ 0,52	1,3 $\pm$ 0,08

1 - Média $\pm$ desvio padrão

Tabela 2 – Composição centesimal da carne do peito das aves alimentadas com diferentes concentrações de *R. gelatinosus*

Concentração de biomassa	carne do peito ($X \pm S$) ¹			
	Umidade	Proteína	Lipídeos	Cinzas
0	72,0 $\pm$ 1,01	19,4 $\pm$ 0,61	3,3 $\pm$ 0,52	1,4 $\pm$ 0,08
1	72,4 $\pm$ 1,40	19,6 $\pm$ 1,56	3,5 $\pm$ 0,33	1,5 $\pm$ 0,11
2	71,0 $\pm$ 3,20	20,2 $\pm$ 2,09	3,8 $\pm$ 0,54	1,4 $\pm$ 0,21
3	71,6 $\pm$ 1,27	19,4 $\pm$ 1,26	3,8 $\pm$ 0,17	1,4 $\pm$ 0,16

1 - Média $\pm$ desvio padrão

A composição centesimal foi determinada com a finalidade de observar se as diferentes concentrações de biomassa poderiam causar alterações na

constituição dos compostos do produto. Apesar da diferença numérica encontrada nas concentrações de lipídeos e proteínas para os grupos tratados em relação ao grupo controle, tanto para peito quanto para coxa, estes resultados não se traduzem em significância estatística. Os valores médios encontrados são semelhantes aos apresentados na literatura (AGUIAR, 2006; ROSA et al., 2006; TORRES et al., 2000).

Observa-se, pela Tabela 3, que os valores de TBARS não foram influenciados significativamente pelas doses de biomassa utilizadas, mas sim pelo tempo de armazenamento. O efeito da interação dose x dia, também, não foi significativo, o que indica que a diferença encontrada decorre apenas de um deles. Os valores crescentes de TBARS ao longo do tempo se devem às reações bioquímicas naturais de oxidação lipídica que comumente ocorrem em

Tabela 3 – Análise de variância dos valores de TBARS em mg de malonaldeído por kg de carne de frango para carne da coxa e carne do peito aos dias 0, 30, 60 e 120

Fontes de variação	Quadrados médios	
	Coxa	Peito
Dose	0,47 ns	1,48 ns
Erro a	3,64	2,73
Dia	941,85 *	288,10 *
(Dose ×Dia)	1,84 ns	1,44 ns
Erro b	2,72	1,04
CV a (%)	0,55	0,65
CV b (%)	47,84	39,89
Dose (g/kg)	mg/kg	mg/kg
0	3,31 A	2,35 A
1	3,40 A	2,52 A
2	3,68 A	2,80 A
3	3,40 A	2,59 A
Dias		
0	0,62 C	0,56 D
30	1,11 C	1,37 C
60	3,64 B	3,26 B
120	8,24 A	4,87 A

^{ns} Não-significativo. * significativos a 0,001 de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

ABC-Letras iguais, para o mesmo parâmetro e na coluna, não diferem significativamente pelo Teste de Duncan a 5%.

carnes armazenadas sob congelamento. Portanto, segundo os resultados obtidos nesta pesquisa, observa-se que a biomassa de *R. gelatinosus* não exerce efeito anti ou pro-oxidante sobre a oxidação lipídica.

Sabe-se que os pigmentos carotenoides são muito instáveis, principalmente quando aquecidos, extraídos em óleos ou solventes orgânicos (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004). Para ser adicionada à ração, a biomassa foi homogeneizada no óleo, a fim de facilitar a incorporação e reduzir perdas, e de melhorar a absorção do pigmento no trato intestinal. Esta manobra, porém, pode ter contribuído para a instabilidade das xantofilas da biomassa, tornando nulo seu efeito na prevenção da oxidação da carne. Além disso, o tempo de armazenamento pelo qual a biomassa foi submetida antes de sua utilização, também pode ter prejudicado uma possível atividade antioxidante, já que os carotenoides são suscetíveis a processos de degradação oxidativa rápida (LATSCHA, 1990; NYS, 2000).

A análise de superfície representada na Figura 1 permite visualizar o efeito dos dias de armazenamento com a crescente elevação dos valores de malonaldeído. Para a carne da coxa (a) nota-se que a elevação de malonaldeído ocorre em um escala exponencial, enquanto que a elevação para a carne do peito (b) é bem menos acentuada. A representação demonstra o

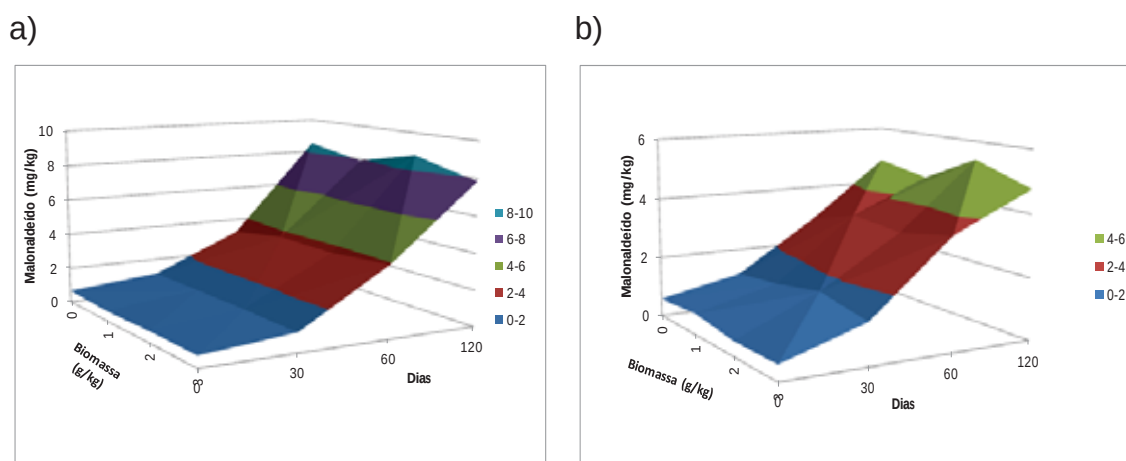


FIGURA 1 – Análise de superfície dos valores de TBARS em mg de malonaldeído por kg de carne de frango para carne da coxa (a) e carne do peito (b) aos dias 0, 30, 60 e 120

comportamento da oxidação 120 após o abate. A acentuada elevação dos valores de malonaldeído quando se comparam ambos os cortes, pode ser explicada pela maior quantidade de lipídeos presentes na carne da coxa em relação ao peito.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados encontrados para a análise sensorial realizada na carne do peito.

Tabela 4 – Preferência entre os grupos controle e tratados com diferentes níveis de biomassa segundo o número de respostas

T1	x	T2	T1	x	T3	T1	x	T4
33		22	34		21	30		25
T1 – 0 g/kg; T2 – 1 g/kg; T3 – 2 g/kg; T4 – 3 g/kg (g de biomassa/kg de ração)								

Tabela 5 – Número mínimo de respostas (X) para estabelecer diferença significativa, em vários níveis (alfa) de significância, pelo método de Comparação Pareada – preferência (teste bilateral, $p = \frac{1}{2}$)

Número (N) de julgamentos	α						
	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001
30	21	22	22	22	23	24	25
35	24	25	25	25	26	27	28
40	27	27	28	28	29	30	31
45	30	30	31	31	32	33	34
50	33	33	34	34	35	36	37
55	35	36	36	37	38	38	40
60	39	39	39	40	41	42	44

Os valores de X apresentados na tabela podem ser obtidos de $X = (Z(\sqrt{N}) + N + 1)/2$.

Fonte: ROESSLER et al., 1978.

Comparando os valores da Tabela 4 com os dados da Tabela 5, pode-se afirmar que não houve diferença significativa entre o grupo controle e os grupos tratados com diferentes níveis de biomassa, já que, em um total de 55 respostas, seria necessário que 35 delas fossem as mesmas para acusar diferença significativa em nível de 5% de significância.

Portanto, por meio do teste de preferência aplicado pode-se afirmar que a adição de biomassa de *R. gelatinosus* até a concentração de 3 g/kg não alterou o sabor da carne do peito.

4. Conclusão

Diante destes resultados, pode-se concluir que a adição da biomassa de *R. gelatinosus* na ração de frangos de corte até a concentração de 3 g/kg não alterou a composição centesimal da carne das aves, não interferiu na oxidação lipídica até os 120 dias de armazenamento sob congelamento e também não afetou o sabor da carne do peito. Contudo, ainda há a necessidade de mais estudos, já que o longo período entre a produção e a utilização da biomassa, além da provável instabilidade gerada nas xantofilas, podem ter relação direta com os resultados observados.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. S. **Opinião do consumidor e qualidade da carne de frangos criados em diferentes sistemas de produção**. 2006. 71 f. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2006.

BHOSALE, P.; BERNSTEIN, P.S. Microbial xanthophylls. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 68, n. 4, p. 445 – 455, 2005.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2. ed. Porta Alegre: Artmed, 1996. 11p.

EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G. The carotenoids as antioxidants: a review. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 41, p. 189 – 200, 1997.

GIANNENAS, I.; PAPPAS, I. S.; MAVRIDIS, S.; KONTOPIDIS, G.; SKOUFOS, J.; KYRIAZAKIS, I. Performance and antioxidant status of broiler chickens supplemented with dried mushrooms (*Agaricus bisporus*) in their diet. **Poultry Science**, v. 89, p. 303 – 311, 2010.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**. v. 43, p. S111 - S123, 1996.

LATIMER JUNIOR, G. W.; HORWITZ, W. (Eds.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 18. ed., Gaithersburg: AOAC International, 2006.

LATSCHA, T. **Carotenoids**: their nature and significance in animal feeds. Switzerland: Roche Animal Nutrition and Health, 1990. p. 110.

LIMA, F. E. L.; MENEZES, T. N.; TAVARES, M. P.; SZARFARC, S.C.; FISBERG, R.M. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 73 – 80, 2000.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 8p.

MELENDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides em los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 54, n. 2, p. 209 – 215, 2004.

MORRISSEY, P. A.; BUCKLEY, D. J.; SHEEHY, P. J. A.; MONAHAN, F. J. Vitamin E and meat quality. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 53, p. 289 - 295, 1994.

NEWMAN, R. E.; BRYDEN, W. L.; FLECK, E.; ASHES, J. R.; BUTTEMER, W. A.; STORLIEN, L. H.; DOWNING, J. A. Dietary n-3 e n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. **British Journal of Nutrition**. v. 88, n. 1, p. 11-18, 2002.

NYS, Y. Dietary carotenoids and egg yolk coloration: a review. **Archives Geflügel**, v. 64, p. 45 – 54, 2000.

OVERLAND, M.; BERGE, G. I.; VOGT, G.; SCHOYEN, H. F.; SKREDE, A. Oxidative stability and sensory quality of meat from broiler chickens fed a bacterial meal produced on natural gas. **Poultry Science**, v. 90, p. 201 – 210 , 2011.

PEARSON, A. M.; LOVE, J. D.; SHORLAND, F. B. Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. **Advances in Food Research**, v. 23, p. 1 – 74, 1977.

POLONIO, L. B.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F.; GARCIA NETO, M. Utilisation of bacterial (*Rubrivivax gelatinosus*) biomass for egg yolk pigmentation. **Animal Production Science**, v. 50, p. 1 – 5, 2010.

PONSANO, E. H. G.; LACAVA, P. M.; PINTO, M. F. Chemical composition of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass produced in poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 2, p. 143 – 147, 2003.

PONSANO, E.H.G.; PINTO, M. F.; GARCIA NETO, M.; LACAVA, P. M. Evaluation of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass for broiler pigmentation. **Journal of Applied Poultry Research**, v.11, n.1, p.77-82, 2002.

PONSANO E. H. G.; PINTO, M. F.; GARCIA-NETO, M.; LACAVA, P. M. Performance and color of broilers fed diets containing *Rhodocyclus gelatinosus* biomass. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 4, p. 237 – 242, 2004a.

PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F.; GARCIA NETO, M.; LACAVA, P. M. *Rhodocyclus gelatinosus* biomass for egg yolk pigmentation. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, p. 421 – 425, 2004b.

PORTER, N. A.; CALDWELL, S. E.; MILLS, K. A. Mechanism of free radical oxidation of unsaturated lipids. **Lipids**, v. 30, p. 277 – 290, 1995.

ROESSLER, E. B.; PANGBORN, R. M.; SIDEL, J. L.; STONE, H. Expanded statistical tables for estimating significance in paired—preference, paired—difference, duo—trio and triangle tests. **Journal of Food Science**, n. 43, p. 940 – 943, 1978.

ROSA, F. C.; BRESSAN, M. C.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; VIEIRA, J. O.; FARIA, P. B.; SAVIAN, T. V. Efeitos de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 707 – 714, 2006.

SAS Institute Inc. **The SAS System**, release 9.2. SAS Institute Inc., Cary:NC, 2008.

THERON, K. Research at Stellenbosch university benefit whole poultry industry. **Science in Africa**, Abr. de 2002. Disponível em:

<<http://www.scienceinafrica.co.za/2002/april/poultry.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

TORRES, A. P. C. **Biomassa bacteriana como aditivo de ração de aves e peixes**. 2010. 53 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária de Araçatuba. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2010.

TORRES, E. A. F. S.; CAMPOS, N. C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M. L.; PHILIPPI, S. T.; RODRIGUES, R. S. M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, 2000.

WOODALL, A. A.; LEE, S. W.; WEESIE, R. J.; JACKSON, M. J.; BRITTON, G. Oxidation of carotenoids by free radicals: relationship between structure and reactivity. **Biochimica et Biophysica Acta**, n. 1336, p. 33 – 42, 1997.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 663 p.

APÊNDICE

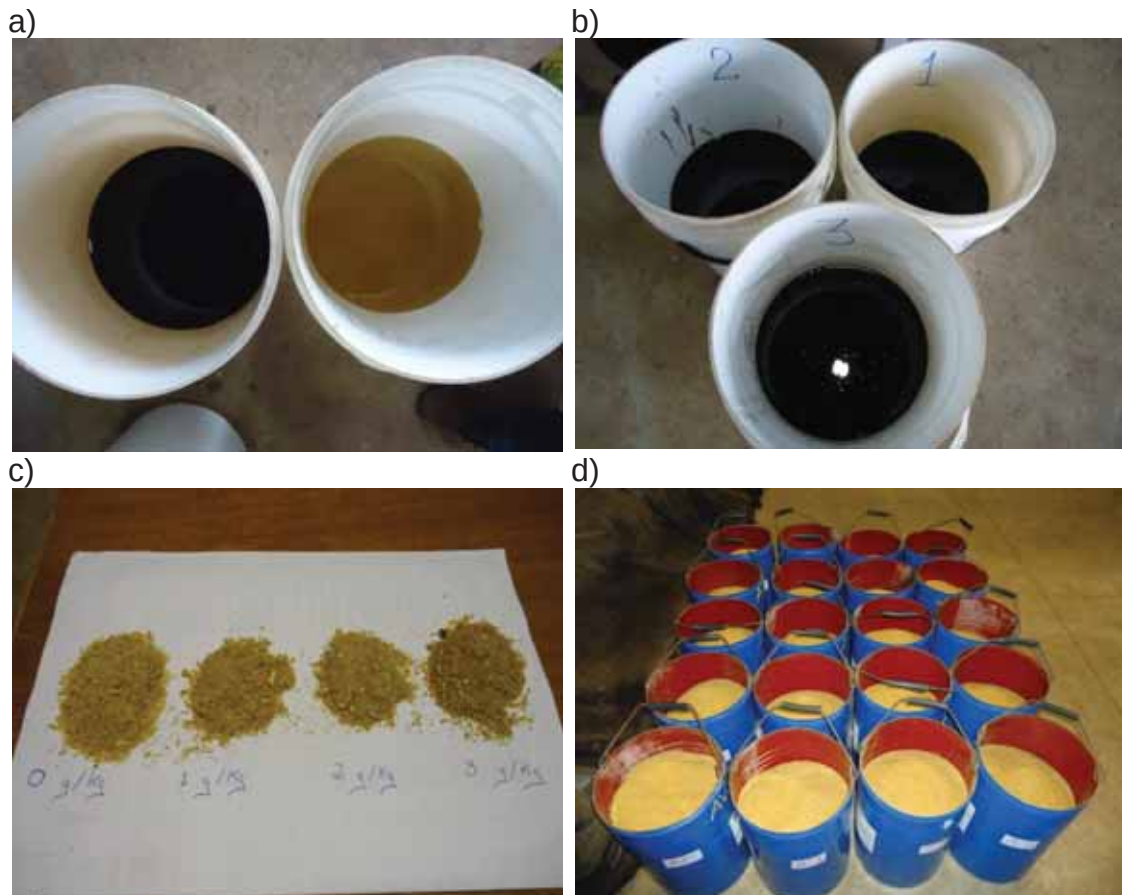


FIGURA 1 – Biomassa de *R. gelatinosus* dissolvida em óleo de soja e óleo sem biomassa (a); Biomassa de *R. gelatinosus* dissolvida em óleo de soja em diferentes concentrações (1 g/kg, 2 g/kg e 3 g/kg) (b); Rações produzidas com as diferentes concentrações da biomassa (c); Ração dividida segundo as concentrações de biomassa (d).

a)



b)



FIGURA 2 – Visão panorâmica do galpão de criação das aves (a); Imagem de um box que constitui uma das parcelas experimentais (b).



FIGURA 3 – Carcaças das aves logo após a evisceração e anterior ao resfriamento. Da esquerda para direita, pertencem respectivamente aos Grupos T1, T2, T3 e T4.