

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIADE ARAÇATUBA

QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIAS ALIMENTADAS
COM PIGMENTANTE DE ORIGEM BACTERIANA

Thiago Luís Magnani Grassi
Médico Veterinário

ARAÇATUBA – SP

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIADE ARAÇATUBA

**QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIAS ALIMENTADAS
COM PIGMENTANTE DE ORIGEM BACTERIANA**

Thiago Luís Magnani Grassi

Orientadora: Profa. Adjunto Elisa Helena Giglio Ponsano

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

ARAÇATUBA – SP

2014

DADOS CURRICULARES

THIAGO LUÍS MAGNANI GRASSI – nascido em 15 de maio de 1989, em Araçatuba – SP. cursou o ensino fundamental e médio em escolas públicas. Graduou-se em Medicina Veterinária pela Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), em 14 de dezembro de 2012. Durante a graduação, foi bolsista de iniciação científica em três projetos na área de Tecnologia de Alimentos de Origem Animal, financiados pela Fapesp e PIBIC. Foi bolsista de extensão em dois projetos, financiados pela Pró-Reitoria de Extensão da Unesp. Ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, na área de Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal, da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) em 04 de março de 2013. Durante o mestrado, foi bolsista da CAPES.

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá."

AYRTON SENNA DA SILVA

DEDICATÓRIA

“Aos meus avós, Aparecida Bodo Grassi (*in memoriam*) e Durvalino Grassi, que me ensinaram que não há nada mais importante na vida que o respeito, a integridade, o esforço e a persistência.

Aos meus pais, Sérgio Luís Grassi e Silvana Marta Magnani, aos quais devo tudo na vida.

À Nayara, minha namorada, por ser meu porto seguro e por me transmitir paz em todos os momentos.”

AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, por ter estado todo o tempo comigo nesta caminhada e por ter me dado força, saúde e perseverança para que eu conseguisse conquistar meus objetivos.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária, em nome de todos os professores e funcionários que colaboraram para a minha formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o mestrado.

À Professora Elisa por me apresentar a pesquisa e por ser um exemplo para mim, como pessoa e como profissional.

À minha família pelo apoio e amor incondicional, em especial Thaís, Gabriel, Victor, Pietra e Edna.

Aos meus sogros, Selma e João, pelo apoio e incentivo.

Às pessoas que se dedicaram a este projeto, em especial Edson, Marcelo e Jefferson.

Ao Wellington e família por toda ajuda e pela amizade.

Aos amigos Geraldo, Luiz e Bianca, pela amizade insubstituível.

Aos meus amigos da Turma XIX, André Shirane, Aline, Iderlipes, Luiz Fernando, Izabella, Gabriela e João Lucas pela parceria que se fortaleceu ainda mais após a graduação.

Às amizades que resistem à distância, em especial Carol, Renata, Cássia, Diego, Michael, André Kielius, Fernanda e Patrícia.

Ao Erivelto pela amizade firmada no mestrado.

Aos funcionários da Unesp, em especial Carlos, Laércio e Tiago, pelo trabalho nas instalações do galpão de aquicultura.

Ao Alexandre pelos ensinamentos e amizade.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| LISTA DE TABELAS | |
| LISTA DE FIGURAS | |
| RESUMO | |
| SUMMARY | |
| CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 15 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 17 |
| 2.1 PANORAMA DA PRODUÇÃO AQUÍCOLA..... | 17 |
| 2.2 TILÁPIA-DO-NILO..... | 18 |
| 2.3 CARACTERÍSTICAS DO PESCADO..... | 20 |
| 2.4 PRODUÇÃO E USO DE CAROTENOIDES..... | 21 |
| 2.5 CAROTENOIDES NA RAÇÃO DE ANIMAIS..... | 23 |
| REFERÊNCIAS..... | 25 |
| | |
| CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTIFÍCO..... | 34 |
| RESUMO..... | 34 |
| ABSTRACT..... | 36 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 38 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 40 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 43 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 50 |
| REFERÊNCIAS..... | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabela 1 – Valores calculados da ração base para Tilápias-do-Nilo utilizada no experimento..... | 41 |
| Tabela 2 – Tratamentos do experimento com tilápias..... | 41 |
| Tabela 3 – Médias e desvios padrões dos índices zootécnicos das tilápias..... | 43 |
| Tabela 4 – Médias e desvios padrões dos resultados de pH e composição centesimal dos filés de tilápias..... | 44 |
| Tabela 5 – Médias e desvios padrões dos atributos da cor e das concentrações de carotenoides nos filés de tilápias..... | 46 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1 – Regressão quadrática do teor proteico (A) e da umidade dos filés (B) em função da concentração de biomassa bacteriana na ração..... | 45 |
| Figura 2 – Regressão quadrática do atributo a (intensidade de verde – vermelho) (A) e da concentração de carotenoides dos filés (B) em função da concentração de biomassa bacteriana na ração..... | 47 |
| Figura 3 – Regressão quadrática do atributo a (intensidade de verde – vermelho) em função da concentração de carotenoides dos filés..... | 49 |

QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIAS ALIMENTADAS COM PIGMENTANTE DE ORIGEM BACTERIANA

RESUMO – O tom avermelhado de alguns peixes age como um fator distintivo em relação ao pescado convencional de carne branca, agregando valor e propiciando o surgimento de um novo produto. Por esse motivo, o estudo de fontes pigmentantes para utilização em dietas de peixes de importância econômica é assunto de considerável interesse para a aquicultura e a indústria de alimentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de carotenoides adicionados à ração de tilápias sobre o desempenho zootécnico e as características de qualidade dos filés. Novecentas e sessenta tilápias (*Oreochromis niloticus*) pesando entre 10 – 30 g foram distribuídas em 24 tanques e, após um período de adaptação, receberam as rações experimentais durante 80 dias. Os tratamentos foram constituídos de um grupo controle, correspondente a uma dieta basal sem aditivos pigmentantes, um grupo contendo astaxantina e quatro grupos contendo diferentes concentrações da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* como aditivo pigmentante. As variáveis analisadas incluíram consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar aparente das tilápias e pH, composição centesimal, concentração de carotenoides e cor dos filés. Os índices zootécnicos não diferiram estatisticamente, indicando que o uso dos pigmentantes não causou prejuízo ao desempenho produtivo. Os teores de umidade dos grupos que receberam pigmentantes foram inferiores aos encontrados nos filés do grupo controle, sendo este resultado relevante para a estabilidade microbiológica. O teor proteico dos filés dos grupos suplementados com biomassa bacteriana foi superior ao do grupo controle e os valores de pH, cinzas e lipídeos não variaram entre os tratamentos. A luminosidade e a intensidade de amarelo dos filés não diferiram entre os grupos e todos os tratamentos contendo pigmentantes provocaram aumento na intensidade do vermelho e da

concentração de carotenoides quando comparados ao grupo controle. Pode-se concluir que o uso de pigmentantes na alimentação das tilápias não interferiu no desempenho zootécnico e provocou aumentos na intensidade de vermelho e no conteúdo de carotenoides dos filés. Além disso, o uso da biomassa de *R. gelatinosus* também promoveu aumento nos teores de proteínas dos filés.

Palavras-chave: Ciclídeos, carotenoides, aquicultura, antioxidante.

QUALITY OF TILAPIA FED BACTERIAL PIGMENT

SUMMARY – The reddish hue of some fish acts as a distinctive factor from traditional white flesh, adding value to the product and providing a new product to consumer market. Because of that, the investigation on pigmenting sources for the diets of fish with economic importance is a matter of great interest for aquaculture and food industry. The aim of this work was to evaluate the effects of different carotenoids sources in tilapia fish diets on animals' performance and fillets characteristics. Nine hundred sixty tilapias (*Oreochromis niloticus*) weighing 10 – 30 g were distributed in 24 tanks and, after an adaptation time, they received the experimental diets for 80 days. Treatments consisted of one control group receiving a basal diet with no pigment, one group receiving asthaxanthin and four groups receiving different concentrations of *Rubrivivax gelatinosus* biomass as the pigmenting ingredient. Variables analyzed included feed consumption, weight gain and feed conversion for the animals and pH, proximate composition, carotenoids content and color for the fillets. Productive parameters did not differ statistically, showing that the use of the pigments did not cause any damage to animals' performance. Moisture contents of the fillets from the groups that received pigments were lower than those in the fillets from control group, what represents an important factor for the product conservation. The protein contents of the fillets from diets supplemented with the bacterial biomass were higher than those in control group while pH, ash and lipids did not vary among treatments. Lightness and yellowness did not differ among the groups but redness and carotenoids contents were higher for the fillets from all groups that received the pigments than for the control group. So, it can be concluded that the use of the pigmenting ingredients did not alter productive parameters but increased redness and carotenoids contents in the fillets. Moreover, the use of *R. gelatinosus* biomass also increased protein contents in the fillets.

Keywords: Cichlids, carotenoids, aquaculture, antioxidants.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A cor é a primeira característica sensorial utilizada pelo consumidor para avaliar um produto no momento da compra (BAKER; GUNTHER, 2004; BREITHAUPT, 2007). Por esse motivo, a prática da utilização de aditivos pigmentantes na fase de produção animal é justificada para vários tipos de criação, tais como de frangos de corte (TOYOMIZU et al., 2001), galinhas poedeiras (POLONIO, 2007) e pescado (TAKAHASHI et al., 2008).

De acordo com Takahashi et al. (2008), o tom avermelhado de alguns peixes é um fator distintivo que eleva o produto a um patamar à parte do pescado convencional de carne branca, agregando valor e propiciando o surgimento de novos produtos. Ponce-Palafox et al. (2004) sugerem que o filé de tilápia pigmentado pode representar uma nova opção para o mercado consumidor de pescado, visando satisfazer as pessoas que não se atraem pelo filé totalmente branco.

Os carotenoides são compostos que apresentam grande interesse para o setor alimentício. Além do papel de corantes naturais ou artificiais de alimentos, a alguns carotenoides podem ser atribuídas propriedades antioxidantes, importantes para diminuir a deterioração do produto causada pela oxidação lipídica (BHOSALE, 2004; BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; FRANCHINI; PADOA, 1996; STAHL; SIES, 2003). A preocupação dos consumidores com o uso de aditivos químicos e as restrições legais impostas em alguns países desenvolvidos quanto ao uso de pigmentantes sintéticos têm levado a um crescente interesse pela via biotecnológica de produção de carotenoides. Por isso, muitas algas, leveduras e outros microrganismos estão sendo estudados e recomendados para utilização como suplemento pigmentante (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; BOSMA et al., 2003; CHOCIAI et

al., 2002; FONTANA et al., 2000; PONSANO et al., 2003; PRASERTSAN et al., 1997).

Rubrivivax gelatinosus é uma bactéria fotossintetizante que possui a habilidade de crescer em efluente de pescado, reduzindo a carga poluente e produzindo biomassa contendo proteínas e pigmentos carotenoides (LIMA et al., 2011; PONSANO et al., 2002, 2003, 2004). Conforme atestam alguns estudos já realizados com a biomassa da bactéria, o produto pode encontrar aplicação como ingrediente pigmentante e nutricional na criação de frangos de corte e de galinhas poedeiras (PONSANO et al., 2002, 2012).

Na aquicultura, os carotenoides são incluídos na dieta de salmonídeos, crustáceos e outros peixes de viveiro para simular a cor adquirida por estes organismos em seu meio natural (HERRERA, 2006). Para os ciclídeos, família em que se inclui a tilápia, o uso de pigmentantes na ração pode incrementar a cor dos produtos e, assim, despertar o interesse do consumidor que relaciona uma cor mais intensa com salubridade, frescor, sabor e valor nutricional.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Panorama da produção aquícola

Em nível mundial, o crescimento da atividade aquícola cresce em ritmo mais acentuado do que qualquer outro setor de produção animal e, ainda, maior do que o aumento da população mundial (FAO, 2014a). Essa constatação vem ao encontro da demanda pela produção de alimentos para a população que, em 2050 deverá atingir 9,6 bilhões de habitantes, de acordo com previsão da ONU (2013). Por isso, a pesca e a aquicultura desempenham um papel essencial para a segurança alimentar sustentável do planeta, além de gerar empregos que vão desde os pequenos pescadores até trabalhadores de grandes fábricas de processamento de produtos pesqueiros, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento (FAO, 2014b).

Entende-se por aquicultura o cultivo de organismos aquáticos, incluindo peixes, moluscos, crustáceos e algumas plantas. A atividade de cultivo implica na intervenção do homem no processo de criação para aumentar a produção, a reprodução, a alimentação e a proteção contra predadores (FAO, 2014b).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2014a), a produção mundial total de peixes, moluscos, crustáceos e outros animais aquáticos atingiu a marca de 158 milhões de toneladas em 2012, sendo que 86% deste total foi utilizado para o consumo humano direto. Desse montante, 49% provêm da aquicultura, atividade que vem apresentando uma taxa de crescimento médio anual de 6,1% desde 2002 (FAO, 2014a).

Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA (BRASIL, 2013a), em 2011, a produção aquícola nacional foi de 628,7 mil toneladas, representando um incremento de 31,1% em relação à produção de 2010. Também nesse ano, segundo o MPA, a piscicultura continental representou

86,6% da produção total da aquicultura nacional. No ranking mundial de produtores por aquicultura, em 2012, o Brasil foi o 12º colocado, ficando atrás da China, Índia, Vietnã, Indonésia, Bangladesh, Noruega, Tailândia, Chile, Egito, Myanmar e Filipinas (FAO, 2014a). Para Ostensky et al. (2008), o crescimento da aquicultura verificado no Brasil nos últimos 20 anos deve-se às características naturais do país relacionadas à abundância de recursos hídricos - 5,5 milhões de hectares de grandes reservatórios naturais e artificiais -, ao clima favorável e à disponibilidade de grãos para o processamento de rações balanceadas.

As estimativas de 2012 feitas pela FAO (2014a) indicaram um aumento do consumo mundial de pescado para 19,2 kg per capita/ano. A tendência atual pela procura de alimentos mais saudáveis para consumo, em que o pescado se destaca como uma excelente opção, explica esse crescimento. No Brasil, o aumento foi de 23,7% em dois anos, chegando a 12 kg per capita/ano em 2011 (BRASIL, 2013b). No último levantamento de 2011, a tilápia figurou como a espécie mais cultivada no Brasil, representando 46,6% da produção brasileira de pescado nessa modalidade (BRASIL, 2013b).

2.2 Tilápia-do-Nilo

Tilápia é o nome mais utilizado para se referir a três espécies de peixes da família *Cichlidae*: *Oreochromis*, *Sarotherodon* e *Tilapia* (WATANABE et al., 2002).

Segundo Figueiredo Júnior e Valente Júnior (2008), o cultivo de tilápias em cativeiro remonta à Idade Antiga. Há registros históricos de cultivo desses peixes em tanques para posterior consumo pelos egípcios dois mil anos antes de Cristo. Atualmente, as tilápias estão catalogados em 135 países produtores,

sendo que a Tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) corresponde a cerca de 80% de toda a produção mundial da espécie (FAO, 2014b).

A Tilápia-do-Nilo é natural da África, de Israel e da Jordânia e, devido a seu potencial para a aquicultura, teve sua distribuição expandida nos últimos 50 anos. No Brasil, ela foi introduzida em 1971, proveniente da Costa do Marfim, sendo inserida inicialmente na região nordeste e, posteriormente, nos demais estados brasileiros (CASTAGNOLLI, 1992; WATANABE et al., 2002).

A tilápia vem se mostrando uma ótima alternativa para a piscicultura de água doce e, em termos mundiais, é o segundo peixe mais produzido, precedido somente pela produção de carpas (FAO, 2014a). A expansão do cultivo da tilápia deve-se ao ótimo desempenho, à alta rusticidade, à facilidade de obtenção de alevinos, à adaptabilidade aos mais diversos sistemas de criação, à grande aceitação no mercado de lazer (pesque-pague) e alimentício (frigoríficos), à qualidade nutritiva e organoléptica do seu filé e aos avanços tecnológicos na criação (LI et al., 2009; MEURER et al., 2003). Além dessas características, a tilápia apresenta, ainda, carne de sabor agradável, o que tem sido responsável pela grande aceitação comercial desse produto (HILSDORF, 1995; KUBITZA, 2000; POPMA; MASSER, 1999; WATANABE et al., 2002).

A formulação de dietas completas que atendam às exigências nutricionais dos peixes é de extrema importância em aquicultura. Nesse contexto, a Tilápia-do-Nilo apresenta baixo nível trófico (são onívoras), fato que as coloca em vantagem em relação às espécies carnívoras que necessitam grande quantidade de farinha de peixe nas rações. Além disso, aceitam rações com grande facilidade desde o período de pós-larva até a fase de terminação, e utilizam eficientemente os carboidratos da dieta, que apresentam menor custo (ANDERSON et al., 1984; BOSCOLO et al., 2002; DEGANI; REVACH, 1991; FITZSIMMONS, 2000; MEURER et al., 1999, 2002; SHIAU, 1997; VIOLA; ARIELI, 1983).

2.3 Características do pescado

Os peixes e os produtos obtidos por meio da atividade da pesca e aquicultura destacam-se, nutricionalmente, de outros alimentos de origem animal (SARTORI; AMANCIO, 2012). Por apresentar um valor nutricional diferenciado, o pescado pode ser considerado como fonte de nutrientes indispensáveis, como alimento envolvido na redução do risco de doenças crônicas e como nutriente básico para a concepção de alimento funcional (SCHAAFSMA, 2008).

O valor nutricional do pescado e a divulgação de estudos que o associam com melhorias para a saúde têm causado, nos últimos anos, um aumento de interesse por esse alimento (BURGER, 2008). As proteínas do pescado apresentam elevado valor nutricional, com digestibilidade ao redor de 90%, coeficiente de eficiência proteica superior ao da caseína (2,9), e escore químico de aminoácidos de 100% para diferentes peixes de água doce (EL; KAVAS, 1996; MACHADO; SGARBIERI, 1991). A Tilápia-do-Nilo é rica em minerais tais como Na, K, Ca, Mg, P, vitaminas lipossolúveis do complexo B, ácidos graxos insaturados e pobre em colesterol (OGAWA; MAIA, 1999).

A cor intensa, a aparência saudável e fresca e demais componentes sensoriais de um alimento são elementos que estão presentes no subconsciente do consumidor e que determinam a escolha de um produto frente a tantas opções disponíveis no mercado (DILER; DILEK, 2002). No entanto, dentre as características sensoriais de um alimento, a cor é o primeiro parâmetro utilizado pelo consumidor para avaliar um produto no momento da compra (BAKER; GUNTHER, 2004; BREITHAUPT, 2007). Por esse motivo, a prática da utilização de aditivos pigmentantes na fase de produção animal é justificada para vários tipos de criação, tais como de frangos de corte (TOYOMIZU et al., 2001), galinhas poedeiras (POLONIO, 2007) e pescado (TAKAHASHI et al., 2008).

De acordo com Takahashi et al. (2008), a cor avermelhada de alguns peixes é um fator distintivo que eleva o produto a um patamar à parte do pescado convencional de carne branca, agregando valor e propiciando o surgimento de novos produtos. Ponce-Palafox et al. (2004) sugerem que o filé de tilápia pigmentado pode representar uma nova opção para o mercado consumidor de pescado, visando satisfazer as pessoas que não se atraem pelo filé totalmente branco. Nesse contexto, justifica-se a investigação sobre a possibilidade de promover a intensificação da pigmentação dos filés de tilápia adicionando-se carotenoides à ração.

2.4 Produção e uso de carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis que fazem parte de uma família com mais de 600 variantes estruturais reportadas e caracterizadas (FRENGOVA; BESHKOVA, 2009). São basicamente divididos em duas subclasses, em função da presença ou ausência de oxigênio na sua estrutura química – se pelo menos um átomo de oxigênio está presente na molécula, são chamados de xantofilas, caso contrário eles são denominados carotenos (BREITHAUPT, 2007).

Os carotenoides apresentam grande interesse para o setor alimentício. Podem ser obtidos por via química ou biológica, a partir da extração de plantas ou de alguns microrganismos tais como fungos, algas e bactérias. Devido à tendência atual para o uso de produtos naturais, a via biológica de produção de carotenoides de interesse comercial vem alcançando progressiva aceitação, o que é confirmada pela duplicação do porte do mercado de carotenoides de origem natural a cada quinquênio, quando comparada à contraparte oriunda de síntese química (FONTANA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2009).

A produção de carotenoides por vias naturais é estimada em 100 milhões de toneladas por ano e, em 2009, ultrapassou a barreira de um bilhão de dólares (OLIVEIRA et al., 2009). No entanto, o fato de que os vegetais estão sujeitos a flutuações na composição devido à região de cultivo e às condições pós-colheita, restringe a produção a partir da extração de plantas (SILVA, 2004). Além disso, a preocupação dos consumidores com o uso de aditivos químicos e as restrições legais impostas em alguns países desenvolvidos quanto ao uso de pigmentantes sintéticos vêm conduzindo a um crescente interesse pela via biotecnológica de produção de carotenoides. Por isso, muitas algas, leveduras e outros microrganismos estão sendo estudados e recomendados para utilização como suplemento pigmentante (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; BOSMA et al., 2003; CHOCIAI et al., 2002; FONTANA et al., 2000; PONSANO et al., 2003; PRASERTSAN et al., 1997).

O pigmento sintético mais utilizado comercialmente para promover a coloração da carne de peixes é a astaxantina (TAKAHASHI et al., 2008). No entanto, esse aditivo apresenta elevado custo, o que é repassado para o produto final quando se deseja pigmentá-lo. Segundo Cysewski e Lorenz (2004), a astaxantina natural é vendida por aproximadamente US\$ 2.500,00 o quilograma, sendo que 95% do consumo mundial da aquicultura são abastecidos com astaxantina sintética. Além disso, seu uso está sendo restringido em locais como Japão, Estados Unidos e União Europeia devido à possibilidade de causar toxicidade, o que justifica a busca de alternativas para a obtenção de pigmentos carotenoides naturais para essa finalidade (PONCE-PALAFIX et al., 2004).

Rubrivivax gelatinosus é uma bactéria fotossintetizante que possui a habilidade de crescer em efluente de pescado, reduzindo a carga poluente e produzindo biomassa contendo proteínas e pigmentos carotenoides (LIMA et al., 2011; PONSANO et al., 2002, 2003, 2004). Conforme atestam alguns estudos já realizados com a biomassa da bactéria, o produto pode encontrar

aplicação como ingrediente pigmentante e nutricional na criação de frangos de corte e de galinhas poedeiras (PONSANO et al., 2002, 2012).

Os pigmentos carotenoides produzidos por *R. gelatinosus* são classificados como oxicarotenoides, característica que permite que esses pigmentos, quando administrados em rações de aves, se depositem em locais específicos, resultando em carne e gema com coloração pronunciada e, assim, aumentando a atratividade do consumidor (BAKER; GÜNTHER, 2004; FRANCHINI; PADOA, 1996; PONSANO et al., 2002, 2003, 2004).

Além de seu papel como corantes naturais de alimentos, a alguns carotenoides podem ser atribuídas propriedades antioxidantes, importantes para diminuir a deterioração do produto causada pela oxidação lipídica (BHOSALE, 2004; BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; FRANCHINI; PADOA, 1996; STAHL; SIES, 2003). Para os humanos, os efeitos benéficos da ingestão de carotenoides vão desde a fonte de vitamina A, o desempenho na prevenção do câncer e das doenças coronarianas, aterosclerose e retardo do processo do envelhecimento até o aumento na resposta imune (BAKER; GÜNTHER, 2004; CHEW; PARK, 2009; JOHNSON; KRINSKY, 2009; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; ROCK, 2009; PARK et al., 2009; YEUM et al., 2009).

2.5 Carotenoides na ração de animais de produção

Como a pigmentação representa fator de importância econômica para produtores de aves e pescado devido à tradição dos costumes alimentares de cada região do planeta (BAKER; GÜNTHER, 2004; TEIXEIRA, 1997). É comum a prática de adição de pigmentante às rações animais com a finalidade de alcançar a coloração amarelada em canelas, pele, carne, gordura subcutânea e bicos de frangos de corte; alaranjada em gemas de ovos; rosada em filés de trutas e salmão, e vermelha em camarões e lagostas (BAKER; GÜNTHER, 2004; BREITHAUPT, 2007; HUDON, 1994; POLONIO, 2007).

Existem quatro grupos principais de pigmentos de importância econômica responsáveis pela coloração de mamíferos, aves, peixes e invertebrados, as porfirinas, as pteridinas, as melaninas e os carotenoides (HUDON, 1994). As porfirinas são responsáveis pela coloração da casca de ovo (KENNEDY; VEVERS, 1976; LANG; WELLS, 1987). As pteridinas são responsáveis pelas tonalidades amarela e vermelha em peixes, anfíbios e répteis (NIXON, 1985; ZIEGLER, 1965). A melanina é a responsável por todos os tons pretos, cinzas e marrons em vertebrados e invertebrados e, também, por vários tons vermelhos e amarelos. Os pigmentos carotenóides são obtidos pelos animais por meio de suas dietas e contribuem com a maioria dos tons vermelho, amarelo e laranja dos produtos alimentícios deles derivados, que são muito apreciadas não só na aquicultura, mas também na indústria avícola (TOYOMIZU et al., 2001).

No ambiente natural, os salmonídeos alcançam a coloração característica por meio da cadeia alimentar, consumindo algas e crustáceos que contêm astaxantina (MATTHEWS et al., 2006). Porém, em cativeiro, sem acesso a estes organismos, os salmonídeos necessitam ser alimentados com um pigmentante sintético (BAKER et al., 2002), a fim de alcançar na carne a coloração semelhante à de seus homólogos selvagens. Para os ciclídeos, o uso de pigmentantes na ração para incrementar a cor dos produtos pode despertar o interesse do consumidor que relaciona uma cor intensa com salubridade, frescor, sabor e valor nutricional.

Apesar de alguns autores afirmarem que as funções biológicas de carotenoides em peixes ainda são especulativas (CHOUBERT et al., 2005), outros consideram estes compostos como micronutrientes importantes que os peixes não são capazes de sintetizar e, portanto, devem ser incluídos na dieta (BAKER, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes e concentrações de carotenoides na ração de tilápias sobre o desempenho zootécnico e as características de qualidade dos filés.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.; JACKSON, A. J.; MATTY, A. J.; CAPPER, B. S. Effects of dietary carbohydrates and fibre on the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). **Aquaculture**, v. 13, n. 4, p. 303-314, 1984.

BAKER, R.; GÜNTHER, C. The role of carotenoids in consumer choice and the likely benefits from their inclusion into products for human consumption. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, n. 10, p. 484–488, 2004.

BAKER, R. T. M. Canthaxanthin in aquafeed applications: Is there any risk? **Trends in Food Science and Technology**, v. 12, n. 7, p. 240-243, 2001.

BAKER, R. T. M.; PFEIFFER, A. M.; SCHÖNER, F. J.; SMITH-LEMMON, L. Pigmenting efficacy of astaxanthin and canthaxanthin in fresh-water reared Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 99, n. 1/4, p. 97–106, 2002.

BHOSALE, P. Environmental and cultural stimulants in the production of carotenoids from microorganisms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 63, n. 4, p. 351-361, 2004.

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

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 13, n. 2, p. 545-551, 2002.

BOSMA, T. L.; DOLE, J. M.; MANESS, N. O. Optimizing marigold (*Tagetes erecta* L.) petal and pigment yield. **Crop Science**, v. 43, n. 6, p. 2118-2124, 2003.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. 2013a. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL.pdf>. Acesso em: 16 out. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Consumo de pescado no Brasil aumenta 23,7% em dois anos 2011**. 2013b. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/ultimas-noticias/832-consumo-de-pescado-no-brasil-aumenta-23-7-em-dois-anos>>. Acesso em: 16 out. 2014.

BREITHAUPT, D. E. Modern application of xanthophylls in animal feeding: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, n. 10, p. 501-506, 2007.

BURGER, J. Fishing, fish consumption and awareness about warnings in a university community in central New Jersey in 2007, and comparisons with 2004. **Environmental Research**, v. 108, n. 1, p. 107-116, 2008.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: Funep, 1992.

CHEW, B P.; PARK, J. S. The immune system. In: BRITTON, G; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: nutrition and health**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 363-382.

CHOCIAI, M. B.; MACHADO, I. M. P.; FONTANA, J. D.; CHOCIAI, J. G.; BUSATO, S. B.; BONFIM, T. M. B. Cultivo da levedura *Phaffia rhodozyma* (*Xanthophyllomyces dendrorhous*) em processo descontínuo alimentado para produção de astaxantina. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 38, n. 4, p. 457-462, 2002.

CHOUBERT, G.; CRAVEDI, J. P.; LAURENTIE, M. Pharmacokinetics and bioavailabilities of ¹⁴C-keto-carotenoids, astaxanthin and canthaxanthin, in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Research**, v. 36, n. 15, p. 1526-1534, 2005.

CYSEWSKI, G. R.; LORENZ, R. T. Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products – species of high potential: *Haematococcus*. In: RICHMOND, A. (Ed). **Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology**. Oxford: Blackwell Science, 2004. p. 281-288.

DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* X *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchel 1822). **Aquaculture Research**, v. 22, n. 4, p. 397-403, 1991.

DILER, I.; DILEK, K. Significance of pigmentation and use in aquaculture. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 2, p. 97-99, 2002.

EL, S. N.; KAVAS, A. Determination of protein quality of rainbow trout (*Salmo irideus*) by in vitro protein digestibility-corrected amino-acid score (PDCAAS). **Food Chemistry**, v. 55, n. 3, p. 221-223, 1996.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A.; VALENTE JÚNIOR, A. S. Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008. Rio Branco. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2014.

FITZSIMMONS, K. Tilapia: most important aquaculture species of the 21st century. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, S., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ISTA, 2000. p. 3-8.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L. F.; PASSOS, M. Carotenoides: corantes atraentes e ação biológica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, n. 13, p. 40-45, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Fishery and aquaculture statistics. Yearbook 2012**. Roma: FAO, 2014a. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/478cfa2b-90f0-4902-a836-94a5ddddd6730/i3740t.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The state of world fisheries and aquaculture 2014**. Roma: FAO, 2014b. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2014.

FRANCHINI, A.; PADOA, E. I pigmenti nell'alimentazione del pollo da carne. **Rivista di Avicoltura**, v. 65, p. 22-30, 1996.

FRENGOVA, G.; BESHKOVA, D. M. Carotenoids from *Rhodotorula* and *Phaffia*: yeasts of biotechnological importance. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 36, n. 2, p. 163-180, 2009.

HERRERA, C. T. K. **Influence of dietary carotenoids in growth, colour and carotenoids composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) skin**. 2006. 200 f. Tese (Doctorate in Aquaculture: Controlled Production of Aquatic Animals) - Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, 2006.

HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 22, n. 1, p. 199-205, 1995.

HUDON, J. Biotechnological applications of research on animal pigmentation. **Biotechnology Advances**, v. 12, n. 1, p. 49-69, 1994.

JOHNSON, E. J.; KRINSKY N. I. Carotenoids and coronary heart disease. In: BRITTON, G.; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: nutrition and health**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 287-300.

KENNEDY, G. Y.; VEVERS, H. G. A survey of avian eggshell pigments. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**, v. 55, n. 1, p. 117-123, 1976.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 2000.

LANG, M. R.; WELLS, J. W. A review of eggshell pigmentation. **World's Poultry Science Journal**, v. 43, n. 3, p. 238-246, 1987.

LI, J.; LI, B.S.; LI, W. Study on tilapia pickling technique. **Modern Food Science and Technology**, v. 25, n. 6, p. 646–649, 2009.

LIMA, L. K. F.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F. Cultivation of *Rubrivivax gelatinosus* in fish industry effluent for depollution and biomass production. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 27, n. 11, p. 2553-2558, 2011.

MACHADO, M. G. S.; SGARBIERI, V. C. Partial characterization and nutritive value of proteins from pacu (*Colossoma mitrei*, Berg, 1895). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 39, n. 10, p. 1715-1718, 1991.

MATTHEWS, S. J.; ROSS, N. W.; LALL, S. P.; GILL, T. A. Astaxanthin binding protein in Atlantic salmon. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**, v. 144, n. 2, p. 206–214, 2006.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da Tilápia do Nilo durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 262-267, 2003.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 566-573, 2002.

MEURER, F.; HAYASHI, F.; SOARES, C. M. Níveis de gordura na alimentação de machos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), revertidos sexualmente, na fase inicial. In: ACUICULTURA VENEZUELA, 1999, Puerto La Cruz, Venezuela. **Anais...** Puerto La Cruz: ASA, 1999. p. 348-357.

NIXON, J. C. Naturally occurring pterins. In: BLAKELY, R.; BENKOVIC, S. (Ed.). **Folates and pterins**. New York: John Wiley & Sons, 1985. 2: 1.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual da pesca, ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, 1999.

OLIVEIRA, R. Q.; GOÉS-NETO, A.; UETANABARO, A. P. T.; ROSA, C. A.; ASSIS, S. A. Potencial biotecnológico de leveduras carotenogênicas: uma breve revisão. **Sitientibus**, v. 9, n.1, p. 48-51, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU**. Nova York: Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU, 2013. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu>>. Acesso em: 16 out. 2014.

OSTENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, 2008.

PARK, K.; GROSS, M.; LEE, D. H.; HOLVOET, P.; HIMES, J. H.; SHIKANY, J. M.; JACOBS JUNIOR, D. R. Oxidative stress and insulin resistance. **Diabetes Care**, v. 32, n. 7, p. 1302-1307, 2009.

POLONIO, L. B. **Biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* como suplemento de rações para poedeiras**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.

PONCE-PALAFOX, J. T.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L.; VERNON-CARTER, E. J. Pigmentación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) con carotenoides de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en comparación con la astaxantina. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 3, n. 2, p. 219-225, 2004.

PONSANO, E. H. G.; AVANÇO, S. V.; GRASSI, T. L. M.; MINELLO, M. C. S.; SANTO, E. F. E.; PINTO, M. F.; GARCIA NETO, M. Microbial oxycarotenoids in broilers chicken rearing. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2012, Montreal – Canada. **Proceedings...** Montreal, CMSA, 2012. (DIETQUALP-105).

PONSANO, E. H. G.; LACAVA, P. M.; PINTO, M. F. Chemical composition of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass produced in poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archiver 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. *Rhodocyclus gelatinosus* biomass for egg yolk pigmentation. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, n. 3, p. 421-425, 2004.

POPMA, T.; MASSER, M. **Tilapia**: life history and biology. Auburn: Auburn University/Southern Regional Aquaculture Center, 1999.

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

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

ROCK, C. L. Carotenoids and cancer. In: BRITTON, G.; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids**: nutrition and health. Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 269-286.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.

SCHAAFSMA, G. Introduction to part III: health benefits of seafood. In: BORRESEN, T. (Ed.) **Improving seafood products for the consumer**. Boca Raton, FL: Woodhead, 2008. p. 113-115.

SHIAU, S. Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 151, n. 1/4, p. 79-96, 1997.

SILVA, M. C. **Alterações na biossíntese de carotenoides em leveduras induzidas por agentes químicos**. 2004. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimento) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

STAHL, W.; SIES, H. Antioxidant activity of carotenoids. **Molecular Aspect of Medicine**, v. 24, n. 6, p. 345-351, 2003.

TAKAHASHI, N.S.; TSUKAMOTO, R.Y.; TABATA, Y.A.; RIGOLINO, M.G. Truta salmonada: processo produtivo em constant aprimoramento no Brasil. **Panorama da Aquicultura**, v. 18, n. 105, p. 28-33, 2008.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais**. 4. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.

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

VIOLA, S.; ARIELI, Y. Evaluation of different grains as ingredients in complete feeds for carp and tilapia in intensive culture. **Israel Journal Aquaculture**, v. 35, p. 38-43, 1983.

WATANABE, W. O.; LOSORDO, T. M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v. 10, n. 3/4, p. 465–498, 2002.

YEUM, K. J.; ALDINI, G.; RUSSELL, R. M.; KRINSKY, N. I. Antioxidant/ pro-oxidant actions of carotenoids. In: BRITTON, G.; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: nutrition and health**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 235-268.

ZIEGLER, I. Pterine als wirkstoffe und pigmente. **Ergebnisse der Physiologie, biologischen Chemie und experimentellen Pharmakologie**, v. 56, n. 1, p. 1-66, 1965.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO: QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIAS ALIMENTADAS COM PIGMENTANTE DE ORIGEM BACTERIANA

QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIAS ALIMENTADAS COM PIGMENTANTE DE ORIGEM BACTERIANA

Thiago Luís Magnani Grassi, Edson Francisco do Espírito Santo, Marcelo Tacconi de Siqueira Marcos, Jefferson Felipe Cavazzana, Iderlipes Luiz Carvalho Bossolani, Dayse Lícia Oliveira, Elisa Helena Giglio Ponsano

Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Unesp. Clóvis Pestana 793, Araçatuba, SP, 16050-680, Brasil.

RESUMO – O tom avermelhado de alguns peixes age como um fator distintivo em relação ao pescado convencional de carne branca, agregando valor e propiciando o surgimento de um novo produto. Por esse motivo, o estudo de fontes pigmentantes para utilização em dietas de peixes de importância econômica é assunto de considerável interesse para a aquicultura e a indústria de alimentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de carotenoides adicionados à ração de tilápias sobre o desempenho zootécnico e as características de qualidade dos filés. Novecentas e sessenta tilápias (*Oreochromis niloticus*) pesando entre 10 – 30 g foram distribuídas em 24 tanques e, após um período de adaptação, receberam as rações experimentais durante 80 dias. Os tratamentos foram constituídos de um grupo controle, correspondente a uma dieta basal sem aditivos pigmentantes, um grupo contendo astaxantina e quatro grupos contendo diferentes concentrações da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* como aditivo

pigmentante. As variáveis analisadas incluíram consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar aparente das tilápias e pH, composição centesimal, concentração de carotenoides e cor dos filés. Os índices zootécnicos não diferiram estatisticamente, indicando que o uso dos pigmentantes não causou prejuízo ao desempenho produtivo. Os teores de umidade dos grupos que receberam pigmentantes foram inferiores aos encontrados nos filés do grupo controle, sendo este resultado relevante para a estabilidade microbiológica. O teor proteico dos filés dos grupos suplementados com biomassa bacteriana foi superior ao do grupo controle e os valores de pH, cinzas e lipídeos não variaram entre os tratamentos. A luminosidade e a intensidade de amarelo não diferiram entre os grupos e todos os tratamentos contendo pigmentantes provocaram aumento na intensidade do vermelho e da concentração de carotenoides quando comparados ao grupo controle. Pode-se concluir que o uso de pigmentantes na alimentação das tilápias não interferiu no desempenho zootécnico e provocou aumentos na intensidade de vermelho e no conteúdo de carotenoides dos filés. Além disso, o uso da biomassa de *R. gelatinosus* também promoveu aumento nos teores de proteínas dos filés.

Palavras-chave: Ciclídeos, carotenoides, aquicultura, antioxidantes.

QUALITY OF TILAPIA FED BACTERIAL PIGMENT

ABSTRACT – The reddish hue of some fish acts as a distinctive factor from traditional white flesh, adding value to the product and providing a new product to consumer market. Because of that, the investigation on pigmenting sources for the diets of fish with economic importance is a matter of great interest for aquaculture and food industry. The aim of this work was to evaluate the effects of different carotenoids sources in tilapia fish diets on animals' performance and fillets characteristics. Nine hundred sixty tilapias (*Oreochromis niloticus*) weighing 10 – 30 g were distributed in 24 tanks and, after an adaptation time, they received the experimental diets for 80 days. Treatments consisted of one control group receiving a basal diet with no pigment, one group receiving asthaxanthin and four groups receiving different concentrations of *Rubrivivax gelatinosus* biomass as the pigmenting ingredient. Variables analyzed included feed consumption, weight gain and feed conversion for the animals and pH, proximate composition, carotenoids content and color for the fillets. Productive parameters did not differ statistically, showing that the use of the pigments did not cause any damage to animals' performance. Moisture contents of the fillets from the groups that received pigments were lower than those in the fillets of control group, what represents an important factor for the product conservation. The protein contents of the fillets from diets supplemented with the bacterial biomass were higher than those in control group while pH, ash and lipids did not vary among treatments. Lightness and yellowness did not differ among the groups but redness and carotenoids contents were higher for the fillets from all groups that received the pigments than for the control group. So, it can be concluded that the use of the pigmenting ingredients did not alter productive parameters but increased redness and carotenoids contents in the fillets. Moreover, the use of *R. gelatinosus* biomass also increased protein contents in the fillets.

Keywords: Cichlids, carotenoids, aquaculture, antioxidants.

1 Introdução

O valor nutricional do pescado e a divulgação de estudos que o associam com melhorias para a saúde têm causado, nos últimos anos, um aumento de interesse por esse alimento (BURGER, 2008). Com a ampliação da demanda, os métodos de cultivo extensivos tradicionais estão sendo substituídos por sistemas de produção semi-intensivos e intensivos (WATANABE et al., 2002). Em todo o mundo, a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é o peixe mais difundido em aquicultura devido às características de alta taxa de crescimento, adaptabilidade em diversas condições de criação e elevada aceitação pelo consumidor (FAO, 2014; KUBITZA, 2000).

A cor, o valor nutricional, a aparência saudável e fresca e os demais componentes sensoriais de um alimento são elementos presentes no subconsciente do consumidor que determinam a escolha de um produto frente a tantas opções disponíveis no mercado atual (DILER; DILEK, 2002).

O tom avermelhado de alguns peixes é fator distintivo que eleva o produto a um patamar à parte do pescado convencional de carne branca, agregando valor e propiciando o surgimento de um novo produto (TAKAHASHI et al., 2008). Por esse motivo, a assimilação dietética de carotenoides por peixes de importância econômica, incluindo ciclídeos cultivados para o consumo e peixes ornamentais, é assunto de considerável interesse para a aquicultura (SEFC et al., 2014).

Os carotenoides são pigmentos que apresentam grande aplicação para o setor alimentício. São compostos lipossolúveis e fazem parte de uma família que possui mais de 600 variantes estruturais reportadas e caracterizadas (FRENGOVA; BESHKOVA, 2009). Além de seu papel como corantes em alimentos, a alguns carotenoides podem-se atribuir propriedades antioxidantes, importantes para diminuir a deterioração do produto causada pela oxidação lipídica (STAHL; SIES, 2003). Para os humanos, os efeitos benéficos da ingestão de carotenoides vão desde a fonte de vitamina A, o desempenho na

prevenção do câncer e das doenças coronarianas, até o aumento na resposta imune (BAKER; GÜNTHER, 2004; CHEW; PARK, 2009; JOHNSON; KRINSKY, 2009; PARK et al., 2009; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; ROCK, 2009; YEUM et al., 2009).

Atualmente, os carotenoides podem ser obtidos a partir de síntese química ou por procedimentos de extração de fontes naturais, tais como plantas, leveduras, fungos, algas e bactérias (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; CHOCIAI et al., 2002). A astaxantina sintética é amplamente utilizada em aquicultura, pois apresenta capacidade de deposição em pele, músculos, gônadas e ovos de peixes (MEYERS; CHEN, 1982). No entanto, o mercado de corantes naturais vem apresentando uma importância crescente devido à restrição a aditivos artificiais em alimentos (SQUINA; MERCADANTE, 2003). A preocupação com o uso de aditivos sintéticos e o fato de os extratos vegetais estarem sujeitos a flutuações na composição de carotenoides devido à região de cultivo e às condições pós-colheita levam a um crescente interesse por vias biotecnológicas para a produção de carotenoides (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; BREITHAUPT, 2007; OLIVEIRA et al., 2009; SILVA, 2004).

A produção natural de carotenoides vem alcançando progressiva aceitação, comprovada por uma duplicação do porte de mercado a cada quinquênio (BHOSALE; BERNSTEIN, 2005; BOSMA et al., 2003; CHOCIAI et al., 2002; FONTANA et al., 2000). Segundo Oliveira et al. (2009), a produção mundial desses compostos por via natural é estimada em 100 milhões de toneladas por ano, tendo ultrapassado a barreira de um bilhão de dólares em 2009. Nesse cenário, *Rubrivivax gelatinosus*, uma bactéria fototrófica com capacidade de crescer em efluentes industriais, reduzindo a carga poluente e produzindo biomassa rica em proteínas e em pigmentos carotenoides aparece como uma alternativa à utilização de corantes sintéticos (LIMA et al., 2011; PONSANO et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes e concentrações de carotenoides na ração de tilápias sobre o desempenho zootécnico e as características de qualidade dos filés.

2 Material e Métodos

2.1 Delineamento experimental, tratamentos e condições de criação

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 tanques (1000 litros), dentro dos quais foram divididos 960 peixes pesando entre 10 e 30 g (40 peixes por tanque).

A dieta base foi formulada de modo a atender às necessidades nutricionais recomendadas por Furuya et al. (2010) (Tabela 1). Os tratamentos foram constituídos de um grupo controle (T1), correspondente à dieta base sem aditivos pigmentantes, um grupo contendo o pigmentante comercial sintético Carophyll Pink (T2, astaxantina 10%, DSM) e de quatro grupos (T3, T4, T5 e T6) contendo diferentes concentrações da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus* (aproximadamente 3 mg/g de carotenoides e 60% de proteínas) como aditivo pigmentante (Tabela 2). Para o preparo dos tratamentos contendo pigmentantes, a biomassa bacteriana e o Carophyll Pink foram dissolvidos no óleo de soja e incorporados à ração base em misturador em Y.

A alimentação foi fornecida três vezes ao dia, *ad libitum*, por 80 dias. Durante o período do experimento, os resíduos depositados nos tanques foram removidos por sifonamento uma vez por semana e os parâmetros de qualidade da água (pH, oxigênio dissolvido, nitrato, concentração de amônia e cloro) foram monitorados duas vezes por semana. A temperatura foi mantida a 28 °C. Ao final do experimento, os peixes foram anestesiados em solução de benzocaína 0,1 g/L, abatidos por secção das brânquias e os filés foram retirados e reservados para as análises laboratoriais.

Tabela 1 – Valores calculados da ração base para Tilápias-do-Nilo utilizada no experimento

| Ingredientes | % |
|--|-------|
| Milho moído | 6,42 |
| Farinha de vísceras de aves | 8,00 |
| Farelo de soja | 45,00 |
| Farelo de trigo | 17,00 |
| Quirera de arroz | 7,60 |
| Farelo de arroz gordo | 5,00 |
| Farinha de carne | 6,00 |
| Aglutinante | 0,10 |
| Cloreto de Sódio | 0,30 |
| Fosfato bicálcico | 1,32 |
| Óleo de soja | 2,13 |
| Cloreto de Colina 70% | 0,20 |
| DL-Metionina | 0,22 |
| Antifúngico (Fylax) | 0,20 |
| Suplemento mineral e vitamínico ¹ | 0,50 |

¹Quantidades por quilograma do produto: Vit. A, 2.400.000 UI; Vit. D3, 600.000 UI; Vit. E, 30.000 mg; Vit. K3, 3.000 mg; Vit. B1, 4.000 mg; Vit. B2, 4.000 mg; Vit. B6, 3.500 mg; Vit. B12, 8.000 mg; Vit. C, 60.000 mg; Ác. Nicotínico, 20.000 mg; Pantotenato Ca, 10.000 mg; Biotina, 200 mg; Ác. Fólico, 1.200 mg; Cobre, 3.500 mg; Ferro, 20.000 mg; Manganês, 10.000 mg; Zinco, 24.000 mg; Cálcio, 160 mg; Sódio, 100 mg; Cobalto, 80 mg; Inositol, 25.000 mg; Cloreto de Colina, 100.000 mg.

Tabela 2 - Tratamentos do experimento com tilápias

| Tratamento | Dieta alimentar |
|------------|---|
| T1 | Dieta base (Controle) |
| T2 | Dieta base + Carophyll Pink (350 mg/kg) |
| T3 | Dieta base + biomassa de <i>R. gelatinosus</i> (175 mg/kg) |
| T4 | Dieta base + biomassa de <i>R. gelatinosus</i> (350 mg/kg) |
| T5 | Dieta base + biomassa de <i>R. gelatinosus</i> (700 mg/kg) |
| T6 | Dieta base + biomassa de <i>R. gelatinosus</i> (1400 mg/kg) |

2.2 Índices zootécnicos

O desempenho zootécnico dos peixes durante o período experimental foi avaliado pelas medidas do peso final (PF), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar aparente (CAA).

2.3 *Determinação potenciométrica do pH*

A determinação do pH foi realizada com a utilização de 10 g de amostras trituradas dos filés frescos diluídas em 100 mL de água deionizada (pHmetro Digimed DM 22).

2.4 *Determinação da composição centesimal*

As amostras dos filés frescos foram submetidas às determinações de umidade (secagem a 105 °C, até a obtenção de peso constante); proteínas totais (método de micro Kjeldahl), lipídeos totais (método de Folch) e cinzas (incineração a 550 °C). A metodologia empregada foi descrita por Horwitz e Latimer Jr. (2006) e Folch et al. (1957).

2.5 *Cor instrumental*

Para a determinação da cor, foi utilizado o espaço CIELab (L – luminosidade, *a* – intensidade de vermelho-verde, *b* – intensidade de amarelo-azul) com medições acima da linha média nos pontos cranial, médio e caudal da face medial do filé fresco (CHOUBERT et al., 1997). As medidas foram realizadas com o colorímetro MiniScan XE Plus (Hunterlab) calibrado com padrões preto e branco, utilizando iluminação D65 e 10° para o ângulo de observação. Três medidas consecutivas foram realizadas em cada ponto para obter uma média dos atributos de cor. Para a análise estatística, foi utilizada a média dos resultados obtidos nos três pontos de medição.

2.6 *Concentração de carotenoides*

Para essa análise, os filés foram congelados a -30 °C, liofilizados a -35 °C/vácuo por 48 horas e triturados até a obtenção de pó. Inicialmente, 1 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) e 0,1 g da amostra foram agitados em vortex durante 10 segundos e aquecidos a 40 °C em banho maria ultrassônico por 15 minutos. A extração dos carotenoides foi realizada repetidamente com acetona, até a amostra não apresentar cor. A separação de fases foi realizada com éter etílico e água deionizada e a hiperfase foi recuperada e evaporada com N₂. Para a

quantificação dos carotenoides, o extrato seco foi dissolvido em etanol e a absorbância foi lida em espectrofotômetro a 475 nm. O coeficiente de extinção de 2500 foi utilizado para os cálculos e os carotenoides foram expressos como carotenoides totais, em mg/kg.

2.7 Análise estatística

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey utilizando-se o software Action[®] versão 2.7 (ESTATCAMP, 2014). A análise de regressão polinomial foi realizada para as variáveis que apresentaram diferença significativa. O nível de significância adotado foi de 5% (ZAR, 1984).

3 Resultados e Discussão

O peso final, o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar aparente não diferiram estatisticamente (Tabela 3). A relevância desses resultados está em indicar que o uso da biomassa bacteriana como ingrediente pigmentante não afetou o desempenho dos animais e também não causou nenhum tipo de rejeição à ração.

Tabela 3 – Médias e desvios padrões dos índices zootécnicos das tilápias

| Tratamento | Índices zootécnicos | | | |
|---------------|---------------------|----------------|----------------|-------------|
| | PF (g) | GP (g) | CR (g) | CAA |
| T1 | 173,44 ± 30,34 | 152,50 ± 27,80 | 218,05 ± 15,60 | 1,45 ± 0,16 |
| T2 | 166,38 ± 17,90 | 142,71 ± 18,37 | 213,12 ± 15,47 | 1,50 ± 0,11 |
| T3 | 153,76 ± 18,43 | 134,31 ± 15,58 | 206,74 ± 14,42 | 1,55 ± 0,10 |
| T4 | 159,35 ± 20,46 | 133,82 ± 19,74 | 208,75 ± 19,00 | 1,57 ± 0,09 |
| T5 | 133,73 ± 14,34 | 113,92 ± 20,51 | 189,82 ± 17,53 | 1,69 ± 0,18 |
| T6 | 136,38 ± 21,03 | 118,29 ± 21,03 | 194,19 ± 11,50 | 1,67 ± 0,18 |
| P | 0,0904 | 0,1412 | 0,1345 | 0,2127 |
| CV (%) | 13,69 | 15,77 | 7,59 | 9,22 |

PF – peso final; GP – ganho de peso; CR – consumo de ração; CAA – conversão alimentar aparente.

Os índices zootécnicos encontrados na literatura para tilápias são altamente variáveis, visto que as condições de criação, a idade dos animais, os componentes das rações e o tempo de administração dos tratamentos influenciam os resultados. As condições de tratamento e os resultados encontrados neste experimento são semelhantes ao descrito por Hu et al. (2006), que relatam CAA de 1,36 a 1,75 para híbridos de tilápias alimentadas com diferentes concentrações de betacaroteno por 10 semanas.

Os valores de pH dos filés (Tabela 4) ficaram entre 6,19 e 6,36 e não diferiram entre os tratamentos. Segundo Pacheco-Aguilar et al. (2000), o pH depende de uma série de fatores como espécie, local de pesca, alimentação, condições de abate, temperatura de armazenamento e capacidade de tamponamento de carne. A variação de pH encontrada condiz com as faixas de pH descritas por Albuquerque et al. (2004), Moura et al. (2009), Chaijan (2011) e Foegeding et al. (1996).

Tabela 4 – Médias e desvios padrões dos resultados de pH e composição centesimal dos filés de tilápias

| Tratamento | pH | Composição centesimal (%) | | | |
|---------------------------|-------------|----------------------------|---------------------------|-------------|-------------|
| | | Proteína | Umidade | Lipídeos | Cinzas |
| 79,03 ± 0,60 ^a | 6,36 ± 0,08 | 18,02 ± 0,46 ^c | 79,03 ± 0,60 ^a | 1,16 ± 0,08 | 1,30 ± 0,09 |
| 77,86 ± 0,46 ^b | 6,27 ± 0,13 | 18,43 ± 0,82 ^{bc} | 77,86 ± 0,46 ^b | 1,25 ± 0,21 | 1,32 ± 0,08 |
| 77,78 ± 0,29 ^b | 6,31 ± 0,05 | 19,49 ± 0,43 ^{ab} | 77,78 ± 0,29 ^b | 1,20 ± 0,32 | 1,23 ± 0,10 |
| 77,26 ± 0,44 ^b | 6,32 ± 0,12 | 19,43 ± 0,42 ^{ab} | 77,26 ± 0,44 ^b | 1,22 ± 0,19 | 1,34 ± 0,08 |
| 77,23 ± 0,64 ^b | 6,24 ± 0,03 | 19,53 ± 0,58 ^{ab} | 77,23 ± 0,64 ^b | 1,38 ± 0,16 | 1,38 ± 0,05 |
| 77,41 ± 0,41 ^b | 6,19 ± 0,01 | 19,69 ± 0,53 ^a | 77,41 ± 0,41 ^b | 1,32 ± 0,16 | 1,32 ± 0,15 |
| P | 0,1047 | 0,0005 | 0,0017 | 0,6627 | 0,4641 |
| CV (%) | 1,31 | 0,63 | 2,92 | 15,90 | 7,51 |

^{a,b,c}Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença estatística na coluna (P < 0,05).

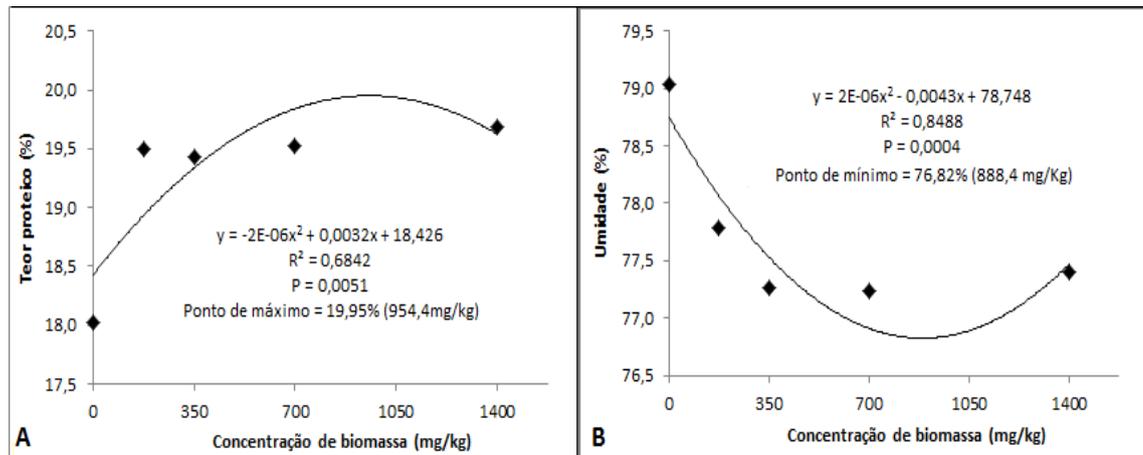


FIGURA 1 – Regressão quadrática do teor proteico (A) e da umidade dos filés (B) em função da concentração de biomassa bacteriana na ração.

O teor proteico dos filés das tilápias dos grupos suplementados com biomassa bacteriana foi superior ao do grupo controle negativo, indicando que a biomassa influenciou o acréscimo de proteínas na musculatura dos animais (Tabela 4). Os animais que receberam a mais alta concentração de biomassa na dieta (T6) apresentaram teor de proteína superior ao do grupo alimentado com o pigmentante sintético astaxantina. Takeuchi et al. (2002) também relataram aumento no teor proteico da musculatura de tilápias que receberam espirulina, um pigmento antioxidante obtido a partir do cultivo de *Spirulina platensis*. Segundo Emire e Gebremariam (2009), o teor de proteínas presentes na musculatura de pescados varia de 15 a 20%. Os valores obtidos condizem com os encontrados em Tilápias-do-Nilo por Emire e Gebremariam (2009), Justi et al. (2003), Puwastien et al. (1999) e Yanar et al. (2006). Os dados de regressão apresentados na Figura 1A permitem afirmar que o aumento da concentração de biomassa incrementou o teor proteico dos filés, atingindo o valor máximo de 19,95% na concentração de 954,4 mg/kg.

Os teores de umidade nos filés dos grupos que receberam pigmentantes foram inferiores aos encontrados nos filés do grupo controle negativo (Tabela 4). Esse resultado apresenta relevância na medida em que a diminuição da umidade é importante para a estabilidade microbiológica do produto, visto que

a água é essencial para o crescimento de bactérias e fungos que aceleram o processo de deterioração (DUAN et al., 2004). Os valores de umidade são semelhantes aos descritos em diferentes pesquisas com Tilápias-do-Nilo (EMIRE; GEBREMARIAM, 2009; JUSTI et al., 2003; PUWASTIEN et al., 1999; ROCHA et al., 2012; TAKEUCHI et al., 2002; YANAR et al., 2006). Segundo os dados da regressão quadrática apresentados na Figura 1B, 84,88% da variação total da umidade pode ser explicada pela concentração de biomassa na ração. Os dados da regressão também indicaram que a presença da biomassa na ração foi capaz de causar uma redução na umidade dos filés, atingindo o valor mínimo de 76,82% na concentração de 888,4 mg/kg. A diminuição da umidade pode ser explicada pelo aumento do teor proteico provocado pela biomassa bacteriana, visto que na composição centesimal um componente se torna menos representativo quando há acréscimo de outro.

Embora as concentrações de lipídeos e sais minerais na carne de peixe estejam relacionadas com a alimentação, neste estudo, elas não sofreram influência dos tratamentos administrados (Tabela 4), assim como relatado por outros pesquisadores que também utilizaram aditivos pigmentantes na criação de peixes (JUSTI et al., 2003; PUWASTIEN et al., 1999; YANAR et al., 2006).

Tabela 5 – Médias e desvios padrões dos atributos da cor e das concentrações de carotenoides nos filés de tilápias

| Tratamentos | Atributos da cor | | | Concentração de carotenoides (mg/kg) |
|---------------|------------------|--------------------------|--------------|--------------------------------------|
| | L | a | b | |
| T1 | 52,83 ± 0,95 | 1,32 ± 0,16 ^c | 10,83 ± 0,38 | 3,3 ± 0,41 ^b |
| T2 | 52,45 ± 1,14 | 2,41 ± 0,23 ^a | 11,19 ± 0,44 | 5,7 ± 0,16 ^a |
| T3 | 52,59 ± 1,82 | 1,88 ± 0,14 ^b | 10,98 ± 0,84 | 5,1 ± 0,12 ^a |
| T4 | 51,78 ± 1,69 | 2,26 ± 0,19 ^a | 10,73 ± 0,41 | 5,3 ± 0,22 ^a |
| T5 | 52,58 ± 0,52 | 2,59 ± 0,18 ^a | 11,76 ± 1,83 | 5,7 ± 0,90 ^a |
| T6 | 52,26 ± 2,43 | 2,55 ± 0,10 ^a | 12,05 ± 1,05 | 5,8 ± 0,54 ^a |
| P | 0,9514 | <0,0001 | 0,3447 | <0,0001 |
| CV (%) | 2,97 | 7,79 | 8,63 | 9,75 |

L – luminosidade; a – intensidade de verde-vermelho; b – intensidade de azul-amarelo.
^{a,b}Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença estatística na coluna (P < 0,05).

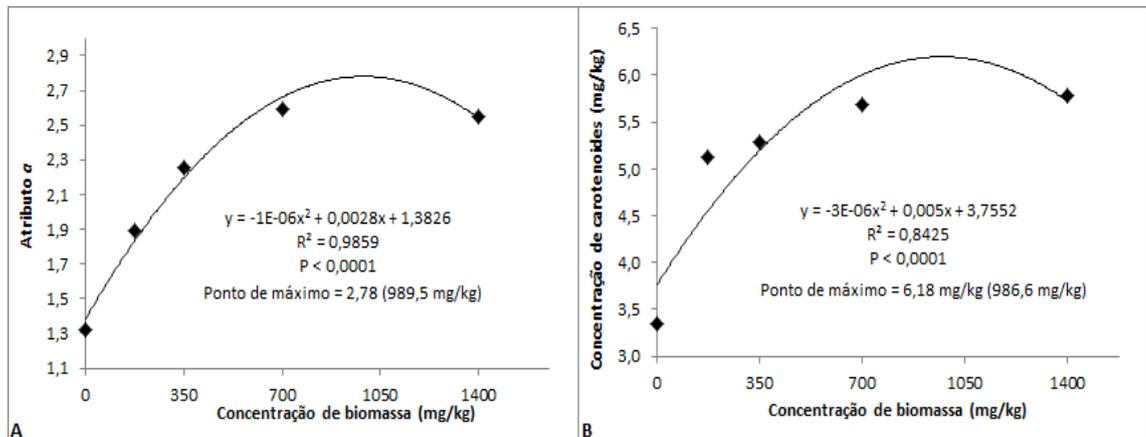


FIGURA 2 – Regressão quadrática do atributo a (intensidade de verde – vermelho) (A) e da concentração de carotenoides dos filés (B) em função da concentração de biomassa bacteriana na ração.

A luminosidade e a intensidade de amarelo não diferiram entre os tratamentos, enquanto que todos os tratamentos contendo carotenoides provocaram aumento na intensidade do tom vermelho quando comparados ao grupo controle negativo (Tabela 5). Esses resultados se mostraram dentro do esperado, visto que ambas as fontes de carotenoides utilizadas nas rações têm a característica de intensificar o tom vermelho (DE LA MORA et al., 2006; DILER; DILEK, 2002; PONSANO et al., 2011). De acordo com Diler e Dilek (2002), rações de peixes criados em cativeiro devem ser suplementadas com pigmento natural ou sintético para evitar que o produto seja rejeitado pelos consumidores, devido às cores claras e acinzentadas de sua carne.

Os resultados mostraram que concentrações iguais ou acima de 175 mg de biomassa/kg de ração são necessárias para que haja o aumento da intensidade do vermelho do filé de tilápias. Também se verificou que, para atingir a intensidade de vermelho semelhante à conferida pelo pigmento sintético, são necessárias doses iguais ou superiores a 350 mg de biomassa/kg de ração. De La Mora et al. (2006) e Yesilayer e Erdem (2011) também encontraram incremento da intensidade de vermelho na musculatura de peixes alimentados com astaxantina sintética.

A biomassa de *R. gelatinosus* foi previamente testada para melhorar a cor da carne de frangos de corte (PONSANO et al., 2012). Entretanto, essa foi a primeira vez em que o produto foi utilizado como corante para alimentação de peixes, o que faz com que os resultados aqui apresentados sejam inéditos e de possível aplicação prática. Segundo a regressão quadrática, os resultados do atributo *a* podem ser explicados em 98,59% pela concentração de biomassa na ração que, na quantidade de 989,5 mg/kg, resulta no ponto máximo de 2,78 (Figura 2A).

Todas as rações contendo suplementação de pigmentantes levaram ao aumento das concentrações de carotenoides nos filés. A partir dos dados gerados na regressão quadrática apresentada na Figura 2B, verifica-se que a variação da concentração de carotenoides nos filés pode ser explicada em 84,25% pela concentração de biomassa administrada na ração, sendo que o valor máximo de 6,18 mg/kg é atingido quando são adicionados 986,6 mg/kg de biomassa na alimentação das tilápias.

Entretanto, não foi observado um efeito estatisticamente significativo dos tipos e das quantidades dos pigmentantes utilizados nos tratamentos sobre as concentrações de carotenoides nos filés, o que significa que ambos os carotenoides testados (biomassa de *R. gelatinosus* e astaxantina sintética) têm a mesma capacidade para se depositar na musculatura dos peixes.

Esses resultados parecem bastante positivos, considerando-se a possibilidade de que o consumo frequente de peixes alimentados com carotenoides possa trazer efeitos benéficos para a saúde humana. Alguns outros autores também encontraram a deposição de carotenoides provenientes de dietas nos filés de pescado (CZECZUGA et al., 2013; DE LA MORA et al., 2006; YESILAYER; ERDEM, 2011).

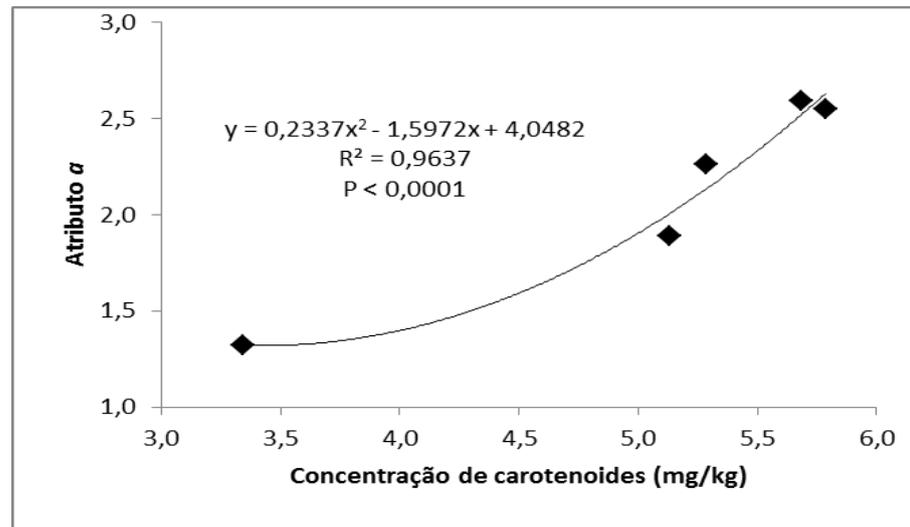


FIGURA 3 – Regressão quadrática do atributo a (intensidade de verde – vermelho) em função da concentração de carotenoides dos filés.

O aumento na intensidade de vermelho dos filés pode ser explicado em 96,37% pelo aumento da concentração de carotenoides nas dietas experimentais (Figura 3). Esse valor confirma o potencial pigmentante desses compostos que, quando depositados na musculatura das tilápias, intensificam o atributo a dos filés (Figura 3).

O uso da biomassa de *R. gelatinosus* na ração de tilápias mostrou-se viável para promover a pigmentação dos filés, o que pode representar uma opção para agregar valor ao produto e diversificar a oferta aos consumidores. Segundo Lovshin (2000), quando vendida inteira, a Tilápia vermelha tem valor agregado maior que a Tilápia-do-Nilo, pois a pele avermelhada dos animais é mais atrativa para o consumidor. No entanto, de acordo com o autor, essas duas variedades possuem o filé de mesma cor, ou seja, branco. Dessa forma, pode-se esperar que, se a pele pigmentada já representa um fator de atratividade, é provável que o filé pigmentado possa agir da mesma forma. Além disso, o maior teor de proteínas e de carotenoides derivados da administração da biomassa bacteriana só reforçam a característica de alimento saudável e nutritivo.

4 Conclusão

Pode-se concluir que o uso de pigmentantes na alimentação das tilápias não interferiu no desempenho zootécnico e provocou aumentos na intensidade de vermelho e no conteúdo de carotenoides dos filés. Além disso, o uso da biomassa de *R. gelatinosus* também causou aumento nos teores de proteínas dos filés.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, W. F.; ZAPATA, J. F. F.; ALMEIDA, R. S. Estado de frescor, textura e composição muscular da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatida com dióxido de carbono e armazenada em gelo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, p. 264-271, 2004.

BAKER, R.; GÜNTHER, C. The role of carotenoids in consumer choice and the likely benefits from their inclusion into products for human consumption. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, n. 10, p. 484–488, 2004.

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

BOSMA, T. L.; DOLE, J. M.; MANESS, N. O. Optimizing marigold (*Tagetes erecta* L.) petal and pigment yield. **Crop Science**, v. 43, n. 6, p. 2118-2124, 2003.

BREITHAUPT, D. E. Modern application of xanthophylls in animal feeding: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, n. 10, p. 501-506, 2007.

BURGER, J. Fishing, fish consumption and awareness about warnings in a university community in central New Jersey in 2007, and comparisons with 2004. **Environmental Research**, v. 108, n. 1, p. 107-116, 2008

CHAIJAN, M. Physicochemical changes of tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle during salting. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 1201–1210, 2011.

CHEW, B P.; PARK, J. S. The immune system. In: BRITTON, G; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: nutrition and health**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 363-382.

CHOCIAI, M. B.; MACHADO, I. M. P.; FONTANA, J. D.; CHOCIAI, J. G.; BUSATO, S. B.; BONFIM, T. M. B. Cultivo da levedura *Phaffia rhodozyma* (*Xanthophyllomyces dendrorhous*) em processo descontínuo alimentado para produção de astaxantina. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 38, n. 4, p. 457-462, 2002.

CHOUBERT, G.; BLANC, J. M.; VALLÉE, F. Colour measurement, using the CIELCH colour space, of muscle of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed astaxanthin: effects of family, ploidy, sex, and location of reading. **Aquaculture Research**, v. 28, n. 1, p. 15-22, 1997.

CZECZUGA, B.; SEMENIUK, J.; CZECZUGA-SEMENIUK, E.; SEMENIUK, A.; KLYSZEJKO, B. Amount and qualities of carotenoids in fillets of fish species fed natural feed in some fisheries of West African Coast. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 12, p. 1443-1448, 2013.

DE LA MORA, G. I.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L.; PONCE-PALAFIX, J. T.; BARRIGA-SOCA, I.; VERNON-CARTER, J. E. Comparison of red chilli (*Capsicum annuum*) oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet pigmentation. **Aquaculture**, v. 258, n. 1/4, p. 487–495, 2006.

DILER, I.; DILEK, K. Significance of pigmentation and use in aquaculture. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 2, p. 97-99, 2002.

DUAN, Z. H.; ZHANG, M.; TANG, J. Thin layer hot-air drying of bighead carp. **Fisheries Science**, v. 23, n. 3, p. 29–32, 2004.

EMIRE, S. A.; GEBREMARIAM, M. M. Influence of frozen period on the proximate composition and microbiological quality of Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 34, n. 4, p. 743–757, 2009.

ESTATCAMP. **Software Action[®] 2.7**. São Carlos: Estatcamp, 2014. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br>>. Acesso em: 3 out. 2014.

FOEGEDING, E. A.; LANIER, T. C.; HULTIN, H. O. Characteristics of edible muscle tissues. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 880–942.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L. F.; PASSOS, M. Carotenoides: corantes atraentes e ação biológica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, n. 13, p. 40-45, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The state of world fisheries and aquaculture 2014**. Roma: FAO, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2014.

FRENGOVA, G.; BESHKOVA, D. M. Carotenoids from *Rhodotorula* and *Phaffia*: yeasts of biotechnological importance. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 36, n. 2, p. 163-180, 2009.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para a**

nutrição de tilápias. 2010. Disponível em: <http://www.lisina.com.br/noticias_detalhes.aspx?id=412>. Acesso em: 23 mar. 2011.

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

HU, C. J.; CHEN, S. M.; PAN, C. H.; HUANG, C. H. Effects of dietary vitamin A or β -carotene concentrations on growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* \times *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 253, p. 602–607, 2006.

JOHNSON, E. J.; KRINSKY N. I. Carotenoids and coronary heart disease. In: BRITTON, G.; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: nutrition and health.** Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 287-300.

JUSTI, K. C.; HAYASHI, C.; VISENTAINER, J. V.; DE SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food chemistry**, v. 80, n. 4, p. 489–493, 2003.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial.** Jundiaí: Fernando Kubitza, 2000.

LIMA, L. K. F.; PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F. Cultivation of *Rubrivivax gelatinosus* in fish industry effluent for depollution and biomass production. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 27, n. 11, p. 2553-2558, 2011.

LOVSHIN, L.L. Criteria for selecting Nile tilapia and red tilapia for culture. In: TILAPIA AQUACULTURE IN THE 21ST CENTURY, 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Ministry of Agriculture, 2000. v. 1. p. 49-57.

MEYERS, S. P.; CHEN, H. M. Astaxanthin and its role in fish culture. In: WARMWATER FISH CULTURE, 1982, Louisiana. **Proceedings...** Louisiana: Louisiana State University, 1982. p. 153–165.

MOURA, M. A. M.; GALVÃO, J. A.; HENRIQUE, C. M.; SAVAY DA SILVA, L. K.; OETTERER, M. Caracterização físico-química e de frescor de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundas da pesca extrativista no médio rio Tietê/SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 487-495, 2009.

OLIVEIRA, R. Q.; GOÉS-NETO, A.; UETANABARO, A. P. T.; ROSA, C. A.; ASSIS, S. A. Potencial biotecnológico de leveduras carotenogênicas: uma breve revisão. **Sitientibus**, v. 9, n.1, p. 48-51, 2009.

PACHECO-AGUILAR, R.; LUGO-SANCHEZ, M. E.; ROBLES-BURGUENO, M. R. *Postmortem* biochemical characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, p. 40–47, 2000.

PARK, K.; GROSS, M.; LEE, D. H.; HOLVOET, P.; HIMES, J. H.; SHIKANY, J. M.; JACOBS JR., D. R. Oxidative stress and insulin resistance. **Diabetes Care**, v. 32, n. 7, p. 1302-1307, 2009.

PONSANO, E. H. G.; AVANÇO, S. V.; GRASSI, T. L. M.; MINELLO, M. C. S.; SANTO, E. F. E.; PINTO, M. F.; GARCIA NETO, M. Microbial oxycarotenoids in broilers chicken rearing. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2012, Montreal – Canada. **Proceedings...** Montreal, CMSA, 2012. (DIETQUALP-105).

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

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

PUWASTIEN, P.; JUDPRASONG, K.; KETTWAN, E.; VASANACHITT, K.; NAKNGAMANONG, Y.; BHATTACHARJEE, L. Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 12, n. 1, p. 9-16, 1999.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

ROCHA, D. N.; SIMÕES, L. N.; PAIVA, G.; GOMES, L. C. Sensory, morphometric and proximate analyses of Nile tilapia reared in ponds and net-cages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 7, p. 1795-1799, 2012.

ROCK, C. L. Carotenoids and cancer. In: BRITTON, G.; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: nutrition and health**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 269-286.

SEFC, K. M.; BROWN, A. C.; CLOTFELTER, E. D. Carotenoid-based coloration in cichlid fishes. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v. 173, p. 42–51, 2014.

SILVA, M. C. **Alterações na biossíntese de carotenoides em leveduras induzidas por agentes químicos**. 2004. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimento), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SQUINA, F. M.; MERCADANTE, A. Z. Análise, por CLAE, de carotenoides de cinco linhagens de *Rhodotorula*. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 39, n. 3, p. 309-318, 2003.

STAHL, W.; SIES, H. Antioxidant activity of carotenoids. **Molecular Aspect of Medicine**, v. 24, n. 6, p. 345-351, 2003.

TAKAHASHI, N. S.; TSUKAMOTO, R. Y.; TABATA, Y. A.; RIGOLINO, M. G. Truta salmonada: processo produtivo em constante aprimoramento no Brasil. **Panorama da Aquicultura**, v. 18, n. 105, p. 28-33, 2008.

TAKEUCHI, T.; LU, J.; YOSHIZAKI, G.; SATOH, S. Effect on the growth and body composition of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* fed raw *Spirulina*. **Fisheries Science**, v. 68, n. 1, p. 34-40, 2002.

WATANABE, W. O.; LOSORDO, T. M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v. 10, n. 3/4, p. 465–498, 2002.

YANAR, Y.; ÇELIC, M.; AKAMCA, E. Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 244–247, 2006.

YESILAYER, N.; ERDEM, M. Effects of oleoresin paprika (*capsicum annum*) and synthetic carotenoids (canthaxantin and astaxanthin) on pigmentation levels and growth in Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* W. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 14, p. 1875-1882, 2011.

YEUM, K. J.; ALDINI, G.; RUSSELL, R. M.; KRINSKY, N. I. Antioxidant/ pro-oxidant actions of carotenoids. In: BRITTON, G.; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: nutrition and health**. Basel: Birkhäuser Verlag, 2009. p. 235-268.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 2. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall International, 1984.