

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/08/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTUDO DO EFEITO ANTIOXIDANTE DA
SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM ASTAXANTINA NA
VIDA DE PRATELEIRA DE FILES DE TILÁPIAS DO NILO
(*Oreochromis niloticus*)**

Mayumi Fernanda Aracati
Médica Veterinária

**Fevereiro
2021**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTUDO DO EFEITO ANTIOXIDANTE DA
SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM ASTAXANTINA NA
VIDA DE PRATELEIRA DE FILES DE TILÁPIAS DO NILO
(*Oreochromis niloticus*)**

Mayumi Fernanda Aracati

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio de Andrade Belo

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária, Área: Medicina Veterinária Preventiva

**Fevereiro
2021**

A658e	Aracati, Mayumi Fernanda Estudo do efeito antioxidante da suplementação alimentar com astaxantina na vida de prateleira de files de tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) / Mayumi Fernanda Aracati. -- Jaboticabal, 2021 33 p. : tabs. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Marco Antonio de Andrade Belo 1. antioxidantes. 2. carotenóides. 3. ciclídeos. 4. tilápia-do-Nilo. 5. segurança alimentar. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

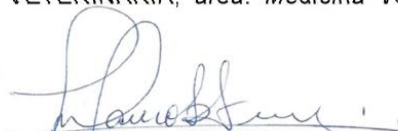
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTUDO DO EFEITO ANTIOXIDANTE DA SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM ASTAXANTINA NO TEMPO DE PRATELEIRA DE FILETS DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

AUTORA: MAYUMI FERNANDA ARACATI

ORIENTADOR: MARCO ANTONIO DE ANDRADE BELO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em MEDICINA VETERINÁRIA, área: Medicina Veterinária Preventiva pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCO ANTONIO DE ANDRADE BELO (Participação Virtual)
Universidade Brasil / Descalvado/SP



Prof. Dr. IVES CHARLIE DA SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Farmacologia / ICB/USP



Prof. Dr. GABRIEL AUGUSTO MARQUES ROSSI (Participação Virtual)
Universitário Central Paulista (UNICEP) / São Carlos/SP

Jaboticabal, 26 de fevereiro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Mayumi Fernanda Aracati - nascida em 03 de fevereiro de 1995, na cidade de Araraquara - SP. Formação em Medicina Veterinária pela Universidade Brasil em 2018. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, Brasil (Processo: 2017/03094-7) durante 1 ano e 6 meses. Foi Estagiária do Laboratório de Farmacologia e Toxicologia Animal (2016-2018), além de colaboradora no desenvolvimento de projetos do Grupo de pesquisas (GAP) na área de fisiopatologia do processo inflamatório em peixes teleósteos. Atualmente é Mestranda na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" campus Jaboticabal (FCAV) no Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e bolsista Capes (Processo: 88887.339210/2019-00).

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

Dedico este trabalho aos meus pais, Fernando Aracati e Valdinéia Aracati, pelo carinho e companheirismo durante toda esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos animais que cederam suas vidas para a realização deste estudo, contribuindo com desenvolvimento da ciência nesta área do conhecimento.

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Marco Antonio de Andrade Belo responsável pela orientação do meu projeto, agradeço pelos conselhos, pelos puxões de orelha, por esclarecer tantas dúvidas, pela confiança, ensinamento e incansável dedicação, agradeço também por me incentivar a trabalhar em minha evolução, sabemos que nada é por acaso.

Aos meus pais Fernando e Valdineia e meus irmãos Nando e Karoline minha maior fonte de inspiração e força, amores incondicionais da minha vida, por quem eu enfrento tudo. A minha cunhada Mariana agradeço pelo amor, apoio e incentivo nas horas difíceis. Ao meu querido primo Guilherme, por todos os conselhos e motivações tornando meus dias melhores e divertidos. A minha querida tia Maria Cristina e meus avós Belmiro e Ana por acreditar e torcer por minha formação profissional.

Gratidão imensa as minhas irmãs de alma Leticia e Susana, obrigada por todo apoio nessa longa caminhada, pela paciência, companheirismo nesses meses de muito trabalho, por aguentar minhas crises de estresse e ansiedade e principalmente pelos momentos maravilhosos, tornando meus dias mais alegres. A Steffany agradeço pela amizade construída que irá permanecer pelo resto da vida. Agradeço também a minha amiga de longa data Leticia Barros no qual compartilhei todos os momentos e mesmo distante fez grande parte desta trajetória e obrigada por compreender a minha ausência.

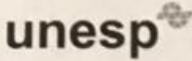
Sou grata à instituição (UNESP-FCAV) por ter me dado as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória. Aos meus amigos de laboratório, Gabriel, Camila, Herlem, Brenda e a todos que indiretamente ou diretamente me ajudaram nesta caminhada. A quem não mencionei, mas estive junto eu prometo reconhecer essa proximidade, ajuda e incentivo todos os dias da minha vida. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Sumário

CERTIFICADOS DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais.....	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Tilapicultura intensiva no Brasil	2
2.2. Astaxantina e os antioxidantes carotenoides	3
2.3. Vida de Prateleira.....	5
3. OBJETIVO.....	7
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPITULO 2 – Dietary supplementation with astaxanthin improves the microbiological and physicochemical quality of tilapia fillets storage under refrigeration	11
1. INTRODUCTION.....	12
2. MATERIAL AND METHODS	13
2.1. Animals.....	13
2.2. Experimental design	13
2.3. Experimental diets	14
2.4. Slaughter of fish and removal of fillets.....	14
2.5. Microbiological analysis.....	14
2.5.1. Preparation of dilutions.....	14

2.5.2. Counts of aerobic and facultative anaerobic mesophilic microorganisms	15
2.5.3. Counts of aerobic and anaerobic facultative psychrotrophic microorganisms .	15
2.5.4. Counts of total and thermotolerant coliforms	15
2.6. Physicochemical analysis	16
2.6.1. Determination of pH	16
2.6.2. Colorimetry	16
2.6.3. Lipid oxidation (TBARS)	16
2.7. Sensory analysis	17
2.8. Statistical analysis	17
3. RESULTS	18
3.1. Microbiological analysis	18
3.2. Physicochemical analysis	19
3.2.1. Colorimetry	21
3.3. Sensory analysis	23
4. DISCUSSION	25
5. BIBLIOGRAPHIC REFERENCE	30

CERTIFICADOS DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

		UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Jaboticabal	
---	---	--	---

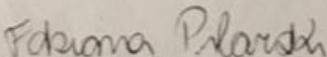
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"Avaliação da atividade moduladora da *Haematococcus pluvialis* durante reação inflamatória em Tilápias (*Oreochromis niloticus*), vacinadas e desafiadas com *Streptococcus agalactiae*"**, protocolo nº 08360/19, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marco Antônio de Andrade Belo, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 04 de julho de 2019.

Vigência do Projeto	10/07/2019 a 10/12/2020
Espécie / Linhagem	<i>Oreochromis niloticus</i> / Tilápia do Nilo
Nº de animais	133
Peso / Idade	100 g
Sexo	Macho
Origem	Caunesp

Jaboticabal, 04 de julho de 2019.


Prof.ª Dr.ª Fabiana Pilarski
 Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
 Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal/ SP - Brasil
 tel 16 3209 7100 www/fcav.unesp.br

**ESTUDO DO EFEITO ANTIOXIDANTE DA SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR COM
ASTAXANTINA NA VIDA DE PRATELEIRA DE FILES DE TILÁPIAS DO NILO
(*Oreochromis niloticus*)**

RESUMO - A astaxantina possui propriedades antioxidantes cerca de 500 vezes maiores que os α -tocoferóis e 10 vezes maiores que os β -carotenos, apresentando enorme potencial para uso na aquicultura, principalmente para melhorar a imunidade e a vida de prateleira. O presente estudo teve como objetivo avaliar a vida de prateleira de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) alimentados com astaxantina, por meio da determinação da qualidade microbiológica (colimetria, contagens de microrganismos aeróbios mesófilos e psicotróficos), análises físico-químicas (colorimetria, pH, produção de ácido tiobarbitúrico) e análises sensoriais. Para o estudo 105 tilápias do Nilo (peso inicial $54,67 \pm 0,68$ g e peso final $369,73 \pm 114,97$ g) da mesma desova foram criadas em 3 tanques ($n = 35$), com capacidade para 1000L de água cada, constituindo os seguintes tratamentos: controle (sem tratamento com astaxantina); tratado com 100 e 200 mg de astaxantina / kg de ração. Após sete meses de alimentação, os peixes foram abatidos e as amostras dos filés ($n = 7$, por período) armazenadas sob refrigeração (4°C) até o período de análise: 0, 7, 15, 30 e 50 dias pós-abate (DPS). Neste estudo, a suplementação de astaxantina em tilápia do Nilo foi mais eficaz na dose de 100mg / kg de ração, evidenciada por análises microbiológicas com redução na contagem de microrganismos (mesófilos e psicotróficos) e menor índice de oxidação lipídica (TBARs), quando comparados aos filés de peixes controle, inclusive apresentando melhores resultados quando comparados aos animais suplementados com 200 mg de astaxantina. Foram observadas alterações colorimétricas de degradação do filé, associadas ao aumento do pH durante o armazenamento, assim como perda de brilho e textura além de piora na aparência e no odor. Essas alterações de deterioração foram minimizadas pelo uso de astaxantina, especialmente na dose mais baixa (100mg / Kg de ração). Portanto, nossos resultados demonstraram que a suplementação dietética com astaxantina (100 e 200 mg / kg de ração) melhora a qualidade microbiológica e físico-química dos filés de tilápia durante 50 dias de vida de prateleira sob refrigeração.

Palavras-chave: antioxidantes, *Haematococcus pluvialis*, carotenoide, ciclídeos, *Oreochromis niloticus*, segurança alimentar.

STUDY OF THE ANTIOXIDANT EFFECT OF FOOD SUPPLEMENTATION WITH ASTAXANTHIN ON THE SHELF TIME OF NILE TILAPIUM FILLETS (*Oreochromis niloticus*)

ABSTRACT - Astaxanthin has antioxidant properties about 500 times greater than α -tocopherols and 10 times greater than β -carotenes, presenting enormous potential for use in aquaculture, mainly to improve fish immunity and shelf-life. The present study aimed to evaluate the shelf-life of tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*) fed with astaxanthin, by determining the microbiological quality (colimetry, microorganisms mesophilic and psychrotrophic counts), physicochemical analyzes (colorimetry, pH, production of thiobarbituric acid) and sensory analysis. For the study 105 Nile tilapia (initial weight $54,67 \pm 0,68\text{g}$ and final weight $369,73 \pm 114,97\text{g}$) from the same spawning were reared in 3 tanks ($n = 35$), with a capacity of 1000L of water each, constituting the following treatments: control (without treatment with astaxanthin); treated with 100 and 200 mg of astaxanthin/kg of feed. After seven months of feeding, fish were slaughtered and fillet samples ($n=7$, per period) were stored under refrigeration (4°C) until the analysis period: 0, 7, 15, 30 and 50 days post-slaughter (DPS). In this study, supplementation of astaxanthin in Nile tilapia was more effective at a dose of 100mg/kg of feed, evidenced by microbiological analyzes with reduction in the counts of microorganisms (mesophiles and psychrotrophics) and a lower lipid oxidation index (TBARs), when compared to fillets of control fish, even showing better results when compared to animals supplemented with 200 mg of astaxanthin. Colorimetric changes of fillet degradation were observed, associated with increased pH during storage, as well as loss of brightness and texture in addition to worsening in appearance and odor. These deteriorating changes were minimized by the use of astaxanthin, especially in the lowest dose (100mg/Kg of feed). Therefore, our results demonstrated that dietary supplementation with astaxanthin (100 and 200 mg/kg of feed) improves the microbiological and physicochemical quality of tilapia fillets during 50 days of shelf-life under refrigeration storage.

Keywords: antioxidants, *Haematococcus pluvialis*, carotenoid, cichlids, *Oreochromis niloticus*, food safety.

LISTA DE ABREVIATURAS

T100 – tratamento com 100mg de astaxantina/kg de ração.

T200 - tratamento com 200mg de astaxantina/kg de ração.

mg.kg⁻¹ – Miligramas por quilo grama.

µg.mL⁻¹ – Microgramas por mililitros.

g – Gramas.

L – Litros.

°C – graus Celsius

mL – Mililitros.

PBS – Phosphate buffered saline

TBARs – Substancia reativa ao ácido tiobarbitúrico.

pH – Potencial hidrogeniônico.

FAO – Food and Agriculture Organization.

DNA - Ácido desoxirribonucleico.

PGE2 – Prostaglandina E2.

TNF-alfa – Fator de necrose tumoral.

T – Tonelada.

UV – Ultravioleta.

TBA – Ácido 2-tiobarbiturico.

ATP – adenosina trifosfato

H⁺ - Hidrogênio

% - Porcentagem

Nº - número

NaCl – Cloreto de sódio

BOD – Biologyc Oxygen Demand

PCA – Plate Count Agar

UFC – Unidade formadora de colônia

LST – Lauril sulfato Triptose

EC – *Escherichia coli*

L* - luminosidade

a* - Intensidade de vermelho

b* - Intensidade de amarelo

$h^{\circ}ab$ – HUE

ΔE – delta E

β - beta

DPA – dias pós abate

RIISPOA - Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal

P – Período

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais

NRC - National Research Council

NMP - Número Mais Provável

CIELAB - Commission Internationale l'Eclairage

DP – Desvio padrão

CV - Coeficiente de Variação

NS - Não significativo

INOs- Óxido nítrico sintase induzível

LISTA DE TABELAS

Table 1. Mean values ¹ transformed into Log (x+5) ($\pm$ SD) and ANOVA ² of microbiological analyzes of tilapia fillets treated or not with astaxanthin.....	18
Table 2. Mean values ¹ ($\pm$ SD) and ANOVA ² of the physicochemical analyzes of TBAR's and pH of tilapia fillets treated or not with astaxanthin.....	19
Table 3. Correlation analysis between microorganism counts and pH or TBAR's values observed in the tilapia fillets treated or not with astaxanthin.....	20
Table 4. Correlation analysis between pH or TBAR's values and colorimetry in the fillet of tilapia treated or not with Astaxanthin.....	22

LISTA DE FIGURAS

- Figure 1.** Colorimetric evaluation. 1A-Lightness (L^*); 1B-Intensity of red-green (a^*); 1C-Intensity of Blue-yellow (b^*); 1D-Chroma saturation index (C^*); 1E-Hue pitch angle (H^0_{ab}); 1F-Total color difference Delta E (ΔE).....21
- Figure 2.** Sensory analysis of tilapia filletstreated or not with astaxanthin during shelf-life: (2A) Brightness; (2B) Texture; (2C) Appearance; (2D) Odor.....23

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório da FAO (2020), a produção global aquícola foi de 179 milhões de toneladas no ano de 2019, estimando-se um valor comercial em 401 bilhões de dólares. Na atividade econômica aquícola, a criação de peixes foi a que obteve maior destaque com 54,3 milhões de toneladas, sendo a tilápia a terceira espécie mais criada com 4,5 milhões de toneladas, por apresentar elevada precocidade e rusticidade, além da sua carne ser muito apreciada pelo consumidor.

Em aquiculturas super-intensivas, a maximização dos recursos produtivos e a intensa biomanipulação dos ecossistemas aquáticos resultam na perda da qualidade da água pelo elevado adensamento populacional e acúmulo de matéria orgânica, expondo os peixes ao estresse, condição fisiológica responsável por elevar os níveis circulantes de cortisol (Belo et al., 2012). Estudos demonstraram que o aumento deste glicocorticoide diminui a vida de prateleira da carne dos peixes por processos oxidativos (Poli et al., 2005). A suplementação de antioxidantes tornou-se essencial em algumas aquiculturas visto a sua capacidade de reduzir os efeitos causados pelo estresse e reparar o dano oxidativo, seja ele no DNA, nas proteínas ou nos lipídios e, de acordo com Smith et al. (2013), a suplementação de astaxantina na dieta de peixes melhora a coloração da carne e neutraliza as espécies reativas de oxigênio, sendo considerado como um antioxidante eficaz.

Devido ao alto teor de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), os produtos de peixes durante o armazenamento são suscetíveis à peroxidação, que podem modificar tanto características sensoriais quanto a qualidade nutricional da carne dos peixes (Maqsood et al., 2013); por esse motivo, pesquisas destacam a possibilidade de adicionar antioxidantes naturais ou artificiais para prolongar a vida de prateleira de prateleira e também minimizar alterações em características sensoriais do pescado durante o armazenamento (Messina, et al., 2019). A astaxantina é o pigmento primário responsável pela cor vermelha natural do salmão selvagem, lagosta, caranguejo e camarão, sendo utilizada na alimentação de peixes salmonídeos para padronizar a coloração da carne e aumentar o seu valor comercial (Dethlefsen et al., 2016).

Tendo em vista a importância sócio econômica da tilapicultura para o agronegócio brasileiro, associada à necessidade de desenvolvimento de estratégias para aumentar a vida de prateleira do pescado, este estudo teve por objetivo avaliar a vida de prateleira de filés de tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com astaxantina por meio da determinação da qualidade microbiológica (colimetria, determinação de microrganismos mesófilos e psicrótrópicos), análises físico-químicas (colorimetria, pH, produção de ácido tiobarbitúrico) e análise sensorial.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-KAHTANI, H. A., ABU-TARBOUSH, H. M., BAJABER, A. S., ATIA, M., ABOU-ARAB, A. A., & EL-MOJADDIDI, M. A. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of food science**, 61(4), 729-733. 1996.
- AMBATI, R. R., PHANG, S. M., RAVI, S., & ASWATHANARAYANA, R. G. Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities) and its commercial applications—a review. **Marine drugs**, 12(1), 128-152, 2014.
- BELO, M.A.A. et al. Vitamin C and endogenous cortisol in foreign-body inflammatory response in pacus. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v.47, p.1015-1021, 2012.
- BOLL, M.G., SATO, G., AMARAL JR., H.A. Resultados preliminares de método alternativo de manejo da Tilápia, *Oreochromis niloticus*, no período de inverno em regiões de clima subtropical. In: Encontro Riograndense de técnicos em aquicultura, 6, Encontro Brasileiro de Aquicultura, 3, Ibirubá. Anais... Porto Alegre:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Zootecnia, **Setor de Aquicultura**. p.88-93, 1995.

BRASIL (MAPA)- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA) - DECRETO Nº 10.468, DE 18 DE AGOSTO DE 2017.

BRASIL 1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura, Ministério da Pesca e Aquicultura, 1ed,136p, 2014.

CARDOZO, K. et al. Metabolites from algae with economical impact. Comparative Biochemistry and Physiology. Part C, **Pharmacology, Toxicology and Endocrinology**. 146, 2007.

CHEN, Y. et al. Screening and characterization of astaxanthin-hyperproducing mutants of *Haematococcus pluvialis*. **Biotech Letters** 25(7): 527-529, 2003.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Métodos químicos para análise de pescado**. In: KAI, M.; RUIVO, U. E. (Coord.). Controle de qualidade de pescado: seminário sobre controle de qualidade na indústria de pescado. Santos: Loyola, 303 p, 1988.

DETHLEFSEN, M.W. et al. Effect of storage on oxidative quality and stability of extruded astaxanthin-coated fish feed pellets. **Animal Feed Science and Technology**, 221, 157-166, 2016.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **A Situação Mundial da Pesca e Aquicultura 2020**. Em resumo. Sustentabilidade em ação. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9231en> Acessado: 08/11/2020.

FRANZ, C. et al. Essential oils and aromatic plants in animal feeding - a European perspective. A review. **Flavour Fragrance J**, 25 (5), pp. 327-340, 2010.

GIMÉNEZ, A.; et al. Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. **Food Research International, Montevideo**, v. 1, n. 49, p.311-325, jul. 2012.

GOIRIS, K. et al. Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content. **J. Appl. Phycol.** 24(6): 1477-1486, 2012.

GOMEZ, P.I. et al. Intraspecific variability among Chilean strains of the astaxanthin-producing microalga *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyta): an opportunity for its genetic improvement by simple selection. **J. Appl. Phycol.** 28(4): 2115-2122, 2016.

GOSWAMI G. et al. The present perspective of astaxanthin with reference to biosynthesis and pharmacological importance. **World J Microbiol Biotechnol.**, v. 26, n.11, p. 1925-1939, 2010.

- GRAM, L. & HUSS H.H. Microbiological spoilage of fish and fish products. **International Journal Food Microbiol**, 33 (1), pp. 121-13, 1996.
- HOOVER, D.G. Pressure effects on biological systems. **Food Technol.**, 47(6), pp. 150-155, 1993.
- HUSS, H.H. El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. In: FAO. Manual de Capacitación Preparado por el Programa de Capacitación FAO/DANIDA en **Tecnología Pesquera y Control de Calidad**. Roma: FAO, V. 29, 1988.
- KOBAYASHI, M. et al. Enhanced carotenoid biosynthesis by oxidative stress in acetate induced cyst cells of the green algae *Haematococcus pluvialis*. **Appl Environ Microbiol** 59(3): 867-873, 1993.
- LI, Y. et al. Consumption of oxygen by astaxanthin biosynthesis: a protective mechanism against oxidative stress in *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae). **J Plant Physiol** 165(17): 1783-1797, 2008.
- MAQSOOD, S., et al. Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 53 (2), 162–179, 2013.
- MARTINS, C. M. G.; PINHO, G. L. L.; CHAVES, I. S.; FERREIRA-CRAVO, M.; MENDONÇA, S.C.; CORREIA, R.T.O.; ALBINO, E. Condições higiênico-sanitárias de mercados e feiras-livres da cidade de Recife – PE. **Hig. Aliment.**, v.16, n.94, p.20-25, mar. 2002.
- MATSUSHITA Y. Antioxidant activity of polar carotenoids including astaxanthin- β -glucoside from marine bacterium on PC liposomes. **Fish Sci.**, v.66, p. 980-985, 2000.
- MELO FRANCO, et al. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo, Atheneu, 182 p, 1996.
- MESSINA, C.M. et al. The combined impact of cold tuxedo and natural antioxidants on quality and shelf life of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fillets. **Food science & nutrition**, 7 (4), 1239-1250, 2019.
- OGAWA, M.; MAIA, E. I. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, V.1. 430 p, 1999.
- OHGAMI, K. et al. Effects of astaxanthin on lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro and in vivo. **Investigative ophthalmology & visual science**, 44(6), 2694-2701, 2003.
- OLATUNDE, O. O., et al. Combined effects of high voltage cold atmospheric plasma and antioxidants on the qualities and shelf-life of Asian sea bass slices. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 54, 113-122, 2019.

- OLIVO, R. Alterações oxidativas em produtos cárneos. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Varela, p.155-163, 2006.
- PARK, J. S. et al. Astaxanthin decreased oxidative stress and inflammation and enhanced immune response in humans. **Nutrition & metabolism**, 7(1), 1, 2010.
- PEIXEBR. Anuário Peixe BR da Piscicultura, São Paulo: PeixeBR, São Paulo, 383 Brasil, 2020. <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>.
- POLI, B.M., et al. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. **Aquaculture International**, 13 (1-2), 29-49, 2005.
- SAHOO, P.K. Non- specific immune responses in juveniles of Indian major carps. **J Appl Ichthyol**, 21(2):151-155. 2005.
- SCHMIDT, A. A. P. Piscicultura: a fonte divertida de proteínas. São Paulo: Icone. 88p, 1988.
- SCHORMÜLLER J., HANDBUCH D. L. C. Band 4. Fette und Lipide [Lipids]. **Springer Berlin**, 872-878, 1969.
- SIGHOLT, T., et al. T.S. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farm-raised Atlantic salmon. **Journal of Food Science**, 1997.
- SILVA, D. C. Shelf-life test - **Aspectos Microbiológicos em Carne Bovina Resfriada e Embalada à vácuo**. 2010. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Inspeção e Tecnologia de Produtos de Origem Animal, Universidade Castelo Branco, Florianópolis, 2010.
- SMITH, C. T.; et al. Astaxanthin effect on reactive oxygen species and leukocytes counts in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: **Proceedings in GV-Global Virtual Conference**, 2013.
- SONG, X., et al. Dietary astaxanthin improved the body pigmentation and antioxidant function, but not the growth of discus fish (*Symphysodon* spp.). **Aquaculture research**, 48(4), 1359-1367, 2017.
- TAKYAR, M.B.T., et al. Evaluation of antioxidant properties of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* and their application in order to extend the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigerated storage. **LWT**, 100, 244-249 (2019).
- YOUNG, A.J. et al. Processing of astaxanthin-rich *Haematococcus* cells for dietary inclusion and optimal pigmentation in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* L **Aqua Nutr**, 23, pp. 1304-1311, 2017.