

The image features a collection of laboratory glassware. In the foreground, there are several test tubes and a round-bottom flask. One test tube on the left contains a bright pink liquid, while another in the center contains a blue liquid. A large round-bottom flask in the background is partially filled with a light blue liquid. The background is a solid blue color with a white geometric shape on the left side.

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

O Ensino de Química 3

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt

(Organizadora)

O Ensino de Química 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 O ensino de química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (O Ensino de Química; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-291-3

DOI 10.22533/at.ed.913192604

1. Química – Estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Professores de química – Formação I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 540.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A qualidade de vida de um povo é decorrência das condições socioeconômicas de seu país que, por sua vez, estão intimamente ligadas à sua produção científica. A universidade tem um papel importante para a sociedade por se constituir, na grande maioria dos países, na instituição que oportuniza, por excelência, a busca do conhecimento, por meio do ensino, da pesquisa e da extensão. A pesquisa pode ser um excelente instrumento educativo na medida em que esta leva os alunos a vivenciarem o processo de conhecer e não apenas analisarem o produto desse processo.

Portanto, a educação superior tem por finalidade estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo; formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua; incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive e promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com pesquisas em diversas áreas da química abrangendo quantificação, desenvolvimento, otimização e validação de novos métodos de análise. Com isso, convidamos você a ampliar seus conhecimentos referentes à pesquisa em química, fornecendo uma base teórica e instrumental para auxílio no conhecimento das abordagens diferenciadas desta ciência.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE-PARA QUANTIFICAÇÃO DO PRODUTO ÁCIDO FÓRMICO POR CROMATOGRAFIA GASOSA DA REAÇÃO DE GLICEROL CATALISADA POR COMPOSTOS DE NIÓBIO EM FLUXO	
Gabriela Santos Caldeira Poliane Chagas Tarsis Vinícius M Santos Stephanie Vertelo Porto Luiz Carlos de Oliveira Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926041	
CAPÍTULO 2	15
OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE SOLVENTES RESIDUAIS EM RADIOFÁRMACOS POR GC-FID	
Cassiano Lino dos Santos Costa Daleska Pereira Ramos Juliana Batista da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9131926042	
CAPÍTULO 3	30
ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE PADRÃO INTERNO PARA QUANTIFICAÇÃO DE GLICERINA E IDENTIFICAÇÃO DO CARBONATO DE GLICERINA COMO PRODUTO DA REAÇÃO DE GLICERINA COMERCIAL COM UREIA CATALISADA PELO POLÍMERO DE COORDENAÇÃO 2D ND-5SIS	
Gabriela Santos Caldeira Chris Hebert de Jesus Franco Stephanie Vertelo Porto Renata Diniz Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926043	
CAPÍTULO 4	46
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE ÍONS CLORETOS EM AMOSTRAS DE LEITE PASTEURIZADO E UHT (“ULTRA HIGH TEMPERATURE”)	
Roberta Pereira Matos Cassiano Lino dos Santos Costa	
DOI 10.22533/at.ed.9131926044	
CAPÍTULO 5	59
ESTUDO SOBRE A OCORRÊNCIA DE <i>BLOWOUT</i> EM TAMPAS DE LATAS DE BEBIDAS CARBONATADAS	
Gabriely Fernanda Bataier Beatriz Maria Curtio Soares Sílvia Tondella Dantas	
DOI 10.22533/at.ed.9131926045	
CAPÍTULO 6	72
QUANTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO INORGÂNICA DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DA CIDADE DE CATALÃO – GO	
Alêssa Gomes Siqueira Lincoln Lucilio Romualdo	

Marcus Vinicius de Oliveira Fernandes

Vanessa Nunes Alves

DOI 10.22533/at.ed.9131926046

CAPÍTULO 7 83

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS BEBEDOUROS DO IFSC – CAMPUS FLORIANÓPOLIS, COM ÊNFASE NA DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO

Berenice da Silva Junkes

Alexsander Rodrigo Vieira de Oliveira

Bruno Visnadi da Luz

Júlia Ana Brando Souza

DOI 10.22533/at.ed.9131926047

CAPÍTULO 8 97

AValiação DOS RENDIMENTOS DA CASCA DO CAULE DO *Croton Cajucara* BENTH

Alexandre Augusto Moraes de Souza

Cintya Cordovil Rodrigues

Davi do Socorro Barros Brasil

DOI 10.22533/at.ed.9131926048

CAPÍTULO 9 113

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO HIDROLISADO BÁSICO DA CASCA DE CAFÉ

Roberta Oliveira Aguiar de Souza

Boutros Sarrouh

Enio Nazaré de Oliveira Júnior

Ana Maria de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.9131926049

CAPÍTULO 10 129

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE CAROTENOIDES POR UPLC- APCI MS/MS EM FILÉS DE TILÁPIA GIFT

Elaine C. Reis

Marília. Bellanda Galuch

Roberta da Silveira

Hevelyse Munise Celestino dos Santos

Cesar Sary

Thiago Ferreira dos Santos Magon

Ricardo Pereira Ribeiro

Jesuí V. Visentainer

Oscar O. Santos

DOI 10.22533/at.ed.91319260410

CAPÍTULO 11 144

DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO, ALUMÍNIO E CHUMBO EM *MAYTENUS ILICIFOLIA* PARA USO MEDICINAL

Martha Campos de Castro

Fernanda Caspers Zimmer

Daiany Cristina Vitorassi Lovera

Makoto Matsushita

Nilson Evelázio de Souza

Angela Cláudia Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.91319260411

CAPÍTULO 12	148
DETERMINAÇÃO DE Mg E Zn EM ÓLEOS VEGETAIS POR FAAS APÓS DILUIÇÃO EM ISOPROPANOL	
Priscila Karachinski dos Reis Eduardo Sidinei Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.91319260412	
CAPÍTULO 13	164
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS COMPARATIVAS ENTRE BIODIESEIS DERIVADOS DE ÓLEOS VEGETAIS E UM DILUENTE ASFÁLTICO	
Sônia Maria de Freitas Almeida Alexandre Augusto Moraes de Souza Juliana Fonseca da Silva José de Arimatéia Rodrigues do Rêgo Silvana de Oliveira Silva Trindade Davi do Socorro Barros Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.91319260413	
CAPÍTULO 14	172
REMOÇÃO DO CORANTE REATIVO VERMELHO 4B UTILIZANDO COMO BIOSORVENTE A BAINHA DO PALMITO PUPUNHA <i>IN NATURA</i> E MODIFICADO COM <i>Lentinula edodes</i>	
Aline Grahl	
DOI 10.22533/at.ed.91319260414	
SOBRE A ORGANIZADORA	186

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE CAROTENOIDES POR UPLC-APCI MS/MS EM FILÉS DE TILÁPIA GIFT

Elaine C. Reis

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Química,
Maringá - PR

Marília. Bellanda Galuch

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Química,
Maringá - PR

Roberta da Silveira

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Programa Pós-Graduação em Ciência de Alimentos,
Maringá – PR

Hevelyse Munise Celestino dos Santos

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Programa Pós-Graduação em Ciência de Alimentos,
Maringá – PR

Cesar Sary

Instituto Federal do Paraná,
Foz do Iguaçu – PR

Thiago Ferreira dos Santos Magon

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Programa Pós-Graduação em Ciência de Alimentos,
Maringá – PR

Ricardo Pereira Ribeiro

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia,
Maringá - PR

Jesuí V. Visentainer

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Química,
Maringá - PR

Oscar O. Santos

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Química,
Maringá - PR

RESUMO: Este estudo avaliou a incorporação de β -caroteno, luteína e licopeno em filés de tilápia GIFT suplementados por 0, 20 e 40 dias, e sua influência na composição de ácidos graxos e na qualidade nutricional de filés crus e grelhados. Uma dieta controle e uma dieta contendo esses carotenoides foram elaboradas com a mesma fonte lipídica (óleo de soja). Para análise de carotenoides, a extração foi realizada de acordo com a literatura. As intensidades relativas das razões m/z dos íons desses carotenoides foram obtidas por UPLC-APCI MS / MS e observou-se um aumento da concentração de carotenoides nos filés suplementados, especialmente após o processo de cozimento (180 °C por 15 min). Observou-se também um aumento na concentração de carotenoides totais nos filés grelhados (75% e 35% maiores do que nos filés crus, para 20 e 40 dias de suplementação, respectivamente, correspondendo a 8,32 e 2,42 μg de β -caroteno g^{-1} de amostra). Assim, os

carotenoides promoveram estabilidade da oxidação lipídica nas amostras grelhadas; fato que pode ser correlacionado com o efeito antioxidante desses compostos, também pode ser explicado pela quebra da barreira física dos carotenoides e pelas condições utilizadas no processo de grelha. Além disso, índices aceitáveis de n-6 / n-3 e valores recomendados de AGPI/AGS foram observados nos filés suplementados. Consequentemente, luteína, β -caroteno e licopeno foram considerados aditivos viáveis na dieta de tilápias, uma vez que a suplementação promoveu o aumento da qualidade dos alimentos, mesmo após o preparo para consumo.

PALAVRAS-CHAVE: Genetically Improvement Farmed Tilápia, licopeno, luteína, β -caroteno, peixe grelhado.

ABSTRACT: This study evaluated the incorporation of β -carotene, lutein and lycopene into tilapia GIFT fillets supplemented through 0, 20 and 40 days, and their influence on the fatty acid composition and nutritional quality of raw and grilled fillets. A control diet and a diet containing those carotenoids were elaborated with the same lipid source (soybean oil). For carotenoids analysis, the extraction was performed according to the literature. The relative intensities of m/z ratios of those carotenoids ions were obtained by UPLC-APCI MS/MS, and an increase of carotenoid concentration in the supplemented filled was observed, especially after the grilling process (180 °C for 15 min). An increase in the concentration of total carotenoids in grilled fillets (75% and 35% higher than raw fillets, for 20 and 40 days of supplementation, respectively, corresponding to 8.32 e 2.42 $\mu\text{g } \beta$ -carotene g^{-1} sample) was also observed. Therefore, the carotenoids promoted the stability of lipid oxidation in grilled samples; fact that can be correlated with antioxidant effect of these compounds, it can be also explained by the breakdown of carotenoids physical barrier and the conditions used in the grilling process. Moreover, acceptable n-6/n-3 indices and recommended PUFA/SFA values were observed in supplemented fillets. Consequently, lutein, β -carotene and lycopene were considered viable as additive on fish diet, since the supplementation promoted the increase of food quality, even after preparation for consumption.

KEYWORDS: Genetically improved farmed tilapia, lycopene, lutein, β -carotene, grilled fish.

1 | INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais cultivada na aquicultura brasileira (IBGE, 2016). A linhagem GIFT (*Genetically Improvement Farmed Tilápia*), surgiu na década de 80, como resultado de um programa de melhoramento genético do *World Fish Center* (Pulau Pinang, Malásia), revolucionando a produção comercial dessa espécie (EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA, 2015). A tilápia é um alimento detentor de excelentes propriedades nutricionais (composição proteica equilibrada, lipídios essenciais, vitaminas, sobretudo as lipossolúveis, e minerais) (HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ e AGUILERA-MORALES, 2012). Tais propriedades podem ser melhoradas

por meio da incorporação de nutrientes advindos da dieta fornecida às tilápias, como mostrado em diversos estudos que incorporaram diferentes suplementos, em sua maioria fontes de ácidos graxos, vitaminas e antioxidantes (NAVARRO *et al.*, 2012; LOPES *et al.*, 2015; CARBONERA *et al.*, 2014, 2016; MONTANHER *et al.*, 2016; BONAFÉ *et al.*, 2017).

A incorporação de carotenoides em tilápia tem sido amplamente estudada por meio de diferentes fontes, já que estes nutrientes estão naturalmente presentes em baixas quantidades nessa espécie. Os carotenoides previnem doenças relacionadas ao estresse oxidativo e suas propriedades antioxidantes induzem a diminuição da susceptibilidade à oxidação lipídica da carne do peixe, preservando sua qualidade (AROUS *et al.*, 2014; CHIU e LIU, 2014; PONSANO *et al.*, 2014; GRASSI *et al.*, 2016; MELEIRO *et al.*, 2016; SANTO *et al.*, 2016; VALENTE *et al.*, 2016). O β -caroteno, por exemplo, é precursor da vitamina A, e outros carotenoides como a luteína e o licopeno são agentes na prevenção da degeneração macular relacionada à idade e do câncer de próstata, respectivamente (CHEW *et al.*, 2014; ROWLES *et al.*, 2017).

Estudos que avaliam os nutrientes presentes na tilápia são frequentemente realizados a partir do alimento *in natura* e não fornecem dados relacionados ao seu valor nutritivo pós-cozimento. No Brasil, o consumo do peixe cru é menos comum, e essa carne é comumente preparada empregando processos térmicos que alteram características físicas e sensoriais (textura, aroma e sabor), bem como a composição química do alimento (WEBER *et al.*, 2008). Grelhar é o método caseiro mais empregado, e vem se popularizando devido aos trabalhos que o classificam como método mais saudável com relação à ausência de óleo no preparo do alimento e a menor oxidação dos ácidos graxos (CHEUNG *et al.*, 2016; BI *et al.*, 2017; YU *et al.*, 2017).

O presente estudo teve como objetivo a avaliação da incorporação dos carotenoides: β -caroteno, luteína e licopeno em espécies de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem GIFT empregando UPLC-APCI-MS/MS, bem como a avaliação da influência do processo de grelha nestes filés.

2 | METODOLOGIA

Materiais: As fontes de carotenoides adicionadas como aditivos para alimentação animal foram: β -caroteno (100%, CVS/pharmacy, EUA); luteína (96% + 4% zeaxantina, Nature's Bounty, EUA) e licopeno (100%, Radiance, EUA).

Dietas experimentais: Duas rações distintas foram elaboradas, sendo elas a dieta controle (DC) e a dieta suplementada (DS), atendendo as normas nutricionais para tilápias estabelecidas pelas Tabelas Brasileiras Para a Nutrição de Tilápias (FURUYA, 2010). A formulação e composição química das dietas experimentais são apresentadas na Tabela 1.

Ingredientes	Dieta Experimentais	
	DC	DS
Farelo de Milho (%)	40.29	40.29
Farelo de Soja (%)	35.00	35.00
Farelo de Vísceras de Aves (%)	5.00	5.00
Farinha de Sangue (%)	4.00	4.00
Farelo de Arroz (%)	13.00	13.00
Fosfato Bicálcico (%)	1.00	1.00
Sal Comum (NaCl) (%)	0.35	0.35
L Lisina (HCl) (%)	0.12	0.12
DL Metionina (%)	0.12	0.12
Cloreto de Colina (%)	0.10	0.10
L –Tryptofano (%)	0.02	0.02
Óleo de Soja (%)	1.00	1.00
β - caroteno (mg kg ⁻¹)	-	3000
Licopeno (mg kg ⁻¹)	-	≈ 170
Luteína (mg kg ⁻¹)	-	≈ 100
Composição proximal ^b / (g 100 g ⁻¹ de alimentação)		
Umidade	6.99 ^a ± 0.10	6.46 ^b ± 0.07
Cinzas	5.42 ^a ± 0.12	5.49 ^a ± 0.037
Proteína bruta	32.21 ^a ± 0.506	31.95 ^a ± 1.67
Lipídios totais	4.26 ^b ± 0.40	6.11 ^a ± 0.70
Carboidratos	51.16 ^a ± 0.29	49.93 ^a ± 0.85
Valor energético (kcal)	371.54 ^b ± 1.60	382.72 ^a ± 3.36
Carotenoides totais ^c	11.59 ^b ± 1.02	1116.85 ^a ± 6.70

^b e ^c Resultados expressos como média ± S.D, n= 3. Valores com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes (p <0.05) pelo teste t.

^c Resultados expressos em $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$ de amostra.

Tabela 1-Formulação e composição química das dietas experimentais DC e DS (dieta controle e suplementada, respectivamente)

Ensaio de alimentação e amostragem de peixe: Este estudo foi realizado pelo laboratório de Química de Alimentos do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em parceria com Departamento de Zootecnia, sendo este responsável pela Estação Experimental de Piscicultura (Codapar, Floriano, Paraná, Brazil), onde foi desenvolvido, no período de setembro a outubro de 2016. Um total de 90 tilápias do Nilo da linhagem GIFT, com peso médio inicial de $78,04 \pm 3,21$ g, foram igualmente divididas em 6 hapas. Durante os primeiros 30 dias, todos os peixes foram alimentados com a DC para adaptação às novas condições. Após esse período, a primeira amostragem foi coletada (sendo retirados 3 peixes por hapa), e o tempo zero foi estabelecido, (zero dias de suplementação, T0) . Em seguida, foi dado início ao experimento e os hapas foram divididos em dois tratamentos (TC e TS, realizados em triplicata), sendo que os animais do TS passaram a alimentar-se da DS. Depois de 20 e 40 dias de suplementação (T20 e T40, respectivamente) novas amostragens foram

realizadas (sendo coletados 3 peixes por replicata de tratamento). Estes animais foram sacrificados, pesados e tiveram separados: cabeça, filé, carcaça e fígado, embalados a vácuo em sacos de polietileno e armazenados a -18°C até o momento das análises.

Composição química das dietas (CD e SD): Os teores de umidade, cinzas e proteínas brutas das dietas foram determinados de acordo com os métodos oficiais AOAC 930.15, 942.05 e 960.52, respectivamente (AOAC, 1990). O conteúdo total de lipídios das dietas foi extraído de acordo com método estabelecido por Bligh e Dyer (1959). Os valores de carboidratos foram estimados pela diferença, e os valores energéticos das dietas foram calculados com base em fatores de conversão, carboidratos 4 kcal.g^{-1} (17 kJ g^{-1}), proteína bruta 4 kcal.g^{-1} (17 kJ g^{-1}) e lipídios 9 kcal.g^{-1} (37 kJ g^{-1}) (ANVISA, 2001).

Concentração de carotenoides totais: Os filés frescos foram congelados a -18°C e liofilizados durante 48 h. A carne em pó utilizada para avaliar a concentração de carotenoides foi obtida por moagem das amostras liofilizadas em moinho (MA 630, Marconi). O conteúdo de carotenoides dos filés e das rações foi extraído de acordo com o método de Teimouri, Amirkolaie e Yeganeh (2013). As absorções das soluções foram lidas em triplicata em um espectrofotômetro UV-VIS (Genesys 10-S, Thermo Fisher Scientific) em comprimento de onda de 450 nm. Uma curva de calibração foi obtida usando β -caroteno (93%, Sigma – Aldrich, Brasil) como padrão. Os resultados foram expressos como mg de β -caroteno por 100 g de amostra.

Composição em ácidos graxos: A derivatização dos ácidos graxos foi realizada conforme método proposto por Figueiredo *et al.* (2016). Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram separados por cromatografia em fase gasosa em um cromatógrafo a gás, TRACE™ Ultra Thermo Scientific™ (Thermo Scientific™, EUA), equipado com um detector de ionização de chama (FID) e uma coluna capilar de sílica fundida (100 m \times 0.25 mm id, 0.25 μm de cianopropil, CP- 7420 select FAME). As temperaturas do injetor e do detector foram de 230 e 250 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A temperatura da coluna foi mantida a 165 $^{\circ}\text{C}$ durante 18 minutos, programada a 4 $^{\circ}\text{C. min}^{-1}$ até 235 $^{\circ}\text{C}$, e mantida nesta temperatura por 20 min. O gás de arraste empregado foi H_2 , com fluxo de 1.2 ml min^{-1} , o gás auxiliar (make-up) foi N_2 a 30 mL min^{-1} , a chama do FID foi produzida com H_2 (30 mL min^{-1}) e ar sintético (300 mL min^{-1}). O volume injetado foi de 1.0 μL com injeção no modo Split, razão 1/40 (FIGUEIREDO *et al.*, 2016). Os tempos de retenção e as áreas de pico foram determinados usando o software Chrom-Quest™ (Thermo Scientific™, EUA). Para a identificação dos ácidos graxos, os tempos de retenção obtidos foram comparados com padrões de ésteres metílicos (Sigma, EUA), e a quantificação foi realizada utilizando o éster metílico do ácido tricosanóico (Sigma, EUA) como um padrão interno (PI), de acordo com Visentainer *et al.* (2012).

Extração de Carotenoides: Os carotenoides dos filés foram extraídos de acordo com o método proposto por Chacón-Ordóñez *et al.* (2016).

Análise de β -caroteno, luteína e licopeno por UPLC-APCI MS/MS: Foi utilizado um

sistema cromatográfico UPLC Acquity H-CLASS (Waters, Milford, MA, EUA) acoplado a um espectrômetro de massa triplo-quadrupolo Xevo TQD, equipado com uma fonte de ionização APCI (Waters, Milford, MA, EUA). A uma taxa de fluxo de 0.050 mL min⁻¹ e o volume de injeção da amostra foi de 50.00 µL. Metanol 100% foi empregado como fase móvel. Os parâmetros MS/MS utilizados para a análise foram: Corrente e tensão da Corona 5.4 µA e 3,0 V, respectivamente; temperatura da fonte, 150 °C; Tensão do cone, 35 V; Para energia de colisão foi empregada uma rampa de 25 a 44 eV e temperatura de dessolvatação do gás, 550 °C. A fonte de ionização (APCI) foi configurada no modo íon positivo. A taxa de fluxo de gás de dessolvatação foi fixada em 250 L h⁻¹. O argônio (99,9%) de White Martins (RJ, Brasil) foi utilizado como gás de colisão a uma pressão constante de 3.00 × 10⁻³ mbar. Os softwares MassLynx e QuanLynx versão 4.1 (Waters) foram empregados para controle de instrumentos, aquisição de dados e processamento. O espectrômetro de massas foi operado no modo MS, (utilizando o modo MS Scan e modo Daughters Scan). A Tabela 2 resume os íons: precursor e produto (encontrados e de acordo com a literatura) (BREEMEN *et al.*, 2012; CANO *et al.*, 2017).

Compostos	Fórmula	MS Scan	Daughter Scan
β-caroteno	C ₄₀ H ₅₆	537.4	457.4; 445.4; 137.1; 177.2.
Luteína	C ₄₀ H ₅₆ O ₂	569.4	551.4; 477.4; 135.1; 119.1; 175.2.
Licopeno	C ₄₀ H ₅₆	537.4	457.4; 121.1; 137.1; 177.2; 413.3.

Tabela 2- Transições de íons selecionados

Amostra real de consumo – Grilling: Os filés de tilápia foram grelhados em grill (Philco jumbo inox, Brasil) com o termostato ajustado em 3. A temperatura e a duração do cozimento das amostras foram estabelecidas em ensaios preliminares (temperatura de cozimento de aproximadamente 180 °C e tempo de cozimento de aproximados 15 min). As temperaturas da superfície da carne e da superfície da grelha foram registradas com termômetro digital com infravermelho (INCOTERM SCAN TEMP ST-400). Após a temperatura de ensaio ter sido alcançada, os filés foram grelhados, sem qualquer adição de temperos, em torno de 5 min de cada lado.

Análises estatísticas: Os dados foram apresentados como média e desvio padrão (SD). O software Assistat® v. 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016) foi utilizado para análises dos testes de Tukey e teste t de Student (p <0.05).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composições proximais das dietas DC e DS experimentais foram avaliadas e comparadas (Tabela 1) pelo teste t com 5% de significância ($p < 0.05$), não resultando em diferença estatística entre os valores de cinzas, proteínas e carboidratos. Os resultados de lipídios totais diferiram estatisticamente, fato este que pode ser explicado pelo uso da metodologia de extração escolhida, em que são extraídos todos os compostos apolares. Como os carotenoides tem esta característica também foram extraídos, e por isto, a ração de TS apresentou maior percentual deste constituinte. Isso pode ser comprovado verificando o resultado para ácidos graxos nestas rações (Tabela 3), que não diferiram significativamente. Portanto, as dietas apresentaram-se isoproteicas, porém não isocalóricas.

Também foram estabelecidos os valores de carotenoides totais dos tratamentos testados (Tabela 1), conforme esperado a ração DS apresentou concentrações em carotenoides muito superiores em comparação a DC.

Na Tabela 3 estão dispostas as concentrações de ácidos graxos das dietas utilizadas.

Ácidos graxos	Dietas Experimentais	
	DC	DS
16:0	4.45 ^a ± 0.11	4.76 ^a ± 0.37
16:1n-9	0.025 ^a ± 0.004	0.026 ^a ± 0.002
16:1n-7	0.12 ^a ± 0.01	0.11 ^a ± 0.01
18:0	1.42 ^a ± 0.05	1.59 ^a ± 0.16
18:1n-9	8.06 ^a ± 0.23	8.39 ^a ± 0.61
18:1n-7	0.54 ^a ± 0.03	0.53 ^a ± 0.04
18:2n-6 (LA)	13.55 ^a ± 0.15	14.89 ^a ± 0.96
18:3n-3 (LNA)	1.07 ^a ± 0.02	1.16 ^a ± 0.08
AGS	5.87 ^a ± 0.16	5.74 ^a ± 0.52
AGMI	8.75 ^a ± 0.26	9.06 ^a ± 0.65
AGPI	14.62 ^a ± 0.17	16.64 ^a ± 1.04
n-6	13.55 ^a ± 0.15	14.88 ^a ± 0.96
n-3	1.07 ^a ± 0.02	1.16 ^a ± 0.08
n-6/n-3	12.70 ^a ± 0.11	12.88 ^a ± 0.12
AGPI/AGS	2.49 ^a ± 0.04	2.53 ^a ± 0.05

Resultados expressos como média ± S.D, n= 3. Valores com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste t. AGS= total de ácidos graxos saturados; AGMI= total de ácidos graxos monoinsaturados; AGPI= total de ácidos graxos poli-insaturados; n-6= total de ácidos graxos ômega 6; n-3= total de ácidos graxos ômega 3; n-6/n-3= taxa de ômega 6/ômega 3; AGPI/AGS= total de ácidos graxos poli-insaturados/ total de ácidos graxos saturados.

Tabela 3- Quantificação de ácidos graxos (mg g⁻¹ de amostra), n-6/n-3 e relações AGPI/ AGS das dietas experimentais

Como era esperado, já que a mesma fonte lipídica (óleo de soja) foi empregada

nas elaborações de ambas as rações (DC e DS), não houve diferença estatística entre elas para concentração de todos os ácidos graxos analisados.

Quanto ao peso corporal final dos animais e ganho de peso ao longo do período de estudo não houve diferenças significativas entre os tratamentos testados. Os dados indicaram que, para ambos os tratamentos, os animais atingiram um mesmo peso médio de 132 g. Valente et al. (2016) e Grassi et al. (2016) em avaliação dos efeitos de diferentes fontes de carotenoides em dietas para tilápias do Nilo, ao longo de 68 e 80 dias respectivamente, também não observaram alteração no desempenho de crescimento dos animais suplementados. Contudo, diferenças no teor de carotenoides totais dos filés foram constatadas por esses autores.

As concentrações de carotenoides totais dos filés crus (Tabela 4) nos três tempos de coleta (0, 20 e 40) dos tratamentos desenvolvidos foram comparadas entre si e entre os tratamentos, pelo teste t com 5% de significância ($p < 0.05$).

Tempo de Coleta	Tratamentos Experimentais	
	TC	TS
40	5.77 ^a ± 0.80	6.20 ^a ± 1.53
20	2.08 ^{bc} ± 0.41	1.38 ^c ± 0.24
0	2.82 ^b ± 0.03	2.22 ^{bc} ± 0.58

Resultados expressos como média ± S.D., n= 3. Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0.05$) pelo teste t.

Tabela 4- Carotenoides totais dos filés de tilápia crus ($\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$ de amostra)

Os resultados de carotenoides totais dos filés crus não indicaram diferença estatística como efeito da suplementação fornecida. Esses filés foram então grelhados e os valores de carotenoides totais foram novamente determinados (Tabela 5), a fim de avaliar o consumo real de carotenoides após o processo de cozimento. Os resultados para os filés grelhados evidenciaram um aumento no teor de carotenoides totais dos filés TS, de aproximadamente 75% e 35% para T20 e T40, respectivamente. Eriksen e colaboradores (2016) em estudo da liberação de carotenoides de espinafres após processo de aquecimento, também relataram aumentos de 20 a 70% nos teores de luteína e β -caroteno das folhas cruas para as cozidas. Possivelmente devido à facilitação na extração dos carotenoides pós-cozimento.

Tempo de Coleta	Tratamentos Experimentais	
	TC	TS
40	2.52 ^{bc} ± 0.13	8.32 ^a ± 1.91
20	0.84 ^d ± 0.14	2.42 ^{bc} ± 0.31
0	2.10 ^{cd} ± 0.29	3.91 ^b ± 0.38

Resultados expressos como média ± S.D., n= 3. Valores com letras diferentes são significativamente diferentes (p <0.05) pelo teste t.

Tabela 5- Carotenoides totais dos filés de tilápia grelhados ($\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$ de amostra)

Já Phan-Thi *et al.* (2016) no monitoramento da isomerização e degradação do β -caroteno como efeito do tratamento térmico, simulando o processo de formulação de um alimento funcional, constataram a conversão do trans- β -caroteno (forma inicial), após o aquecimento, para o cis- β -caroteno, de maior disponibilidade, devido a sua maior solubilidade. Sendo assim, o caroteno também seria mais facilmente extraído e por isso, o teor de carotenoides final seria aumentado.

Ainda, Cooperstone, Francis e Schwartz (2016) que estudaram os efeitos do processamento térmico sobre o licopeno, discutem como consequências, o aumento da biodisponibilidade desse caroteno e a isomerização para forma cis, mais biodisponível. Além do aumento da liberação do licopeno a partir da matriz alimentar. Fatores que poderiam justificar o aumento dos carotenoides totais dos filés após serem grelhados.

As composições de ácidos graxos dos filés de tilápia crus foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de significância (p <0.05) entre T0, T20 e T40 de TC e TS. Foram encontrados no total, 26 ácidos graxos nos filés de tilápia crus nos diferentes tempos de TC e TS. Dentre o AGS o de maior concentração foi o ácido palmítico, dos AGMI, o oleico e dos AGPI o ácido linoleico. As concentrações de LNA diferiram, pelo teste estatístico entre os tratamentos, sendo T20 e T40 do TS foram os que apresentaram os maiores valores de LNA (0,256 e 0,124 mg g⁻¹ de LT, respectivamente). Em virtude disso, os filés suplementados T20 foram os únicos que resultaram em taxas de n-6/n-3 dentro do valor recomendado por Simopoulos, que indicou doses entre 1/1 até 4/1 para prevenção de doenças crônicas e inflamatórias, enquanto que os demais valores excederam levemente essa proporção (SIMOPOULOS, 2002). Quanto às taxas de AGPI/AGS, todos os filés apresentaram razão superior ao mínimo recomendado pelo Department of Health and Social Security de 0.45 (DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY, 1984). Os valores de AGPI/AGS obtidos para TS foram iguais estatisticamente comparados a TC; com exceção de T20 do TS, cujo valor foi o maior (1,14 mg g⁻¹ de LT).

Com relação aos níveis de ácidos graxos essenciais poli-insaturados de cadeia longa: ácido araquidônico (AA; 20:4n-6), ácido eicosapentaenoico (EPA; 20:5n-3) e ácido docosahexaenoico (DHA; 22: 6n-3), T20 e T40 de TS apresentaram diferença

estatística quando comparados a TC para os níveis de AA e EPA, sendo que os filés T20 de TS, além desses foram superiores aos demais também para os níveis de DHA. O aumento nas concentrações de EPA e DHA nos filés T20 de TS pode ser atribuído à maior concentração de ácido α -linolênico (precursor da série de ácidos graxos n-3), encontrado nessas mesmas amostras. Estes maiores níveis de AGPI encontrados estão associados à presença dos carotenoides, responsáveis não só por propiciar maior valor nutricional aos filés, mas principalmente por neutralizar os radicais livres durante o armazenamento, antes da oxidação desses ácidos graxos na membrana celular.

Navarro *et al.* (2012) que suplementou tilápias com vitamina E, também atribuiu o aumento dos AGPI nas carcaças suplementadas. à atividade antioxidante do composto incorporado através da dieta. Este perfil de resultados também foi observado por outros autores, ao avaliarem os efeitos da oxidação em diferentes partes de tilápias suplementadas com carotenoides, através de análises dos efeitos do armazenamento, efeito de resposta a estresse ambiental, rancidez dos filés e conteúdo lipídico (AROUS *et al.*, 2014; GRASSI *et al.*, 2016; SANTO *et al.*, 2016). Assim como no presente estudo, esses autores também constataram o aumento nos níveis dos compostos incorporados, apesar da atividade de proteção contra oxidação de outras moléculas levar a degradação da molécula de carotenoide (GUERIN *et al.*, 2003).

Os filés de TS, depois de grelhados, tiveram novamente suas composições em ácidos graxos determinadas e comparadas com a composição dos mesmos filés crus pelo teste de Tukey com 5% de significância ($p < 0.05$) entre T0, T20 e T40. Os mesmos 26 ácidos graxos encontrados nos filés crus foram determinados nos filés grelhados. Os ácidos graxos majoritários de cada classe também permaneceram os mesmos (ácido palmítico, oleico e linoleico). Após o cozimento, os filés T40 passaram a apresentar o maior teor de LA, antes iguais pelo teste estatístico para todos os tempos de coleta, como não foi usada nenhuma fonte lipídica no processo, essa inversão, (observada somente para o maior tempo de suplementação), poderia estar relacionada ao rompimento da barreira física dos carotenoides incorporados (parede celular e cromoplastos) em virtude do processamento térmico, o que decorre na promoção do conteúdo de carotenoides e de sua biodisponibilidade, a partir do qual essas moléculas podem exercer sua atividade de proteção contra oxidação dos AGPI, neste caso promovida pelas altas temperaturas da grelha (PALMERO *et al.*, 2014; PHINNEY *et al.*, 2017). O efeito protetor dos carotenoides também pode ser responsável pela manutenção das concentrações de ácido α -linolênico nos filés T40 grelhados, contra a oxidação resultante da temperatura de aquecimento. O aumento nos teores de n-6 nesse caso repercutiu no aumento da relação n-6/n-3. No que diz respeito aos filés T20 grelhados, foi constatada uma diminuição na concentração de LNA comparada aos filés crus, por consequência os filés T20 grelhados apresentaram relação n-6/n-3 superior à dos filés crus. Logo, todos os tempos de coleta ultrapassaram moderadamente o valor recomendado (n-6/n-3 igual 1/1 até 4/1) (SIMOPOULOS, 2002). Os mesmos fatores

que alteraram as relações n-6/n-3, foram responsáveis pela queda na taxa AGPI/AGS dos filés T20 grelhados, já para T40 a proporção se manteve inalterada à dos filés crus pelo teste estatístico, sendo que todos os tempos ainda atenderam ao mínimo recomendado de 0.45 (ÖZOGUL e ÖZOGUL, 2007):

Os resultados atuais apresentaram manutenção dos teores dos ácidos graxos, praticamente em sua totalidade, o que pode estar correlacionado tanto as condições utilizadas no processo de grelhar os filés (temperatura e tempo de cozimento), quanto ao efeito antioxidante dos carotenoides suplementados.

Phan-Thi *et al.* (2016) em seu estudo sobre a capacidade antioxidante do β -caroteno, esclarece que a localização do antioxidante entre as fases hidrofílicas e hidrofóbicas da membrana celular poderiam reduzir o efeito oxidante na célula. O β -caroteno, por sua vez, devido ao seu tamanho e caráter hidrofóbico, localiza-se no interior da bicamada de membrana, afetando sua fluidez e surtindo efeito protetor contra a peroxidação lipídica e o dano à proteína lipídica. O licopeno como isômero e também detentor dessas propriedades provavelmente exerceria o mesmo papel, contribuindo assim para a manutenção dos teores de ácidos graxos dos filés grelhados.

UPLC- APCI MS/MS: No processamento de dados, o espectro do branco foi subtraído do espectro da amostra, a partir desse resultado os centroides foram gerados. Os íons selecionados: β -caroteno, licopeno (537.4 m/z) e luteína (569.4 m/z) (Tabela 2) tiveram suas intensidades comparadas entre os tratamentos e entre os diferentes tempos de suplementação, a fim de averiguar se realmente houve incorporação destes compostos, sendo estes resultados apresentados no Gráfico 1.

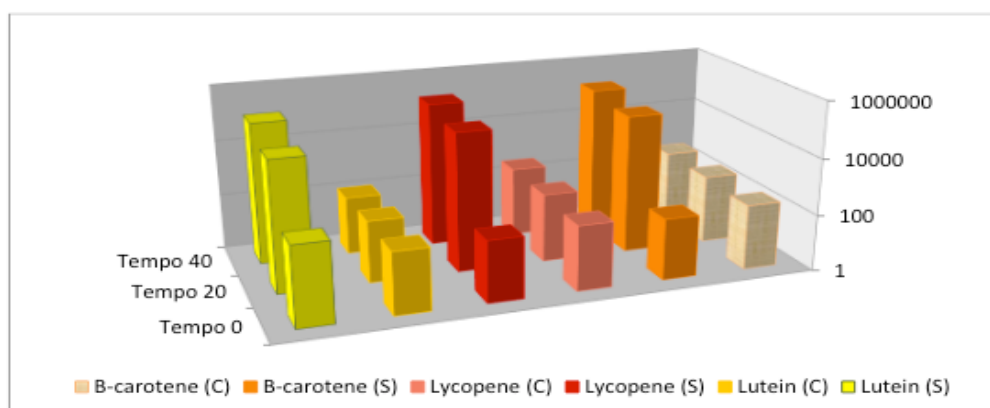


Gráfico 1- Comparação das intensidades relativas dos íons 537.4 e 569.4 entre os filés crus dos tratamentos: controle (TC) e suplementado (TS)

Houve um aumento considerável das intensidades relativas das razões *m/z* atribuídas aos carotenoides nos filés suplementados, comparadas aos filés controle. Aumento atribuído à incorporação dos carotenoides, das dietas enriquecidas, pelas tilápias suplementadas. Os filés suplementados grelhados também foram avaliados quanto à presença das massas referentes aos carotenoides, e as intensidades resultantes foram comparadas com as dos filés crus. Os resultados encontram-se no

Gráfico 2.

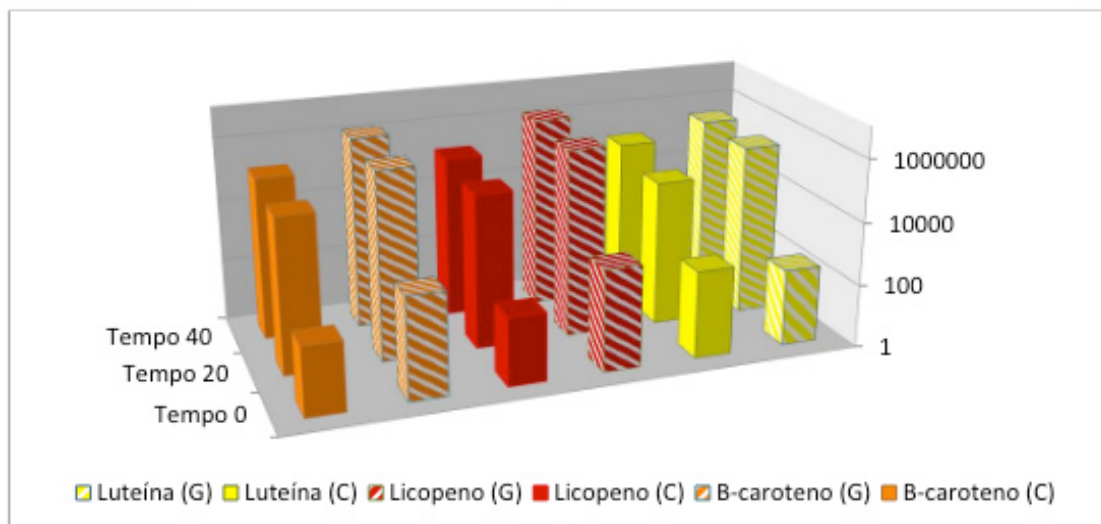


Gráfico 2- Comparação das intensidades relativas dos íons 537.4 e 569.4 entre os filés do TS, grelhado (G) e cru (C)

Os resultados observados no Gráfico 2 vão de acordo com padrão encontrado para os valores de carotenoides totais dos filés suplementados crus e grelhados. O aumento das intensidades relativas pós-cozimento deve-se provavelmente às mesmas razões mencionadas para os carotenoides totais. Ainda, pode ser ocasionado também pelo rompimento da parede celular e dos cromoplastos, onde estão situados os carotenos, em resposta ao processamento térmico, por consequência rompendo a barreira física e crescendo o conteúdo de carotenoides, bem como sua biodisponibilidade (PALMERO *et al.*, 2014; PHINNEY *et al.*, 2017).

4 | CONCLUSÕES

A suplementação da GIFT com os carotenoides, β -caroteno, luteína e licopeno, foi capaz de produzir, além da incorporação dos compostos, índices n-6/n-3 satisfatórios e valores recomendáveis de AGPI/AGS. Ainda, ao grelhar os filés suplementados, foi possível observar efeito contra oxidação lipídica, resultando em geral na preservação dos índices de ácidos graxos essenciais, mesmo após processamento térmico. Ao mesmo tempo, foram melhorados os conteúdos de carotenoides totais dos filés através do cozimento. Dessa forma, a suplementação foi efetiva ao promover a qualidade do alimento, inclusive após preparo para consumo, sendo considerada viável como aditivo na alimentação de tilápias.

REFERÊNCIAS

AROUS, W.H., EL-BERMAWI, N.M., SHALTOUT, O.E., Essa, M.A.E., 2014. **Effect of Adding Different Carotenoid Sources on Growth Performance , Pigmentation , Stress Response and Quality in Red Tilapia (*Oreochromis Spp*)**. Middle East J. Appl. Sci. 4, 988–999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS- AOAC, 1990. AOAC: **Official Methods of Analysis 930.15, 942.05 and 960.52**, 15th Edn. ed, Journal of the Association of the Official Agricultural Chemists. AOAC International, Arlington.

BI, J., LI, Y., WANG, H., SONG, Y., CONG, S., LI, D., ZHOU, D., ZHU, B.-W., TAN, M., 2017. **Physicochemical properties and cytotoxicity of carbon dots in grilled fish**. New J. Chem. 41, 8490–8496.

BLIGH, E.G., DYER, W.J., 1959. **A rapid method of total lipid extraction and purification**. Can. J. Biochem. Physiol. 37, 911–917.

BONAFÉ, E.G., DE FIGUEIREDO, L.C., MARTINS, A.F., MONTEIRO, J.P., JUNIOR, O.O., CANESIN, E.A., MARUYAMA, S.A., VISENTAINER, J. V., 2017. **Incorporation of conjugated fatty acids into Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. J. Sci. Food Agric. 97, 3469–3475.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA, 2001. Resolução- **RDC nº 40**, de 21 de março de 2001. Aprova o regulamento técnico para rotulagem nutricional obrigatória de alimentos e bebidas embalados. Diário Oficial da União, Brasília.

BREEMEN, R.B. V., DONG, L., PAJKOVIC, N.D., 2012. **Atmospheric pressure chemical ionization tandem mass spectrometry of carotenoids**. Int. J. Mass Spectrom. 312, 163–172.

CANO, M.P., GÓMEZ-MAQUEO, A., GARCÍA-CAYUELA, T., WELTI-CHANES, J., 2017. **Characterization of carotenoid profile of Spanish Sanguinos and Verdal prickly pear (*Opuntia ficus-indica*, spp.) tissues**. Food Chem. 237, 612–622.

CARBONERA, F., MONTANHER, P.F., FIGUEIREDO, I.L., BONAFÉ, E.G., SANTOS JÚNIOR, O.O., SARGI, S.C., GONÇALVES, R.M., MATSUSHITA, M., VISENTAINER, J.V., 2016. **Lipid Composition and Antioxidant Capacity Evaluation in Tilapia Fillets Supplemented with a Blend of Oils and Vitamin E**. JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc. 93, 1255–1264.

CARBONERA, F., MONTANHER, P.F., PALOMBINI, S. V., MARUYAMA, S.A., CLAUS, T., SANTOS, H.M.C., SHEISA C. S., MATSUSHITA, M., VISENTAINER, J. V., 2014. **Antioxidant Capacity in Tilapia Fillets Enriched with Extract of Acerola Fruit Residue**. J. Braz. Chem. Soc. 25, 1237–1245.

CHACÓN-ORDÓÑEZ, T., ESQUIVEL, P., JIMÉNEZ, V.M., CARLE, R., SCHWEIGGERT, R.M., 2016. **Deposition Form and Bioaccessibility of Keto-carotenoids from Mamey Sapote (*Pouteria sapota*), Red Bell Pepper (*Capsicum annum*), and Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) Filet**. J. Agric. Food Chem. 64, 1989–1998.

CHEUNG, L.K.Y., TOMITA, H., TAKEMORI, T., 2016. **Mechanisms of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acid loss from pacific saury and comparison of Their retention rates after various cooking methods**. J. Food Sci. 0, 1–9.

CHEW, E.Y., CLEMONS, T.E., SANGIOVANNI, J.P., DANIS, R.P., FERRIS, F.L., ELMAN, M.J., ANTOSZYK, A.N., RUBY, A.J., ORTH, D., BRESSLER, S.B., FISH, G.E., HUBBARD, G.B., KLEIN, M.L., CHANDRA, S.R., BLODI, B. a, DOMALPALLY, A., FRIBERG, T., WONG, W.T., ROSENFELD, P.J., AGRÓN, E., TOTH, C. a, BERNSTEIN, P.S., SPERDUTO, R.D., 2014. **Secondary analyses of the effects of lutein/zeaxanthin on age-related macular degeneration progression: AREDS2 report No. 3**. JAMA Ophthalmol. 132, 142–9.

CHIU, K., LIU, W., 2014. **Dietary administration of the extract of *Rhodobacter sphaeroides* WL-APD911 enhances the growth performance and innate immune responses of seawater red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*)**. Aquaculture 418–419, 32–38.

COOPERSTONE, J.L., FRANCIS, D.M., SCHWARTZ, S.J., 2016. **Thermal processing differentially affects lycopene and other carotenoids in cis-lycopene containing , tangerine tomatoes**. Food Chem. 210, 466–472.

DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Committee on Medical Aspects of Food Policy. **Report on Health and Social Subjects**, 1984. Diet and cardiovascular disease, HMSO. London.

BRASIL. EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA, 2015. **Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais**. Versão eletrônica (2015). URL: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1036709/1/CNPASA2015doc23.pdf> (accessed 6.1.17).

ERIKSEN, J.N., LUU, A.Y., DRAGSTED, L.O., ARRIGONI, E., 2016. **In vitro liberation of carotenoids from spinach and Asia salads after different domestic kitchen procedures**. Food Chem. 203, 23–27.

FIGUEIREDO, I.L., CLAUS, T., OLIVEIRA, O.S.J., ALMEIDA, V.C., MAGON, T., VISENTAINER, J.V., 2016. **Fast derivatization of fatty acids in different meat samples for gas chromatography analysis**. J. Chromatogr. A 1456, 235–241.

FURUYA, W.M., 2010. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**, 21st ed. GFM, Toledo.

GRASSI, T.L.M., SANTO, E.F. DO E., MARCOS, M.T. DE S., CAVAZZANA, J.F., OLIVEIRA, D.L., BOSSOLANI, I.L.C., PONSANO, E.H.G., 2016. **Bacterial pigment for Nile tilapia feeding**. Aquac. Int. 24, 647–660.

GUERIN, M., HUNTLEY, M.E., OLAIZOLA, M., 2003. **Haematococcus astaxanthin : applications for human health and nutrition**. TRENDS Biotechnol. 21, 210–216.

HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, F., AGUILERA-MORALES, M.E., 2012. **Nutritional Richness and Importance of the Consumption of Tilapia in the Papaloapan Region (Riqueza nutricional e importancia del consumo de la mojarra tilapia en la región del Papaloapan)**. REDVET - Rev. electrónica Vet. 13, 1–12.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2016. **Produção da Pecuária Municipal 2016**. Ministério do Planejamento, Desenvolv. e Gestão 44, 1–151.

LOPES, A.P., SCHNEIDER, V.V.A., MONTANHER, P.F., FIGUEIREDO, I.L., SANTOS, H.M.C., MARUYAMA, S.A., ARAÚJO, A.M.M., VISENTAINER, J. V., 2015. **Levels of soybean oil and time of treatment for Nile tilapia: A factorial design for total n-3 fatty acids, n-6/n-3 and PUFA/SFA ratios**. J. Braz. Chem. Soc. 26, 572–579.

MELEIRO, V.C., NASCIMENTO, K.O., BARBOSA JUNIOR, J.L., SALDANHA, T., BARBOSA, M.I.M.J., 2016. **Carotenoids from annatto as potential antioxidants in Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) burgers**. Int. Food Res. J. 23, 543–548.

MONTANHER, P.F., SILVA, B.C.E., BONAFE, E.G., CARBONERA, F., DOS SANTOS, H.M.C., FIGUEIREDO, I.D., MARUYAMA, S.A., MATSUSHITA, M., VISENTAINER, J. V, 2016. **Effects of diet supplementation with chia (Salvia hispanica L.) oil and natural antioxidant extract on the omega-3 content and antioxidant capacity of Nile tilapia fillets**. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 118, 698–707.

NAVARRO, R.D., NAVARRO, F.K.S.P., RIBEIRO FILHO, O.P., FERREIRA, W.M., PEREIRA, M.M., SEIXAS FILHO, J.T., 2012. **Quality of polyunsaturated fatty acids in Nile tilapias (Oreochromis niloticus) fed with vitamin e supplementation**. Food Chem. 134, 215–218.

ÖZOGUL, Y., ÖZOGUL, F., 2007. **Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean , Aegean and Black Seas**. Food Chem. 100, 1634–1638.

PALMERO, P., LEMMENS, L., HENDRICKX, M., LOEY, A. V., 2014. **Role of carotenoid type on the effect of thermal processing on bioaccessibility**. Food Chem. 157, 275–282.

PHAN-THI, H., DURAND, P., PROST, M., PROST, E., WACHÉ, Y., 2016. **Effect of heat-processing on the antioxidant and prooxidant activities of β -carotene from natural and synthetic origins on red blood cells.** Food Chem. 190, 1137–1144.

PHINNEY, D.M., FRELKA, J.C., COOPERSTONE, J.L., SCHWARTZ, S.J., HELDMAN, D.R., 2017. **Effect of solvent addition sequence on lycopene extraction efficiency from membrane neutralized caustic peeled tomato waste.** Food Chem. 215, 354–361.

PONSANO, E.H.G., GRASSI, T.L.M., SANTO, E.F.E., MARCOS, M.T.S., CAVAZZANA, J.F., PINTO, M.F., 2014. **Color and carotenoids in tilapia fish fed different carotenoids**, in: International Congress of Meat Science and Technology. Punta Del Este, Uruguay, pp. 98–101.

ROWLES, J.L.I., RANARD, K.M., SMITH, J.W., AN, R., ERDMAN, J.W.J., 2017. **Increased dietary and circulating lycopene are associated with reduced prostate cancer risk: a systematic review and meta-analysis.** Prostate Cancer Prostatic Dis. 1–17.

SANTO, E.F.E., GRASSI, T.L.M., MARCOS, M.T.S., OLIVEIRA, D.L., CAVAZZAN, J.F., CIARLINI, P.C., NARCISO, L.G., TORRES, A.A., GONÇALVES, G.S., ABIMORAD, E.G., PONSANO, E.H.G., 2016. **Desempenho, sanidade animal e qualidade de filés de tilápias alimentadas com ração suplementada com biomassa bacteriana.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 68, 525–534.

SILVA, F. DE A.S. E, AZEVEDO, C.A.V. DE, 2016. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data.** African J. Agric. Res. 11, 3733–3740.

SIMOPOULOS, A.P., 2002. **The importance of the ratio of omega-6 / omega-3 essential fatty acids.** Biomed Pharmacother 56, 365–379.

TEIMOURI, M., AMIRKOLAIE, A.K., YEGANEH, S., 2013. **The effects of spirulina platensis meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (oncorhynchus mykiss).** Aquaculture 396–399, 14–19.

VALENTE, L.M.P., ARAÚJO, M., BATISTA, S., PEIXOTO, M.J., SOUSA-PINTO, I., BROTAS, V., CUNHA, L.M., REMA, P., 2016. **Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated Ulva spp.** J. Appl. Phycol. 28, 691–701.

VISENTAINER, J.V., 2012. **Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos.** Quim. Nova 35, 274–279.

WEBER, J., BOCHI, V.C., RIBEIRO, C.P., VICTÓRIO, A. DE M., EMANUELLI, T., 2008. **Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (Rhamdia quelen) fillets.** Food Chem. 106, 140–146.

YU, L.C., ZZAMAN, W., AKANDA, M.J.H., YANG, T.A., EASA, A.M., 2017. **Influence of Superheated Steam Cooking on Proximate, Fatty Acid Profile, and Amino Acid Composition of Catfish (Clarias batrachus) Fillets.** Turkish J. Fish. Aquat. Sci. 17, 935–943.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt - Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-291-3

