



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

LUCIANE YURI YOSHIARA

**EFEITO DO MÉTODO DE COCÇÃO SOBRE
O TEOR DE ÔMEGA 3 EM PESCADO**

Londrina
2007

LUCIANE YURI YOSHIARA

**EFEITO DO MÉTODO DE COCÇÃO SOBRE
O TEOR DE ÔMEGA 3 EM PESCADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Raúl Jorge Hernan Castro Gómez

Londrina
2007

Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Y65e Yoshiara, Luciane Yuri.
Efeito do método de cocção sobre o teor de ômega 3 em pescado / Luciane Yuri Yoshiara. – Londrina, 2007.
99f. : il.

Orientador: Raúl Jorge Hernan Castro Gómez.

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós – Graduação em Ciência de Alimentos, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Alimentos – Análise – Teses. 2. Ácidos graxos Ômega-3 – Teses. 3. Óleos e gorduras alimentícias – Teses. 4. Oreochromis niloticus – Teses.
I. Castro Gómez, Raúl Jorge Hernan. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós – Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDU 641:543

LUCIANE YURI YOSHIARA

**EFEITO DO MÉTODO DE COCÇÃO SOBRE
O TEOR DE ÔMEGA 3 EM PESCADO**

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr Raúl Jorge Hernan Castro Gómez
Universidade Estadual de Londrina

Profª Drª Lucia Helena da Silva Miglioranza
Universidade Estadual de Londrina

Profª Drª Elza Youssef Youssef
Instituto de Ensino Superior de Londrina

Londrina, 05 de Junho de 2007.

DEDICATÓRIA

**Ao meu pai, minha mãe e meu irmão
Pelo amor e apoio sempre**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Raúl Jorge Hernan Castro Gómez pela orientação, carinho. Pelos momentos de “luz” e incentivo. Pela confiança depositada em mim. Por ser uma pessoa tão admirável a ponto de nos fazer querer ser como ele.

Ao meu pai (Roberto), minha mãe (Hiseko) e meu irmão (Alberto), imprescindíveis na minha vida, minha formação, minha educação, por me tornarem uma pessoa melhor. Por serem sempre meu ponto de apoio em todos os momentos da minha vida. Por serem meu incentivo constante.

Ao Departamento de Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina.

Aos Professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.

Ao Mauro Caetano Filho e aos funcionários da Psicultura da UEL, Jurandir Batista, Waldemar Ferreira da Silva, Valdenir da Silva, pelo grande auxílio na criação dos peixes necessários ao experimento.

À Prof Dra. Dalva Trevisan Ferreira e ao Técnico Jurandir Pereira Pinto do Departamento de Química por disponibilizar o Cromatógrafo a gás, essencial à minha pesquisa.

À amiga amada Caroline M. Calliari (Irmã) pelos chás e cafés da manhã acompanhados de conversas valiosas, pelas conversas sem os chás e cafés da manhã mesmo, pelo apoio, carinho e amizade.

À amiga Anié Francabandiera (Magrela), por nossas conversas e “passeios” pela psicultura da UEL e grande apoio durante criação e filetagem dos peixes.

Aos meus amigos queridos que conheci no decorrer do curso: Renata Dinnies Santos, Michele Rosset (Florzera), Luciana Hayashi (Lulu), Cláudio T. Ueno, Alexandre Azevedo (Quati), Luiz Rodrigo I. Morioka, Ariane Gaspar Costa, Daryne Maldonado, Cleiton Inácio (Tom), Magali Maganhini, Ana Augusta Odorissi Xavier (Aninha), Isabella Peres Gualda (Isa), Roselane Langer, Maike Maziero, Denis Fabrício Marchi, Rafael Dias e tantos outros pelo apoio, torcida, carinho e pelos momentos felizes.

Aos amigos , Roberta Janaína S. G. Pitta, Marcela Sasso de Andrade (Mar), Juliana Bandeira (Juba), Karina Kaneko (*in memorian*), Walter Lembi.

Minha Batian Tazue Kubota (D. Maria), meus tios, tias, primos e primas pelo apoio e amizade.

Aos técnicos do DCTA, Dra. Elza Youssef, Berenice Figueiredo, Marli Piologo Pereira Pinto, Patrícia Sambatti, Nelson Heitor Fuzinato pelo auxílio nos trabalhos em laboratório.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento deste estudo.

À CAPES, pelo auxílio financeiro com a concessão da bolsa de estudos.

"Mantenha os seus olhos nas estrelas e os seus pés na terra."

- *Theodore Roosevelt* –

"Melhor é acender uma vela do que amaldiçoar a escuridão."

- *Provérbio chinês* –

"Caia sete vezes, levante-se oito."

- *Provérbio japonês* –

YOSHIARA, Luciane Yuri. **Efeito do método de cocção sobre o teor de ômega 3 em pescado.** 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RESUMO

Para verificar qual o melhor método de cocção para preparo de alimentos e assegurar o consumo de ômega 3 ($\omega 3$), as amostras foram preparadas com base nos métodos domésticos de cocção: cozimento em água (CO), fritura por imersão (em óleo de soja (FOS), em azeite de oliva (FAO) e em gordura vegetal hidrogenada (FGV)), assado em forno convencional (AFC) e em forno de microondas (AM). O efeito benéfico do uso de ácidos graxos $\omega 3$, tem sido descrito na redução do risco e tratamento de doenças cardiovasculares, em processos inflamatórios, câncer, obesidade, diabetes, etc. O objetivo do trabalho foi verificar o efeito do método de cocção sobre o teor de $\omega 3$ em pescado. O experimento foi inteiramente casualizado para os tratamentos e para cada tratamento foram feitas análises na amostra tratada e crua para controle (proteínas totais, lipídeos totais, composição de ácidos graxos, umidade e cinzas). Houve perda de umidade em todos os métodos de cocção, decorrente do aquecimento. Os métodos de cocção testados em nada influenciaram nas quantidades de proteínas dos filés de tilápia. Com relação aos lipídeos, observou-se um aumento da quantidade quando comparados os crus com os tratados em base seca. Esse aumento é decorrente da melhor extração de lipídeos das amostras tratadas. A quantidade de cinzas variou diferentemente entre os métodos, diminuindo significativamente ($p < 0,05$) nas amostras CO, FGV e FAO e aumentando significativamente em FOS. O método de cocção mais indicado para o consumo de alimentos com $\omega 3$ é o assado em forno microondas pois apresentou maior destruição de $\omega 6$ e aumento nos teores de $\omega 3$.

Palavras-chave: Cozimento. Assamento. Fritura por imersão. Ômega 3. *Oreochromis niloticus*.

YOSHIARA, Luciane Yuri. **Effect of Cooking methods on omega 3 content in fish.** 2007. 99f. Dissertation (Master's Degree in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

ABSTRACT

To verify which is the best cooking method to ensure the omega 3 (ω_3) intake, the samples were prepared based on the domestic methods of cooking: boiling (CO), fried in soybean oil (FOS), fried in olive oil (FAO), fried in shortening (FGV), roasted in conventional oven (AFC) and roasted in microwave oven (AM). The benefic effects of ω_3 consumption have been described in reduction of risk and treatment of cardiovascular diseases, in inflammatory processes, cancer, obesity, diabetes, etc. The aim of this study was to verify the effect of fish cooking by different methods on the ω_3 content. The experiment was totally randomized for cooking methods and for each treatment, analysis in raw and treated samples were made for control (total proteins, total lipids, fatty acid composition, moisture and ashes). Loss in moisture contents were observed in all cooking methods. Cooking methods had no influence in protein content. An increase where found in lipid content when compared with treated samples in dry basis. This increase was related to a better extraction during analysis, due to cooking. The ashes content varied differently between cooking methods, reduced significantly ($p < 0,05$) in CO, FGV and FAO and increased significantly in FOS. The best cooking methods were roasted the fish in microwave ovens because these method ensure a least destruction of ω_3 and a mayor destruction of ω_6 .

Keywords: Boiling. Deep fry. Roasting. Omega 3. *Oreochromis niloticus*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Sintomas da deficiência de Ácidos Graxos ω 3 e ω 6.....	19
Tabela 2	–	Efeitos de ácidos graxos ω 3 nos fatores envolvidos na aterosclerose e inflamação	25
Tabela 3	–	Recomendações de consumo de ácidos graxos ômega-3 para adultos e as quantidades adequadas destes ácidos graxos em uma fórmula para dieta infantil	29
Tabela 4	–	Composição típica e elementos químicos constantes de óleo de soja e azeite de oliva.....	33
Tabela 5	–	Temperaturas internas dos filés de tilápia após tratamento térmico	45
Tabela 6	–	Principais componentes do filé de tilápia antes e após cozimento em água (CO) em ebulição por 20 minutos.....	46
Tabela 7	–	Principais componentes do filé de tilápia antes e após tratamento em forno microondas (AM) por 5 minutos	46
Tabela 8	–	Principais componentes do filé de tilápia antes e após tratamento em forno convencional (AFC) por 20 minutos	47
Tabela 9	–	Principais componentes do filé de tilápia antes e após fritura em óleo de soja (FOS).....	47
Tabela 10	–	Principais componentes do filé de tilápia antes e após fritura em azeite de oliva (FAO).....	47
Tabela 11	–	Principais componentes do filé de tilápia antes e após fritura em gordura hidrogenada (FGV)	48
Tabela 12	–	Teores de proteínas em filés de tilápia submetidos a 6 métodos de cocção considerando sua perda de peso durante o processo	49
Tabela 13	–	Comparação dos principais componentes do filé entre os métodos de cocção	50
Tabela 14	–	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de amostra antes e cozimento em água (CO) em ebulição por 20 minutos.....	52
Tabela 15	–	Teores de ácidos raxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de amostra e após tratamento em forno microondas (AM) por 5 minutos	53

Tabela 16 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de amostra antes e após tratamento em forno convencional (AFC) por 20 minutos.....	53
Tabela 17 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de amostra antes e após fritura em óleo de soja (FOS).....	54
Tabela 18 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de amostra antes e após fritura em azeite de oliva (FAO).....	55
Tabela 19 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de amostra antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada (FGV)	56
Tabela 20 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de lipídeos antes e após cozimento em água em ebulição por 20 minutos (CO)	57
Tabela 21 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de lipídeos antes e após tratamento em forno microondas por 5 minutos (AM)..	58
Tabela 22 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de lipídeos antes e após tratamento em forno convencional por 20 minutos (AFC).....	59
Tabela 23 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de lipídeos antes e após fritura em óleo de soja (FOS).....	59
Tabela 24 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de lipídeos antes e após fritura em azeite de oliva (FAO).....	60
Tabela 25 –	Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g. de lipídeos antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada (FGV)	61
Tabela 26 –	Variação dos teores de ω 6 submetidos a diferentes métodos de cocção.....	64
Tabela 27 –	Variação dos teores de ω 3 submetidos a diferentes métodos de cocção.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química dos ácidos graxos poliinsaturados omega 3, e nomenclaturas utilizadas	20
Figura 2 – Estrutura química dos ácidos graxos polinsaturados omega 6 e nomenclaturas utilizadas	21
Figura 3 – Competição metabólica entre $\omega 3$ e $\omega 6$ (SALEM, 1999)	22
Figura 4 – Aquecimento de estufas por convecção gravitacional (POMBEIRO, 2003).....	37
Figura 5 – Teores de ácido eicosapentaenóico (EPA) antes e após tratamentos	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 LÍPÍDEOS E NUTRIÇÃO HUMANA	18
3.2 CLASSIFICAÇÃO E NOMENCLATURA	19
3.3 ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS	19
3.3.1 Ácidos Graxos Essenciais	20
3.4 ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 E A SAÚDE HUMANA	23
3.4.1 Doenças Cardiovasculares	24
3.4.2 Inflamação	24
3.4.3 Câncer	26
3.4.4 Obesidade	27
3.4.5 Diabetes Mellitus tipo 2 (não-insulino-dependente) (DMNID)	27
3.5 RECOMENDAÇÕES DO CONSUMO DE $\Omega 6$ E $\Omega 3$	28
3.6 EFEITO DO CALOR E PROCESSAMENTO SOBRE O TEOR DE NUTRIENTES	29
3.6.1 Métodos de Cocção	31
3.6.1.1 Cozimento	31
3.6.1.2 Fritura por imersão	31
3.6.1.2.1 Óleos e gorduras comumente utilizados para fritura	33
a) Óleo de Soja	33
b) Azeite de Oliva	34
c) Gordura Vegetal Hidrogenada	35
3.6.1.3 Forno de microondas	35
3.6.1.4 Forno convencional	37
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 MATERIAL	39
4.1.1 Pescado	39

4.1.2 Reagentes	39
4.2 MÉTODOS DE COCÇÃO	39
4.3 PREPARO DO PESCADO	40
4.3.1 Pescado Cru	40
4.3.2 Pescado Frito por imersão	40
4.3.3 Pescado Cozido	41
4.3.4 Pescado assado em forno microondas	41
4.3.5 Pescado assado em forno convencional	41
4.4 DETERMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO FILÉ	41
4.4.1 Proteínas totais	42
4.4.2 Umidade	42
4.4.3 Cinzas	42
4.4.4 Lipídeos totais	42
4.5 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS	43
4.5.1 Extração dos lipídeos (Bligh, Dyer, 1959)	43
4.5.2 Transesterificação dos lipídeos (ISO, 1978)	43
4.5.3 Análise cromatográfica dos ésteres metílicos de ácidos graxos	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 ANÁLISE DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO FILÉ DE TILÁPIA	46
5.2 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS	51
6 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXOS	73
ANEXO 1 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e cozimento em água em ebulição por 20 minutos (CO).	74
ANEXO 2 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após assamento em forno microondas por 5 minutos.....	76

ANEXO 3 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após tratamento em forno convencional (AFC) por 20 minutos.....	78
ANEXO 4 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após Fritura em óleo de soja (FOS).....	80
ANEXO 5 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após fritura em azeite de oliva (FAO).....	82
ANEXO 6 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada (FGV).....	84
ANEXO 7 – Comparação da quantidade de ácidos graxos entre os métodos de cocção (mg/100g lipídeos).....	86
ANEXO 8 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após cozimento em água em ebulição por 20 minutos (CO).	88
ANEXO 9 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após tratamento em forno microondas por 5 minutos (AM).....	90
ANEXO 10 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após tratamento em forno convencional por 20 minutos (AFC).....	92
ANEXO 11 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após fritura em óleo de soja (FOS).....	94
ANEXO 12 – Quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após Fritura em azeite de oliva (FAO).....	96
ANEXO 13 – Quantidades de ácidos graxos Saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada(FGV).....	98

1 INTRODUÇÃO

Muitos nutrientes têm recebido destaque em estudos recentes sobre suas ações benéficas à saúde humana. A função dos óleos e gorduras tem sido intensamente pesquisada e discutida. Como resultado, vem sendo destacada a importância do balanço na ingestão de ácidos graxos da família ômega na dieta.

Um dos meios mais populares para obtenção destes nutrientes na dieta é o pescado, porém, questiona-se se o consumo deste garante a ingestão adequada desse ácido graxo, independente do método de cocção utilizado, já que se tratam de ácidos graxos poliinsaturados, o que lhes confere pouca estabilidade (NAWAR, 1996).

Os lipídeos, principal fonte de energia para muitos tecidos, possuem alta concentração energética apesar disso, foram considerados os “vilões” da alimentação por muito tempo por estarem relacionados à obesidade e suas consequências, entre elas as doenças cardiovasculares e síndromes metabólicas (WAITZBERG, BORGES, 2000).

Segundo Waitzberg e Borges (2000), os ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) não são interconvertíveis diferentemente com o observado nos ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), que podem ser formados a partir dos saturados (AGS). Além de possuírem alto teor energético, os ácidos graxos essenciais têm grande importância pelo seu papel farmacológico, pois participam de reações inflamatórias, estão diretamente relacionados à resistência imunológica, distúrbios metabólicos, processos trombóticos e doenças neoplásicas.

Pelas estimativas de estudos da nutrição de populações paleolíticas e dos dias modernos, o homem possuía uma dieta com teores muito menores de AGS do que hoje em dia. A dieta continha relações de ω_6/ω_3 na razão de 1/1 a 2/1 e muito menos teores de ácidos graxos trans do que na dieta atual (SIMOPOULOS, 1997).

A razão da dieta atual possuir teor tão alto de ω_6 ($\omega_6/\omega_3 = 20-30/1$) se deve às recomendações indiscriminadas para a substituição de AGS por ω_6 para diminuir os níveis séricos de colesterol. O consumo de ω_3 atualmente é muito menor devido, entre outros fatores, ao baixo consumo de pescado e à produção de ração animal rica em grãos contendo ω_6 , resultando na produção de carne com altos

teores de ω_6 . O mesmo acontece na piscicultura e na avicultura, particularmente, na produção de ovos (SIMOPOULOS, 1997).

O efeito benéfico do uso de ácidos graxos ômega-3 (ω_3), notadamente ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA), tem sido descrito na redução de risco e tratamento de doenças cardiovasculares, na retocolite ulcerativa, em alterações imunológicas e doenças pulmonares.

Assim, com o objetivo de verificar qual o melhor método de cocção no preparo de pescado tendo em consideração a menor perda de ω_3 , foram realizados distintos procedimentos com base nos métodos domésticos de cocção mais utilizados (cozimento em água, fritura por imersão, assado em forno convencional e em forno de microondas).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Verificar o efeito do método de cocção sobre o teor de $\omega 3$ em pescado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o efeito do processo de cocção na composição centesimal de pescados;
- Verificar o efeito do método de cocção sobre a composição de ácidos graxos com ênfase no $\omega 3$.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LIPÍDEOS E NUTRIÇÃO HUMANA

De acordo com Nawar (1996), lipídeos compõem um extenso grupo de compostos que são geralmente solúveis em solventes orgânicos, mas raramente solúveis em água. São os maiores componentes do tecido adiposo e junto com as proteínas e carboidratos constituem os componentes estruturais principais de todas as células vivas. Ésteres de glicerol de ácidos graxos, que fazem mais de 99% dos lipídeos de origem animal e vegetal, têm sido chamados de gorduras e óleos.

Esta distinção baseia-se unicamente na forma física, se o material é sólido ou líquido à temperatura ambiente, é de pouca importância prática e os dois termos são freqüentemente permutáveis (NAWAR, 1996).

Os lipídeos ou ácidos graxos são a principal fonte calórica para muitos tecidos, são armazenados sob forma de triglicérides, moléculas de triésteres de ácidos graxos acoplados a um álcool, o glicerol. Tem alta concentração energética (9,3 kcal/g), fornece ácidos graxos essenciais e atua no transporte de vitaminas lipossolúveis (WAITZBERG; BORGES, 2000), aumentam a palatabilidade dos alimentos, mas por décadas estiveram no centro das controvérsias sobre sua toxicidade, obesidade e doenças (NAWAR, 1996).

A importância dos ácidos graxos essenciais ômega 3 (ω 3) e ômega 6 (ω 6) se justifica por serem componentes da membrana celular e por lhe conferirem fluidez e viscosidade específica, permitindo a difusão de várias substâncias importantes para o metabolismo celular e imunológico. A ingestão de gorduras dietéticas influencia na composição lipídica da membrana celular. O consumo elevado de óleos vegetais poliinsaturados pode levar ao aumento dos teores de ω 6 na membrana. O mesmo pode ocorrer com ácidos graxos ω 3, embora em tempo mais lento e relacionado à quantidade fornecida (WAITZBERG; BORGES, 2000).

A tabela a seguir apresenta os sintomas clínicos decorrentes da deficiência de ácidos graxos ω 3 e ω 6:

Tabela 1 – Sintomas da deficiência de Ácidos Graxos ω 3 e ω 6.

Deficiência de	Sintomas clínicos
Ácidos graxos ω 6	Lesões de pele Anemia Aumento da agregação plaquetária Trombocitopenia Esteatose hepática Retardo da cicatrização Aumento da susceptibilidade a infecções
Em crianças	Retardo do crescimento Diarréia
Ácidos graxos ω 3	Sintomas neurológicos Redução da acuidade visual Lesões de pele Retardo no crescimento Diminuição da capacidade de aprendizagem Eletrorretinograma anormal

Fonte: WAITZBERG; BORGES, 2000.

3.2 CLASSIFICAÇÃO E NOMENCLATURA

De acordo com as regras de nomenclatura, um nome químico deve identificar o composto químico e descrever sua estrutura sem ambigüidade. Isto é feito usando uma nomenclatura sistemática sem possibilidade de erro. Este sistema nomeia ácidos graxos com base no número de átomos de carbonos e o número e posição das instaurações com relação aos grupos carboxila, grupos substituídos e suas posições são identificadas. Atividade óptica e configuração geométrica também são designadas. Ômega (ω) é freqüentemente utilizado para indicar a distância de uma dupla ligação da terminação metil (LOBB, CHOW, 2000).

3.3 ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS

Os ácidos graxos insaturados (AGI) podem conter uma ou mais duplas ou triplas ligações e podem ser divididas em monoinsaturados (AGMI ou

MUFA), poliinsaturados (AGPI ou PUFA) e ácidos graxos acetilênicos (LOBB & CHOW, 2000).

3.3.1 Ácidos Graxos Essenciais

Dentre os ácidos graxos insaturados, as famílias mais importantes são: ω 3, ω 6, ω 9, conhecidos como ácidos graxos essenciais.

Um importante ácido graxo ω 3 é o ácido linolênico (Figura 1). Este ácido graxo é o principal componente do óleo de linhaça e está disponível em materiais de pintura pela suas propriedade de secagem. É o maior componente lipídico das folhas de plantas, galhos e raízes e também um componente significativa de muitos organismos fotossintéticos (LOBB & CHOW, 2000).

Os outros dois ácidos graxos ω 3 importantes são o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA) (Figura 1), que são primariamente encontrados em óleo de peixe e algas marinhas (LOBB & CHOW, 2000).

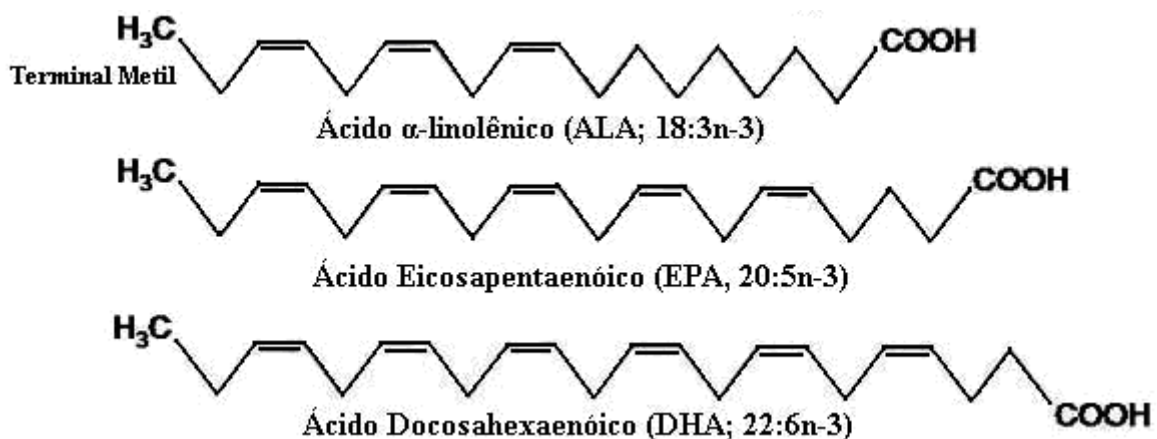


Figura 1 – Estrutura química dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 3, e nomenclaturas utilizadas.

O ácido araquidônico, um ω 6 (Figura 2), é conhecido como precursor de prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos; está presente em

gorduras animais e em proporções menores em muitos óleos de peixes (LOBB & CHOW, 2000).

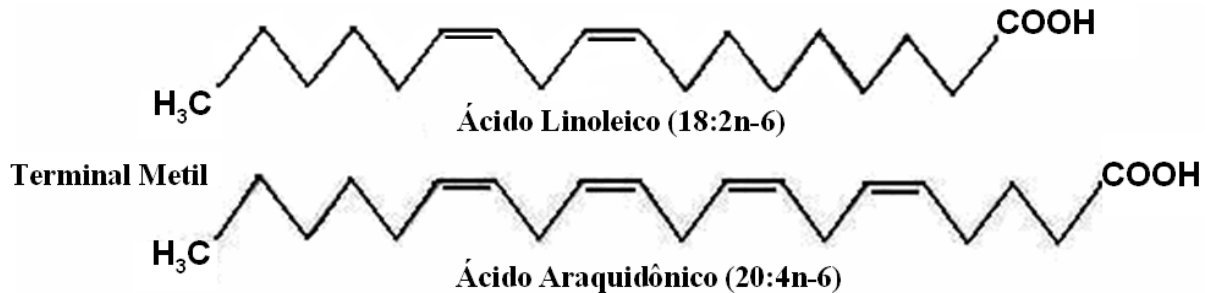


Figura 2 – Estrutura química dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 6 e nomenclaturas utilizadas.

Os ácidos α -linolênico e linoleico são considerados ácidos graxos essenciais e precursores dos demais ácidos da família $\omega 3$ e $\omega 6$, respectivamente. Uma vez consumidos, os ácidos linoleico e α -linolênico podem ser alongados até cadeias de 20 ou 22 carbonos (SALEM, 1999).

O ácido linoleico pode ser metabolizado em outros ácidos $\omega 6$, incluindo o γ -linolênico e o araquidônico. O ácido α -linolênico é metabolizado em outros da série $\omega 3$, entre eles, EPA e DHA. Este processo metabólico é mediado pelas enzimas chamadas elongase e dessaturases, que participam, na formação dos PUFA, $\omega 3$ e $\omega 6$, resultando em uma competição metabólica entre os dois grupos (SALEM, 1999), como demonstra a Figura 3.

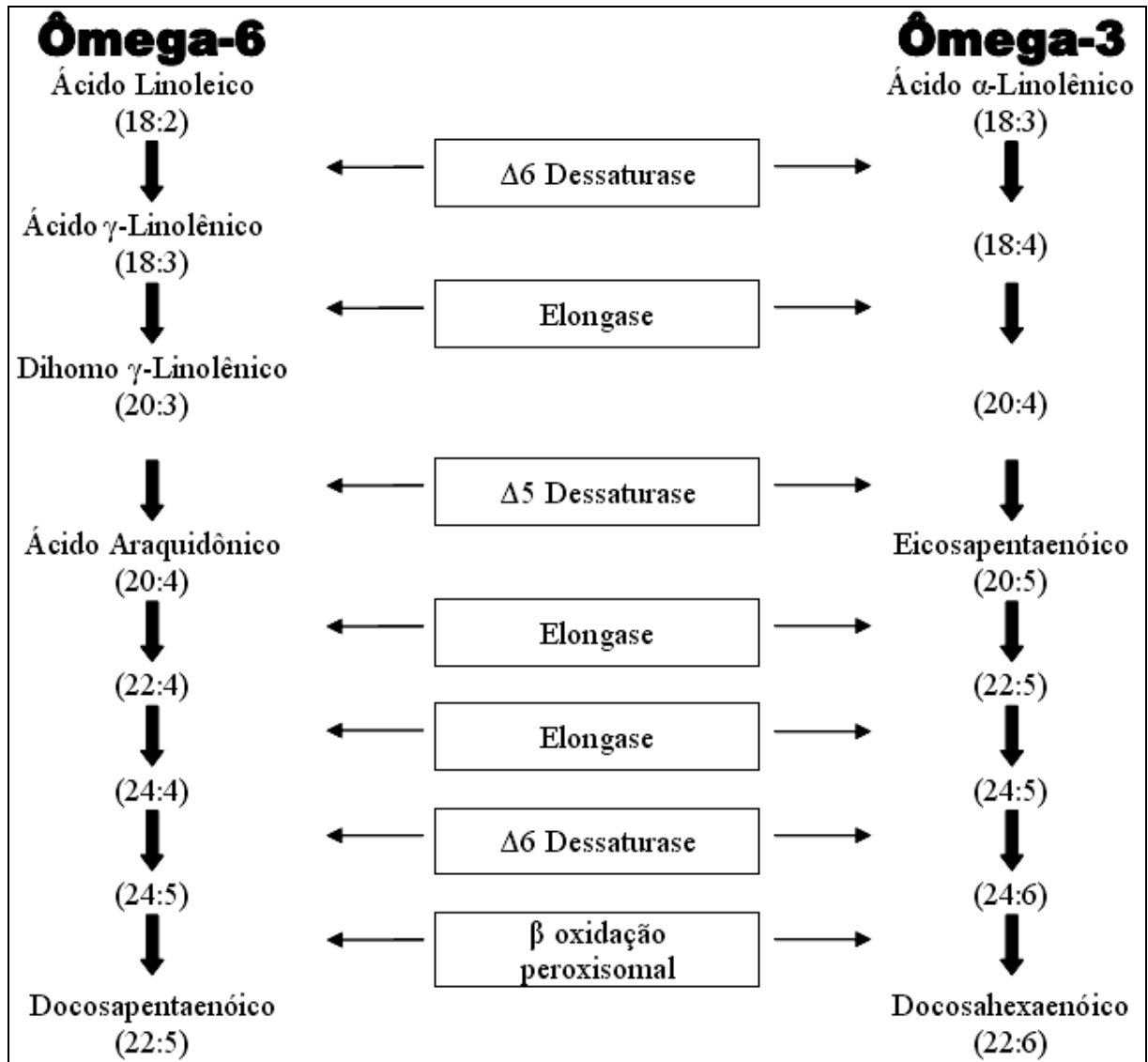


Figura 3 – Competição metabólica entre ω 3 e ω 6 (SALEM, 1999).

O ácido linoleico pode ser encontrado em óleos vegetais de milho, soja, girassol e outros. Já o ácido linolênico pode ser encontrado em altas concentrações em sementes de linho. Peixes com alto teor lipídico são as melhores fontes de ω 3, mas o consumo destes é muito baixo para alcançar a recomendação diária (SHAHIDI, FINLEY, 2001).

As quantidades de ácidos graxos e suas proporções presentes em carnes diferem consideravelmente entre as espécies animais. Rhee (2000) afirma que a composição em ácidos graxos em tecidos, principalmente no tecido adiposo de animais não-ruminantes, tende a refletir a composição da dieta do animal.

Já para animais ruminantes, a microbiota do rúmem atua para determinar o tipo de ácido graxo que estará disponível no animal. Os microorganismos do rumem convertem ácidos graxos insaturados presentes na dieta em ácidos graxos saturados, sendo assim mais difícil aumentar as insaturações em lipídeos nos ruminantes através de uma modificação alimentar (RHEE, 2000).

Além das fontes naturais de ω 3, pesquisadores vêm desenvolvendo métodos para que a carne de pescados apresente maior teor deste nutriente. Visentainer, *et al* (2003) realizaram um estudo sobre a composição físico-química e composição de ácidos graxos nos lipídeos totais de cabeças de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tempos de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça, em substituição ao óleo de girassol, obtendo um aumento nos teores percentuais do ácido 18:3n-3, aumento da somatória de ácidos graxos ω -3 e uma diminuição da razão ω -6/ ω -3.

3.4 ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA 3 E A SAÚDE HUMANA

Os ácidos graxos ω 3 são essenciais para o crescimento e desenvolvimento normal e podem ter papel importante na prevenção e tratamento de doença coronariana, hipertensão, diabetes, arritmia, outras desordens autoimunes e inflamatórias e câncer (SIMOPOULOS, 1997; MA, *et al*, 2004).

Ma, *et al* (2004), escreveram em sua revisão que os benefícios atribuídos ao consumo de ω 3 tem sido geralmente relacionadas com suas propriedades de remodelamento da membrana celular. Evidências *in vitro* sugerem que perturbações na composição da membrana alteram a função das proteínas presentes ali e, conseqüentemente, a resposta celular.

3.4.1 Doenças Cardiovasculares

Estudos demonstram que o consumo de ácidos graxos ω_3 pode representar um fator de proteção contra doença cardíaca isquêmica fatal em mulheres. O alto consumo de alimentos como molhos de saladas à base de óleo que contenha AGPI, incluindo o ácido α -linolênico, pode reduzir o risco de doença cardíaca isquêmica fatal (HU, *et al*, 1999).

De acordo com Simopoulos (1999), o consumo de ω_3 tem demonstrado benefícios ajudando consistentemente na diminuição das concentrações séricas de triacilgliceróis. Estudos em humanos tem demonstrado que o consumo de óleo de peixe reduz a secreção de VLDL e em indivíduos com perfil lipídico normal, ω_3 previne e reverte rapidamente a hipertrigliceridemia induzida por carboidratos.

3.4.2 Inflamação

A suplementação com ácidos graxos poliinsaturados ω_3 tem mostrado efeitos antiinflamatórios em estudos de populações saudáveis e em modelos de condições de processos inflamatórios crônicos. Mas há variações, indivíduos com quadro inflamatório mais grave podem obter benefícios maiores de suplementos com ácidos graxos poliinsaturados, sugerindo uma interação entre inflamação e fenótipo. (BROWNING, 2003).

Os eicosanóides derivados de ácidos graxos ω_6 , ácido araquidônico e citocinas interleucina 1-beta e fator alfa de necrose tumoral estão envolvidos nos sinais e sintomas da doença inflamatória articular, bem como na degradação da cartilagem observada na artrite reumatóide (AR) estabelecida (JAMES; PROUDMAN, CLELAND, 2003).

Ácidos graxos ω_3 presentes em peixes e óleo de peixe podem inibir a produção de eicosanóides e citocinas, mediadores do processo inflamatório e conseqüentemente modificar o quadro de AR. Estudos epidemiológicos sugerem que o consumo de peixe pode ser um preventivo para AR, e estudos duplo-cego

triglicerídeos de cadeia média, 45% de triglicerídeos de cadeia longa, 10% de óleo de peixe (relação $\omega 3/\omega 6 = 1/3$) equiparou-se ao grupo sem colite.

Emulsões lipídicas contendo baixa razão $\omega 6/\omega 3$ não modifica as manifestações inflamatórias da colite; óleo de peixe com alta razão entre $\omega 6/\omega 3$ determina grande impacto benéfico, atenuando as conseqüências morfológicas e inflamatórias e diminuindo as concentrações teciduais de eicosanóides pró-inflamatórios (CAMPOS, et al, 2002).

3.4.3 Câncer

Estudos evidenciam, *in vivo* e *in vitro*, que ácidos graxos $\omega 3$, especialmente ao ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, EPA e DHA, presentes na gordura de peixe e em óleo de peixes, inibem a carcinogênese. Larsson et al. (2004) esclareceram os mecanismos potenciais da ação anticarcinogênica dos ácidos graxos $\omega 3$ propondo que estes podem modificar o processo de carcinogênese, incluindo a supressão da biossíntese de ácido araquidônico derivado do EPA; influência no fator de atividade de transcrição, expressão gênica; alteração do metabolismo de estrogênio; aumento ou diminuição da produção de radicais livres e espécies reativas de oxigênio e mecanismos envolvendo sensibilidade à insulina e fluidez da membrana.

McCabe, et al (2004), demonstraram que o ácido graxo poliinsaturado (PUFA) $\omega 3$ derivado de óleo de peixe, denominado DHA, pode aumentar os inibidores de membrana de metaloproteinase (TIMP-1) em células de carcinoma renal, concluindo que o DHA é capaz de reduzir significativamente o perfil invasivo de uma célula de carcinoma e que essas reduções são reguladas pelos níveis de produção da segunda série de prostaglandinas.

3.4.4 Obesidade

A obesidade abdominal tem sido associada com várias doenças e desordens, mas o maior interesse tem sido a relação com o diabetes mellitus não insulino-dependente (DMNID) e doenças cardiovasculares (DCV). Obesidade abdominal associada à hiperinsulinemia, insulino-resistência, anormalidades das lipoproteínas e hipertensão, constitui uma síndrome metabólica que eleva o risco de DMNID e DCV (WAHLQVIST, et al, 1999).

Segundo Wahlqvist et al, (1999), resultados de estudos sugerem que altas concentrações de AGPI nos fosfolídeos do músculo esquelético estão associadas com melhor sensibilidade insulínica. Alterações na função dos adipócitos da membrana podem ter influência na distribuição da gordura corporal.

3.4.5 Diabetes Mellitus tipo 2 (não-insulino-dependente) (DMNID)

De acordo com a Sociedade Brasileira de Diabetes (2007), o DMNID possui um fator hereditário maior que no tipo 1. Além disso, há uma grande relação com a obesidade e o sedentarismo. Estima-se que 60% a 90% dos portadores da doença sejam obesos.

A incidência é maior após os 40 anos. Uma de suas peculiaridades é a contínua produção de insulina pelo pâncreas. O problema está na incapacidade de absorção da insulina pelas células musculares e adiposas. Por muitas razões suas células não conseguem metabolizar a glicose suficiente da corrente sanguínea. Esta é uma anomalia chamada de "resistência insulínica".

O diabetes tipo 2 é cerca de 8 a 10 vezes mais comum que o tipo 1 e pode responder ao tratamento com dieta e exercício físico.

Segundo Simopoulos (1997, 1999), um aumento no consumo de PUFA de cadeia longa (ácido araquidônico, EPA e DHA) leva a um aumento da fluidez das membranas, aumento do número de receptores insulínicos e, conseqüentemente, aumento da ação da insulina.

EPA e DHA diminuem os fatores de risco cardiovascular em pacientes com DMII sem afetar o controle glicêmico (SIMOPOULOS, 1999)

3.5 RECOMENDAÇÕES DO CONSUMO DE $\omega 6$ E $\omega 3$

Como foi exposto, os ácidos graxos das famílias $\omega 6$ e $\omega 3$ podem ter influência tanto na redução do risco de doenças crônicas quanto no auxílio do tratamento de tantas outras enfermidades. Assim, torna-se necessário determinar as recomendações nutricionais relativas ao consumo desses ácidos graxos a dieta.

Segundo Simopoulos (1997), com o alto consumo de $\omega 6$, os produtos metabólicos eicosanóides resultantes do ácido araquidônico, especialmente prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos e lipoxinas, são formadas em quantidades maiores do que os produtos derivados do metabolismo de $\omega 3$.

Esses produtos eicosanóides são biologicamente muito ativos mesmo em pequenas quantidades e se são formados em quantias volumosas, eles contribuem para o aparecimento de trombozes e ateromas (estado fisiológico pró-trombótico e pró-agregatório, que aumenta a viscosidade sangüínea, vaso espasmos e vasoconstritor), desordens alérgicas e inflamatórias (principalmente em pessoas susceptíveis) e proliferação celular (SIMOPOULOS, 1997).

Simopoulos, Leaf e Salem Jr (1999) enfatizaram a importância de se reduzir a ingestão de $\omega 6$ na dieta, mesmo que haja aumento no consumo de $\omega 3$ para adultos e recém-nascidos, com o objetivo de manutenção da saúde mental e cardiovascular. Essa recomendação torna-se importante para diminuir os efeitos adversos do excesso de ácido araquidônico (um $\omega 6$) e seus produtos eicosanóides. Esse excesso pode ocorrer quando há quantidades grandes de ácido linoleico e araquidônico na dieta associadas ao fornecimento insuficiente de $\omega 3$.

Para determinar uma referência da quantidade ingerida na dieta (DRI – *Dietary Reference Intakes*), não se tem dados suficientes; mas é possível

fazer recomendações da ingestão adequada (AI – *Adequate Intakes*) (SIMOPOULOS, LEAF, SALEM Jr, 1999).

A tabela a seguir apresenta as recomendações de consumo de ácidos graxos ω_6 e ω_3 para adultos e as quantidades adequadas destes ácidos graxos em uma fórmula para dieta infantil.

Tabela 3 – Recomendações de consumo de ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 para adultos e as quantidades adequadas destes ácidos graxos em uma fórmula para dieta infantil.

Ácido Graxo	AI Adultos		AI Fórmula Infantil
	gramas/dia (dietas de 2000 kcal)	% Energético	% ácido graxo
Ácido Linoleico (ω_6)	4,44 (lim. Máx: 6.67) ¹	2,0 3,0	10,00
Ácido γ -linolênico (ω_6)	2,22	1,0	1,50
Ácido Araquidônico (ω_6)			0,50
DHA + EPA (ambos ω_3)	0,65	0,3	
DHA	Mínimo: 0,22	0,1	0,35
EPA	Mínimo: 0,22	0,1	Máximo: <0,10

¹ Mesmo que as recomendações sejam AI, há estudos científicos suficientes para estabelecer este limite máximo.

Fonte: SIMOPOULOS, LEAF, SALEM Jr, 1999.

Segundo Simopoulos, Leaf e Salem Jr (1999), a ingestão adequada para gestantes e lactantes deve ser de 300mg/dia. EPA é um constituinte natural do leite materno, porém, para fórmulas e dietas infantis, quantidades de EPA superiores ao descrito na Tabela 3 podem antagonizar o ácido araquidônico e interferir no crescimento infantil.

3.6 EFEITO DO CALOR E PROCESSAMENTO SOBRE O TEOR DE NUTRIENTES

Os músculos do pescado são constituídos por grupos de proteínas: a fração sarcoplasmática (funções bioquímicas nas células); as miofibrilares (sistema contrátil) e as dos tecidos conjuntivos (integridade dos músculos). As proteínas

miofibrilares são basicamente a miosina e a actina que se complexam, formando a actomiosina; no momento do “rigor mortis”, são também responsáveis pela capacidade do pescado em reter água, pelas propriedades organolépticas e pela capacidade de formação de gel. O tecido conectivo constituído pelas proteínas do estroma são constituídos pelos resíduos da extração das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, colágeno e a elastina (SIKORSKI, SUN PAN, SHAHIDI, 1994).

Damodaran (1996) afirmou que o estado nativo das proteínas é uma rede resultante de interações atrativas e repulsivas, emanadas de forças intramoleculares, bem como da interação de grupos protéicos num meio como a água. Qualquer mudança em fatores como pH, força iônica, temperatura ou solvente, forçará a molécula a assumir uma nova estrutura estável. Frequentemente, a desnaturação protéica tem conotação ruim, pois indica perda de algumas propriedades como a solubilidade e mudança de algumas propriedades funcionais.

A modificação das características funcionais das proteínas, mais precisamente a transformação do colágeno em gelatina, envolve a penetração da água nos espaços da estrutura, com aumento na hidratação dos grupos da cadeia polipeptídica até haver perda das forças que mantêm a estrutura unida, as cadeias se quebram, sobrando uma massa desorganizada de polipeptídeos altamente hidratada (HERNANDEZ, 1987).

Os ácidos graxos dos alimentos sofrem termoxidação quando expostos a processos térmicos e cocção, estes variam de 120°C a 270°C normalmente. A altas temperaturas há mudanças químicas na fração lipídica do alimento que incluem a randomização da estrutura glicerídica, formação de dímeros, isomerizações *cis-trans* e formação de ácidos graxos conjugados (DeMAN, 2000 apud HOFFMAN, 1989).

3.6.1 Métodos de Cocção

3.6.1.1 Cozimento

Duckett e Wagner (1998) estudaram o efeito do cozimento (por ebulição) sobre a composição de ácidos graxos em lipídeos intramusculares de carne bovina e verificaram que o cozimento reduziu, no geral, os percentuais dos ácidos oléico, linoleico e linolênico e aumentaram os percentuais de ácido esteárico. Afirmaram também que a distribuição dos ácidos graxos entre as membranas e o lipídeo intramuscular resultam em diferentes respostas durante a cocção. Com relação aos lipídeos poliinsaturados houve uma redução de 1,61% (de 5,46% para 3.85%).

ROSA, et al (2006), estudaram o efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. Um dos métodos estudados foi o cozimento em água. Para este método de cocção, o peito de frango apresentou uma perda de peso de 28,40%. Com relação aos outros componentes do peito de frango, os autores observaram uma diminuição significativa nos teores de umidade e um aumento nos teores de proteínas, e nenhuma variação nos teores de colesterol.

3.6.1.2 Fritura por imersão

Durante a fritura, o óleo ou gordura age como um meio de transferência de calor e se torna um importante ingrediente do alimento frito, pois ao mesmo tempo em que há perda de água, existe uma absorção de óleo pelo alimento (SANCHEZ–MUNIZ, *et al.*, 1994; CASTRILLÓN, NAVARRO, ÁLVAREZ-PONTES, 1997; VARELA, RUIZ-ROSO, 2000).

Durante a fritura, várias reações causam mudanças físicas e químicas no óleo. Na presença de oxigênio, umidade e alta temperatura, ocorrem

três reações deletérias no óleo: hidrólise causada pela água, oxidação e alteração térmica causada pelo oxigênio e aquecimento (NAWAR, 1996).

Essas reações são extremamente complexas e causam a formação de inúmeros produtos de polimerização. Produtos de decomposição também são formados como resultado de reações entre componentes do alimento e o óleo, afetando as características organolépticas do alimento e o tempo de conservação (TATEOKA, PERRINO, BUTTERY, 1996).

Mesmo assim, de acordo com Bogner (1998) as perdas de alguns nutrientes pela fritura são menores que aquelas produzidas por cozimento sob pressão ou outros métodos de cocção.

Candela, Astiasarán e Bello (1997) analisaram o efeito da fritura por imersão e manutenção a quente (temperatura interna de 65°C por 3h) sobre o conteúdo de ácidos graxos e colesterol em preparações de linguado (*Solea solea*), bacalhau (*Gadus morrhua*) e merlusa (*Merluccius merluccius*). Os resultados mostraram um aumento na relação de ácidos graxos *cis*-poliinsaturados/saturados (PUFAs/SFAs) devido à absorção do óleo usado no processo culinário. Além disso, um aumento na relação de ácidos graxos $\omega 6/ \omega 3$ foi observado. Notaram também que a cocção exerceu um efeito significativo sobre o colesterol. A manutenção a quente mostrou pouca diferença no teor de ácidos graxos quando comparado com os peixes imediatamente coccionados. A relação de PUFAs $\omega 6/\omega 3$ aumentou ligeiramente com a manutenção a quente para o bacalhau e linguado e diminuiu para a merluza.

Temperaturas de cocção acima de 100°C têm sido relacionadas à redução do desenvolvimento da oxidação lipídica em carnes cozidas e armazenadas sob congelamento (SPANIER, EDWARDS, DUPUY, 1998). Esse efeito tem sido atribuído ao efeito antioxidante dos produtos da reação de maillard, uma reação entre a redução de açúcares e aminas que é induzida à altas temperaturas de cocção (BAILEY, 1998). Assim como o processo de fritura causa modificações na cor do alimento causadas pela formação de cromóforos de baixo peso molecular, intimamente relacionados aos produtos da reação de maillard (HOFMANN, 1998).

Já para a variação de minerais antes e depois a fritura, Fillion e Henry (1998) afirmam que não é freqüentemente considerada, pois a perda é muito pequena a ponto de ser considerada insignificante.

Apesar de a fritura ser considerada um, método de cocção não dispendioso, rápido e eficiente, nutricionalmente não é indicado, pelo alto teor final de gordura e principalmente calorias no alimento para consumo, porém, a fritura por imersão apresenta vantagens sobre outros métodos de cocção: a temperatura final interna é inferior a 100°C, curto tempo de cocção e a insolubilização de vitaminas hidrossolúvies. Assim, espera-se que vitaminas termossensíveis deteriorem-se menos quando comparado com alimentos assados ou cozidos (SAGUY, DANA, 2003).

3.6.1.2.1 Óleos e gorduras comumente utilizados para fritura

Tabela 4 – Composição típica e elementos químicos constantes de óleo de soja e azeite de oliva.

Ácido Graxo	Óleo de Soja	Azeite de Oliva
Mirístico (14:0)	0,1	-
Palmítico (16:0)	11,0	13,7
Palmitoleico (16:1)	0,1	1,2
Esteárico (18:0)	4,0	2,5
Oléico (18:1)	23,4	71,1
Linoleico (18:2)	53,2	10,0
Linolênico (18:3)	7,8	0,6
Araquídico (20:0)	0,3	0,9
Behemico (22:0)	0,1	-

Adaptado de WHITE, 2000.

a) Óleo de Soja

Segundo White (2000), o óleo de soja é o mais produzido em todo o mundo e assim como outros óleos largamente produzidos, é refinado, clarificado e desodorizado antes do consumo.

A composição em ácidos graxos varia por vários fatores ambientais e genéticos. A composição típica está demonstrada na Tabela 4. com relação ao

azeite de oliva, é possível observar que o óleo de soja possui um teor maior de 18:3 tendo maiores vantagens nutricionais.

De acordo com White (2000), recentemente há grande interesse no desenvolvimento de óleos de soja com teores reduzidos de 18:3. Esse interesse surge da associação deste ácido graxo à instabilidade organoléptica. As características organolépticas indesejáveis decorrentes da oxidação do óleo de soja são melhoradas com a redução dos teores de 18:3. Diminuindo o teor de 18:3 para menos que 2,6%, aumenta a estabilidade à oxidação.

Cella, Reginato-D'Arce e Spoto (2002) analisaram o comportamento do óleo de soja utilizado para fritura por imersão de alimentos de origem vegetal em um restaurante universitário e concluíram que apesar das alterações hidrolíticas e oxidativas que ocorreram, os parâmetros estudados (alterações de absorvidade no u.v., cor, índice de acidez e compostos polares) não atingiram o nível de descarte, indicando que o óleo submetido às condições (aquecimento entre 170° e 180°C) pode ser utilizado por 30 horas de fritura.

b) Azeite de Oliva

Assim como outros óleos vegetais, o azeite de oliva tende a ser mais insaturado em locais onde o clima é mais frio, resultando em óleos com 65 a 85% de 18:1. (WHITE, 2000)

O azeite de oliva tende a ser quase estável à oxidação pelo seu alto teor de ácido oléico (18:1), usualmente baixo teor de ácido linoleico (18:2) e muito pouco ácido linolênico (18:3) (WHITE, 2000). É atualmente considerado nutricionalmente ideal por seus altos teores de AGMI (WHITE apud GRUNDY et al, 1988).

c) Gordura Vegetal Hidrogenada

A produção de gordura vegetal hidrogenada no Brasil começou por volta de 1960. Nos últimos anos, a indústria nacional de gorduras hidrogenadas, esteve mais direcionada para o desenvolvimento de produtos com características específicas, que atendessem às necessidades da indústria de alimentos, do que para a produção de gorduras com baixos níveis de isômeros trans (BASSO, ALMEIDA, MANCINI, 1999).

A hidrogenação aumenta a estabilidade dos óleos de fritura (WHITE, 2000), o grande interesse em utilizar gorduras hidrogenadas na produção de alimentos deve-se ao desenvolvimento de gorduras cada vez mais específicas, com o objetivo de melhorar as características físicas e sensoriais dos alimentos. No Brasil, a utilização de gorduras hidrogenadas é ampla e muitas vezes indiscriminada, envolvendo a produção de margarinas, cremes vegetais, pães, biscoitos, batatas fritas, massas, sorvetes, pastéis, bolos, entre outros alimentos (AZEVEDO, 1999)

O processo de hidrogenação faz com que as duplas ligações presentes nos óleos, na forma *cis* (naturalmente encontrada em óleos vegetais) seja convertida para a forma *trans* (WHITE, 2000 apud KING, WHITE, 1999), sendo esta relacionada a doenças cardiovasculares e considerada um ponto negativo para o uso dessa gordura no preparo de alimentos.

3.6.1.3 Forno de microondas

O forno de microondas passou a fazer parte da vida cotidiana nos últimos vinte anos. Talvez o ponto mais favorável na sua utilização, em relação ao fogão, está relacionado com o menor tempo requerido para efetuar o cozimento dos alimentos. Por exemplo, uma batata pode ser cozida em aproximadamente 8 minutos, enquanto que seriam requeridos 45 minutos em um forno convencional (BARBOZA, 2001 apud WATKINS, 1983).

Em um forno de microondas caseiro, as ondas são geradas em um magnetron, um aparelho a vácuo que converte energia elétrica alternada em

microondas, guiadas para a cavidade do forno e refletidas para as paredes deste. Assim, as substâncias que se encontram no interior do forno absorvem esta energia em diversos pontos e as transferem para o resto do corpo. Conseqüentemente, ao contrário do aquecimento convencional, onde uma substância é aquecida de fora para dentro, no interior de um forno de microondas o que ocorre é uma transferência de calor dos diversos pontos que absorveram a energia de dentro do corpo para a parte externa do mesmo (SADICOFF, AMORIM, 2000).

Um dos mais interessantes aspectos relacionados com o forno de microondas é o aquecimento seletivo. Diferente do forno elétrico ou de combustão, onde todos os corpos que estão no interior do forno sofrem aquecimento, no forno de microondas o aquecimento dependerá do material presente no seu interior. Assim, é comum observar que partes do recipiente que contém o alimento recém aquecido no forno de microondas, mas que não estão em contato direto com o mesmo, continuam na temperatura próxima à do ambiente (BARBOZA et al, 2001).

O forno de microondas doméstico opera em aproximadamente 2450 MHz. Segundo Barboza et al (2001), nesta freqüência, a absorção de energia pela água não é máxima, no entanto foi otimizada para permitir máxima penetração das microondas nos alimentos. O elevado conteúdo de água nos alimentos faz com que a dissipação de energia, seja grande. Portanto, tão logo as moléculas de água sofram certo alinhamento parcial, a direção do campo reverte, e as moléculas sofrem um realinhamento. O alinhamento e re-alinhamento das moléculas com elevada freqüência produzem grande quantidade de calor, levando ao cozimento do alimento.

Com relação ao efeito do aquecimento em forno de microondas sobre teores de ácidos graxos, Yoshida et al (2006) estudaram o efeito da tostagem em microondas sobre a estabilidade oxidativa de óleos e espécies moleculares de triacilgliceróis em sementes de abóbora (*Curcubita sp.*). As sementes de abóbora foram tostadas a uma freqüência de 2450MHz (potência máxima) por 6, 12, 20 ou 30 minutos e as diferenças significativas nos teores de ácidos graxos foram observadas apenas após 20 minutos de tostagem. Em poucos casos, a tostagem por 12 minutos causou pouca mudança ou perda nos teores de tocoferóis e AGPI.

3.6.1.4 Forno convencional

O forno convencional aquece de forma similar às estufas por convecção gravitacional (Figura 4).

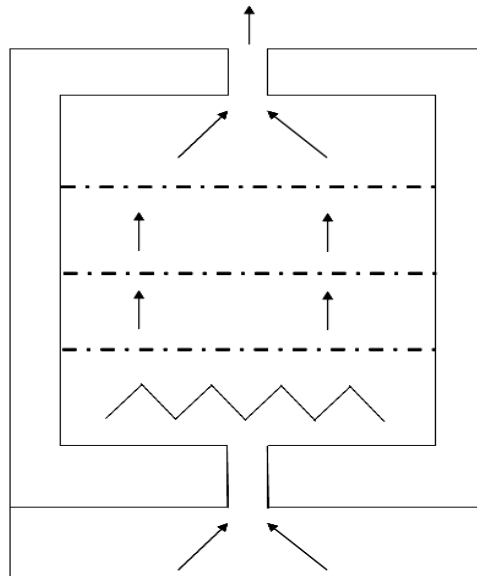


Figura 4 – Aquecimento de estufas por convecção gravitacional (POMBEIRO, 2003).

De acordo com Pombeiro (2003), no aquecimento por convecção gravitacional, o ar é aquecido inferiormente, formando-se correntes de convecção ascendentes. Este aquecimento apresenta uma baixa uniformidade, observando-se temperaturas maiores na parte inferior do forno e temperaturas menores na parte superior.

No aquecimento em forno convencional, deve-se considerar não só a fonte de aquecimento, mas também o teor de umidade do alimento, o recipiente em que ele é colocado no forno e os principais constituintes que podem influenciar o aquecimento.

A transferência de calor por condução se dá quer através de um sólido, quer através de um fluido estacionário e a transferência de calor por convecção resulta do movimento natural ou forçado de um fluido quente. O terceiro mecanismo de transferência de calor, a radiação, pode dar-se sem a presença de um sólido e de um fluido, ou seja, através do vácuo. A transferência direta da

radiação, resultado de um intercâmbio entre vários corpos ou superfícies radiantes ocorrerá apenas se entre as duas superfícies for possível traçar uma linha reta (COULOSON, RICHARDSON, 2004).

Assim, na cocção do alimento em forno convencional ocorre mais de um processo de transferência de calor, dentre eles é possível relacionar: a **radiação** (calor emitido pelo fogo, que incide nas paredes internas do forno, nas grades internas e no recipiente que contém o alimento), a **convecção** (pelo ar quente: a fonte de calor no forno convencional localiza-se na parte inferior e produz correntes ascendentes) e **condução** (movimento da água aquecida contida no alimento).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Pescado

Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com aproximadamente 300g cada, foram alimentadas por 45 dias em duas caixas polietileno (capacidade 500L) com ração peletizada, suplementada com 3,5% de óleo de linhaça para obtenção de carne de pescado com alto teor de ômega 3 ($\omega 3$), de acordo com Visentainer et al (2003).

A ração foi oferecida *ad libitum*, 3 vezes ao dia por arraçamento manual. Ao final dos 45 dias, os peixes foram insensibilizados em água gelada e filetados, sem a retirada das vísceras, retirando-se a pele dos filés em seguida e acondicionando estes em sacos plásticos sob -22°C até o momento do preparo.

4.1.2 Reagentes

Os reagentes necessários para as análises foram de grau analítico e preparados de acordo com a metodologia de cada análise.

4.2 MÉTODOS DE COCÇÃO

Os processos de cocção foram baseados nos métodos tradicionais caseiros: fritura por imersão (utilizando azeite de oliva, óleo de soja e gordura vegetal hidrogenada), cozido (água em ebulição) e assado (forno convencional e forno de microondas).

O experimento foi inteiramente casualizado para os tratamentos e para cada tratamento foram feitas análises na amostra crua para controle.

Em todas as análises estatísticas foi utilizado o software Statistica 5.0 (STAT SOFT INC, 1994). Para comparação entre as amostras cruas e tratadas foi utilizado o teste T de Student ($p < 0,05$) e entre os métodos foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.3 PREPARO DO PESCADO

Para todos os tratamentos, não foi utilizado nenhuma espécie de tempero (sal, limão, vinagre, pimenta, preparados prontos para este fim, etc).

4.3.1 Pescado Cru

Para cada pescado foram feitas análises de proteínas totais, lipídeos totais, perfil de ácidos graxos, umidade e cinzas em triplicata (retirada do mesmo filé).

4.3.2 Pescado Frito por imersão

Para fritura por imersão, foram utilizados óleo de soja, azeite de oliva extra-virgem e gordura vegetal hidrogenada comercialmente disponíveis.

O filé de tilápia foi empanado com farinha de trigo (q.s.p.), em seguida submerso em óleo de soja aquecido a 190°C, em quantidade de óleo suficiente para cobrir o filé em uma panela de alumínio, por aproximadamente 3 minutos ou até que a cobertura se tornasse dourada.

O mesmo procedimento foi seguido para o pescado preparado em azeite de oliva extra virgem e em gordura vegetal hidrogenada.

Para as análises, a capa composta por farinha, foi desprezada, sendo utilizada somente a carne do peixe.

4.3.3 Pescado Cozido

As amostras foram colocadas em panelas, com água suficiente para cobrir o filé de tilápia, aquecidos até a ebulição e em seguida mantidos sob fervura durante 20 minutos com panela semitampada.

4.3.4 Pescado assado em forno microondas

As amostras foram colocadas em prato de vidro e levados ao forno microondas da marca Panasonic, modelo Junior Smart (NN-S55BH), com frequência de microondas de 2.450MHz, em potência máxima por 5 minutos, virando-os na metade do tempo.

4.3.5 Pescado assado em forno convencional

As amostras foram colocadas em formas de alumínio e levadas ao forno pré-aquecido a 180°C e mantidas por 15 minutos.

4.4 DETERMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO FILÉ

Todas as metodologias analíticas descritas a seguir foram aplicadas tanto no pescado cru quanto no pescado submetido aos processos de cocção.

Para todas as análises, o filé (tanto cru quanto o processado) foi homogeneizado em processador de alimentos da marca WALITA modelo Mega Master.

4.4.1 Proteínas totais

O nitrogênio total foi determinado pelo Método de Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão 6,25, para obter o teor de proteína bruta (AOAC, 1998).

4.4.2 Umidade

A umidade foi determinada segundo AOAC (1998).

4.4.3 Cinzas

O teor de cinzas foi calculado após calcinação da amostra em mufla, conforme AOAC (1998).

4.4.4 Lipídeos totais

Para determinação de lipídeos totais e análise por cromatografia gasosa, a capa composta por farinha de trigo das amostras à milanesa foi desprezada.

Para extração dos lipídeos da carne do pescado, foi utilizada a metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959) e o teor de lipídeos totais foi determinado gravimetricamente.

4.5 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS

4.5.1 Extração dos lipídeos (Bligh, Dyer, 1959)

Dos filés homogeneizados, foram pesados 15g da carne e adicionados 60mL de clorofórmio e 30mL de metanol, agitados por 3 minutos em agitador magnético, em seguida, acrescentado mais 30mL de clorofórmio e 30mL de água destilada e agitada novamente por 3 minutos. A mistura foi filtrada a vácuo em um funil de Büchner com papel de filtro Whatman nº1.

O filtrado foi colocado num funil de separação e será adicionada a solução de NaCl 0,9% equivalente a 1/5 do volume do filtrado (30mL). Após a separação espontânea das fases, a fase inferior contendo clorofórmio e lipídios foi recolhida no balão de 250mL e levada para evaporação no rotavapor com banho a 34-36°C, passando nitrogênio para eliminar completamente o solvente.

4.5.2 Transesterificação dos lipídeos (ISO,1978)

Foi pesado aproximadamente 0,200g dos lipídios extraídos, transferido para um tubo de 10mL com tampa rosqueável e adicionado 2mL de n-heptano. Agitou-se até a completa dissolução, em seguida foram adicionados 2mL de KOH 2M (30 g em 100mL de metanol) e agitado vigorosamente até a obtenção de uma solução turva. Esperou-se a separação espontânea das fases e a fase superior contendo heptano e ésteres metílicos de ácidos graxos foi recolhida num frasco hermeticamente fechado.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram armazenados em freezer da marca Brastemp modelo Frost Free Eletrônico 280 a -22°C até o momento da análise no cromatógrafo gasoso.

4.5.3 Análise cromatográfica dos ésteres metílicos de ácidos graxos

A análise dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada utilizando um cromatógrafo à gás da marca Shimadzu, modelo CG 17-A AF, versão 2, equipado com uma Coluna capilar da marca Supelco, SPTM 2560 – de sílica fundida – $100\text{m} \times 0,25\text{mm} \times 0,2\mu\text{m}$, detector de ionização de chama, sob as seguintes condições:

Volume de injeção da amostra	2 μL
Split (razão da divisão da amostra)	1/50
Temperatura do ponto de injeção	210 $^{\circ}\text{C}$
Temperatura do detector	260 $^{\circ}\text{C}$
Fluxo do gás de arraste (H_2)	1,2mL/min
Temperatura da coluna	140 $^{\circ}\text{C}$ por 5 minutos Subindo até 240 $^{\circ}\text{C}$ a 4 $^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$
Área de pico mínima considerada para integração	2.000
Sensibilidade	100 μVolts

Para a quantificação, foi feita uma curva de calibração com o padrão de ácidos graxos, Component FAME Mix C4 – C24, 18919-1AMP, SupelcoTM, Lote nº LB-27920 com concentração variando de 1:10 a 1:80 (proporção de padrão:solvente). As curvas obtidas apresentaram R^2 variando de 0,9834 a 0,9948.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas finais internas dos filés após tratamento térmico são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 5 – Temperaturas internas dos filés de tilápia após tratamento térmico.

Método de cocção	Temperatura interna (°C)
FGV	92 ± 0 ^a
AM	91 ± 0 ^b
FOS	87 ± 4 ^c
AFC	82 ± 2 ^d
FAO	79 ± 1 ^e
CO	78 ± 9 ^e

FGV: Frito em gordura vegetal; AM: Assado em forno microondas; FOS: Frito em óleo de soja; AFC: Assado em forno convencional; FAO: Frito em Azeite de oliva; CO: Cozido em água.

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Entre os diferentes métodos de cocção estudados, houve diferença ($p < 0,05$) na temperatura final interna dos filés. Foi possível observar que a maior temperatura ocorreu em FGV, seguido por AM, FOS, AFC, FAO e CO, sendo que estes dois últimos métodos de cocção não apresentaram diferença entre si. Essa variação se deve à temperatura que os diferentes meios de preparo (ar, água, óleo ou gordura) atingiram durante o preparo.

A diferença de temperatura entre os óleos e a gordura vegetal utilizada pode ser compreendida quando observados seus calores específicos. Segundo DeMan (2000) o calor específico dos óleos e gorduras varia de acordo com o estado físico do ácido graxo, do tamanho da cadeia carbônica e grau de saturação, justificando a temperatura mais elevada da gordura vegetal hidrogenada, uma gordura saturada.

5.1 ANÁLISE DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO FILÉ DE TILÁPIA

As tabelas de 6 a 11 contêm dados referentes aos principais componentes dos filés de tilápia crus e submetidos aos diferentes métodos de cocção.

Tabela 6 – Principais componentes do filé de tilápia antes e após cozimento em água (CO) em ebulição por 20 minutos.

	Umidade (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)
Cru	78,46 ± 0,33 ^a	85,68 ± 0,89 ^a	2,61 ± 0,58 ^a	5,70 ± 0,24 ^a
CO	74,49 ± 1,59 ^b	90,97 ± 0,51 ^a	5,15 ± 0,71 ^a	2,79 ± 0,28 ^b

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão, calculados em base seca (g/g). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Em CO, houve diferença significativa ($p < 0,05$) para os parâmetros umidade e cinzas. O teor de umidade reduziu 5,06% e o teor de cinzas, 51,05%. As variações dos teores de proteínas e lipídeos não foram significativas estatisticamente.

Tabela 7 – Principais componentes do filé de tilápia antes e após tratamento em forno microondas (AM) por 5 minutos.

	Umidade	Proteínas	Lipídeos	Cinzas
Cru	74,96 ± 1,27 ^a	80,03 ± 4,82 ^a	2,52 ± 1,74 ^b	4,30 ± 0,22 ^a
AM	69,95 ± 0,09 ^b	85,46 ± 0,36 ^a	8,70 ± 0,70 ^a	4,59 ± 0,12 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão, calculados em base seca (g/g). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Quanto ao tratamento feito em forno de microondas, foi possível observar que houve variação significativa ($p < 0,05$) nos teores de umidade e lipídeos. É importante salientar o aumento de 245,24% no teor de lipídeos. Os teores de proteínas e cinzas não apresentaram diferença estatística significativa.

Tabela 8 – Principais componentes do filé de tilápia antes e após tratamento em forno convencional (AFC) por 20 minutos.

	Umidade	Proteínas	Lipídeos	Cinzas
Cru	76,46 ± 0,72 ^a	85,17 ± 2,31 ^a	1,35 ± 0,28 ^b	5,38 ± 0,31 ^a
AFC	72,55 ± 1,02 ^b	87,70 ± 1,73 ^a	5,43 ± 0,55 ^a	5,20 ± 0,98 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão, calculados em base seca (g/g). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Com relação ao tratamento em forno convencional, observou-se uma diminuição de 6,68% no teor de umidade e um aumento de 302,22% no teor de lipídeos. Os teores de proteínas e cinzas não apresentaram variação significativa ($p < 0,05$).

Tabela 9 – Principais componentes do filé de tilápia antes e após fritura em óleo de soja (FOS).

	Umidade	Proteínas	Lipídeos	Cinzas
Cru	74,67 ± 1,11 ^a	77,37 ± 3,28 ^b	1,03 ± 0,21 ^b	4,47 ± 0,06 ^b
FOS	73,28 ± 0,52 ^a	88,18 ± 1,90 ^a	3,49 ± 0,52 ^a	4,69 ± 0,05 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão, calculados em base seca (g/g). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

A fritura em óleo de soja afetou de forma significativa ($p < 0,05$) os teores de proteínas (aumento de 13,97%), cinzas (aumento de 4,92%) e lipídeos (aumento de 238,83%). No tratamento FOS, apenas os teores de umidade não apresentaram variação significativa estatisticamente.

Tabela 10 – Principais componentes do filé de tilápia antes e após fritura em azeite de oliva (FAO).

	Umidade	Proteínas	Lipídeos	Cinzas
Cru	78,42 ± 0,07 ^a	87,08 ± 2,52 ^a	2,36 ± 1,06 ^a	5,43 ± 0,14 ^a
FAO	75,36 ± 0,13 ^b	89,21 ± 2,50 ^a	5,12 ± 2,16 ^a	4,95 ± 0,13 ^b

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão, calculados em base seca (g/g). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Na fritura em azeite de oliva, houve diferença significativa ($p < 0,05$) nos teores de umidade (diminuição de 3,90%), e cinzas (diminuição de 8,84%). Já os teores de proteínas e lipídeos não apresentaram diferença significativa.

Tabela 11 – Principais componentes do filé de tilápia antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada (FGV).

	Umidade	Proteínas	Lipídeos	Cinzas
Cru	78,45 ± 0,29 ^a	85,95 ± 0,54 ^a	1,46 ± 0,09 ^b	4,79 ± 0,18 ^a
FGV	71,72 ± 0,34 ^b	89,37 ± 1,97 ^a	2,64 ± 0,31 ^a	2,64 ± 0,31 ^b

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão, calculados em base seca (g/g). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Com a fritura em gordura vegetal, os teores de umidade, lipídeos e cinzas variaram significativamente ($p < 0,05$). O teor de umidade apresentou diminuição de 8,58%, cinzas, uma diminuição de 44,88% e lipídeos, um aumento de 80,82%. Neste tratamento, apenas o teor de proteínas não apresentou diferença significativa.

De acordo com os dados apresentados foi possível observar que o teor de umidade diminuiu significativamente ($p < 0,05$) em todos os métodos testados, exceto na amostra FOS. Essa variação de umidade é decorrente da perda de água no processo de cocção (GOKOGLU, YERLIKAYA, CENGIZ, 2004).

Embora não haja explicação para a relação entre cinzas, outros nutrientes presentes nos alimentos e métodos de cocção, Gall, et al (1983) observaram que as perdas de umidade pelo cozimento de pescado, resultaram em uma concentração de cinzas.

Nos filés testados, foi possível observar uma diminuição de do conteúdo de cinzas quando comparado em base seca, resultado semelhante apresentado por Rosa, et al (2006), que estudaram o efeito do método de cocção sobre a composição química e colesterol e peito e coxa de frangos de corte.

Para os teores lipídicos, houve diferença significativa ($p < 0,05$) antes e após os tratamentos AM, AFC, FOS e FGV, sendo que estes apresentaram maior teor lipídico após o tratamento térmico. Essa diferença pode ser decorrente da absorção do óleo/gordura utilizado para a fritura, no caso de FOS e FGV (MELLEMA, 2003) ou pode, também, ter ocorrido um quebra dos complexos protéicos resistentes à extração de lipídeos por clorofórmio-metanol, possibilitando

uma extração lipídica mais eficiente pelo método utilizado (ACKMAN, 2000 apud FOLCH, et al, 1956; BLIGH, DYER, 1959).

Observando os teores resultantes de lipídeos, verifica-se que houve uma extração mais eficiente em AM e AFC (cujos teores de lipídeos aumentaram em quatro vezes), seguidos por FOS (três vezes) e CO, FAO e FGV (duas vezes) quando comparados com as amostras cruas.

Os tratamentos AM e AFC duraram, respectivamente 5 e 15 minutos, tendo como meio o ar atmosférico. No caso do aquecimento em forno de microondas, o alto teor de água no filé de tilápia permitiu uma grande dissipação de calor (BARBOZA, et al 2001). No forno convencional, o alto teor de umidade permitiu uma condução maior de calor dentro dos filés. Esses tratamentos podem ter sido mais agressivos aos complexos protéicos, resultando em maior desnaturação das cadeias de aminoácidos, o que possibilitou uma extração lipídica mais eficiente nessas amostras.

Como é possível observar, os teores de proteína aumentaram em todos os tratamentos, com diferença estatística significativa apenas em FOS. Após tratamentos térmicos ocorre uma perda considerável de peso e uma conseqüente concentração de nutrientes. A tabela a seguir apresenta teores de proteína em 100g de filé cru comparando com o tratado, considerando a perda de peso decorrente do aquecimento, o que provavelmente explica a variação encontrada.

Tabela 12 – Teores de proteínas em filés de tilápia submetidos a 6 métodos de cocção considerando sua perda de peso durante o processo.

Método	Cru (g)	Tratado (g)
CO (81,51g)*	18,22 ± 0,18 ^a	18,12 ± 0,15 ^a
AM (81,41g)*	20,00 ± 0,11 ^a	20,86 ± 0,43 ^a
AFC (73,10g)*	20,05 ± 0,46 ^a	17,53 ± 0,39 ^a
FOS (83,29g)*	19,57 ± 0,21 ^a	19,62 ± 0,19 ^a
FAO (85,20g)*	19,57 ± 0,21 ^a	18,73 ± 0,31 ^a
FGV (82,43g)*	18,52 ± 0,20 ^a	20,83 ± 0,17 ^a

CO: Cozido em água; AM: Assado em forno microondas; AFC: Assado em forno convencional; FOS: Frito em óleo de soja; FAO: Frito em azeite de oliva; FGV: Frito em gordura vegetal hidrogenada.

* peso de 100g de filé cru após o tratamento térmico.

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão, calculados em base seca (g/g).

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

O peso dos filés tratados apresentou variação de menos de 20% (Tabela 12). A maior redução de peso foi do filé AFC (peso final de 73,10g) e a menor redução de peso foi observada em FAO (peso final de 85,20%).

Com relação aos teores de proteínas das amostras, a tabela apresentada mostra que não houve aumento do teor de proteínas após a cocção, quando considerado um filé individualmente. Ou seja, se 100g de filé cru são preparados, não serão ingeridos 100g de filé após o tratamento, então, se havia uma quantidade de proteínas nesse alimento, é provável que essa quantidade de proteína se mantenha (nos casos apresentados já que nenhum meio de cocção possuía proteína que pudesse migrar para o interior do filé).

Concordando com os dados apresentados em um estudo sobre fatores de retenção de nutrientes em milanesas fritas por imersão. Juárez, Alfaro e Sammán (2004), demonstraram que os teores de proteínas permaneciam constantes quando comparado o alimento cru e o frito.

O aquecimento de tecidos musculares causa uma extensa mudança nas propriedades físicas e químicas que são dependentes das condições de tempo e temperatura impostas durante a cocção (POON, DURANCE, KITTS, 2001). De acordo com Gall et al. (1983), Gokoglu, Yerlikaya e Cengiz (2004) e Steiner-Asiedu et al. (1991), o cozimento pode alterar os valores de umidade, proteína lipídeos e cinzas dos alimentos em decorrência da incorporação do meio de cocção e das perdas de nutrientes e água.

Na Tabela a seguir observa-se a comparação da composição centesimal do filé de tilápia submetido a diferentes métodos de cocção.

Tabela 13 – Comparação dos principais componentes do filé entre os métodos de cocção.

	Umidade	Proteínas ¹	Lipídeos	Cinzas
CO	74,49 ± 1,59 ^b	90,97 ± 0,51 ^a	5,15 ± 0,71 ^c	2,79 ± 0,28 ^e
AM	69,95 ± 0,09 ^f	85,46 ± 0,36 ^e	8,70 ± 0,70 ^a	4,59 ± 0,12 ^f
AFC	72,55 ± 1,02 ^d	87,70 ± 1,73 ^{c, d}	5,43 ± 0,55 ^b	5,20 ± 0,98 ^a
FOS	73,28 ± 0,52 ^c	88,18 ± 1,90 ^c	3,49 ± 0,52 ^d	4,69 ± 0,05 ^d
FAO	75,36 ± 0,13 ^a	89,21 ± 2,50 ^b	5,12 ± 2,16 ^c	4,95 ± 0,13 ^b
FGV	71,72 ± 0,34 ^e	89,37 ± 1,97 ^b	2,64 ± 0,31 ^e	2,64 ± 0,31 ^c

CO: Cozido em água; AM: Assado em forno microondas; AFC: Assado em forno convencional; FOS: Frito em óleo de soja; FAO: Frito em azeite de oliva; FGV: Frito em Gordura Vegetal hidrogenada.

1. valores referentes ao teor de proteínas em 100g de amostra tratada (base seca (g/g))

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste de Tukey

Comparando os métodos de cocção entre si, pode-se concluir que estes influenciam de forma diferente os principais componentes do filé de tilápia, provavelmente pelas diferentes temperaturas e tempos de exposição a que são expostos.

O menor teor de umidade foi verificado na amostra AM. Resultado semelhante encontrado por Rosa et al (2006) porém em peito e coxa de frango. Estes pesquisadores estudaram o efeito de diferentes métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte e observaram que a amostra AM possuía umidade de 1 a 3% menor quando comparado com outros métodos (cozido em água, frito em óleo, assado em forno convencional e grelhado).

Já FGV, que apresentou quantidade de proteínas semelhante ao FAO, apesar de ter atingido a temperatura mais alta entre os métodos, o tempo de cocção foi curto (cerca de 3 min), sendo este fator, um dos descritos por Saguy e Dana (2003), como vantagem da fritura por imersão sobre outros métodos de cocção, apresentando menores perdas de compostos termossensíveis.

5.2 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS

Muitos estudos têm estabelecido que as concentrações de ácidos graxos são influenciadas pelo tipo de peixe, tamanho do peixe e teor de lipídeos (CANDELA, ASTIASARÁN, BELLO, 1997).

As Tabelas de 14 a 19 contém as concentrações (mg/100g amostra) dos ácidos graxos ácido linoleico, γ -linolênico, araquidônico e eicosapentaenóico (EPA) nos filés de tilápia.

Tabela 14 – Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6, ω 3 em mg/100g de amostra antes e cozimento em água (CO) em ebulição por 20 minutos.

Ácidos Graxos ω 9	Cru	CO
Oléico (C18:1n9c)	175,54 \pm 24,82 ^b	610,96 \pm 216,31 ^a
Eurúxico (C22:1n9)	27,70 \pm 4,54 ^b	68,22 \pm 12,95 ^a
Ácidos Graxos ω 6	Cru	CO
Linoleico (C18:2n6c)	9,00 \pm 1,24 ^a	18,28 \pm 2,07 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	17,12 \pm 2,97 ^a	28,11 \pm 6,46 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	9,69 \pm 2,25 ^b	18,52 \pm 2,26 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	85,07 \pm 12,49 ^a	148,73 \pm 41,47 ^a
Ácidos Graxos ω 3	Cru	CO
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	12,97 \pm 3,17 ^b	24,12 \pm 4,59 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	2,55 \pm 0,80 ^a	8,11 \pm 3,85 ^a
Relações	Cru	CO
Σ ω9	203,24	679,18
Σ ω6	1.214,36	1.428,68
Σ ω3	15,52	32,23
ω6/ω3	78,24	44,33

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 1.

A tabela mostra aumento significativo ($p < 0,05$) das quantidades dos ácidos graxos oléico, eurúxico, cis-8,11,14- eicosatrienóico e cis-11, 14, 17- eicosatrienóico após o cozimento.

Houve uma variação no somatório de ácidos graxos ω 9, ω 6 e ω 3, quase triplicando nos ω 9 e dobrando nos ω 3. A relação ω 6/ ω 3 apresentou uma redução de 78,24 amostra para 44,33.

Tabela 15 – Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6 e ω 3 em mg/100g de amostra antes e após tratamento em forno microondas (AM) por 5 minutos.

Ácidos Graxos ω 9	Cru	AM
Oléico (C18:1n9c)	196,73 \pm 137,99 ^b	693,97 \pm 83,90 ^a
Eurúcido (C22:1n9)	29,18 \pm 13,60 ^b	137,06 \pm 19,54 ^a
Ácidos Graxos ω 6	Cru	AM
Linoleico (C18:2n6c)	8,76 \pm 5,06 ^b	34,13 \pm 3,33 ^a
γ -Linolênico (C18:3n6)	14,75 \pm 7,91 ^b	58,26 \pm 5,87 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	49,16 \pm 4,40	46,69 \pm 0,33
Ácidos Graxos ω 3	Cru	AM
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	9,62 \pm 5,60 ^b	42,39 \pm 4,22 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	18,20 \pm 9,54 ^b	137,14 \pm 18,90 ^a

Relações	Cru	AM
Σ ω 9	225,91	831,03
Σ ω 6	116,79	5.509,51
Σ ω 3	27,82	179,53
ω 6/ ω 3	2,61	0,77

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 2.

Na amostra tratada em forno de microondas todos os ácidos graxos, com exceção do ácido araquidônico, apresentaram aumento significativo ($p < 0,05$) em seus teores.

Quanto aos somatórios as três famílias de ácidos graxos apresentaram aumento. A relação ω 6/ ω 3 diminuiu de 2,61 para 0,77.

Tabela 16 – Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6 e ω 3 em mg/100g de amostra antes e após tratamento em forno convencional (AFC) por 20 minutos.

Ácidos Graxos ω 9	Cru	AFC
Oléico (C18:1n9c)	107,52 \pm 18,06 ^b	575,08 \pm 192,29 ^a
Ácidos Graxos ω 6	Cru	AFC
Linoleico (C18:2n6c)	6,24 \pm 1,35 ^b	24,78 \pm 2,33 ^a
γ -Linolênico (C18:3n6)	12,21 \pm 4,67 ^b	44,86 \pm 4,28 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	7,71 \pm 1,80 ^b	31,21 \pm 3,22 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	66,59 \pm 21,03 ^b	282,39 \pm 30,20 ^a
Ácidos Graxos ω 3	Cru	AFC
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	20,41 \pm 6,45 ^b	91,71 \pm 6,20 ^a

Relações	Cru	AFC
$\Sigma \omega 9$	107,52	575,08
$\Sigma \omega 6$	92,75	383,24
$\Sigma \omega 3$	20,41	91,71
$\omega 6/\omega 3$	4,54	4,18

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste T de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 3.

Com relação à amostra assada em forno convencional, houve aumento significativo ($p < 0,05$) nos teores de ácidos graxos $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$.

Quanto às relações, o somatório de $\omega 9$ aumentou de 107,52 mg para 575,08 mg, $\omega 6$ variou de 92,75 mg para 383,24 mg e $\omega 3$ de 20,41 mg para 91,71 mg. A relação $\omega 6/\omega 3$ apresentou uma pequena queda (de 4,54 para 4,18).

Tabela 17 – Teores de ácidos graxos $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ em mg/100g de amostra antes e após fritura em óleo de soja (FOS).

Ácido Graxo $\omega 9$	Cru	FOS
Elaidico (18:1n9t)*	39,14 \pm 1,52 ^b	166,92 \pm 26,24 ^a
Eurúxico (C22:1n9)	17,61 \pm 7,71 ^b	42,72 \pm 7,51 ^a
Ácido Graxo $\omega 6$	Cru	FOS
Linoleico (C18:2n6c)	4,04 \pm 1,21 ^b	11,38 \pm 1,17 ^a
γ -Linolênico (C18:3n6)	6,95 \pm 2,63 ^b	21,38 \pm 2,75 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	9,02 \pm 4,26 ^b	19,71 \pm 4,12 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	20,78 \pm 9,98	50,55 \pm 8,94
Ácido Graxo $\omega 3$	Cru	FOS
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	20,17 \pm 7,72	48,47 \pm 10,82
Relações	Cru	FOS
$\Sigma \omega 9$	17,61	42,72
$\Sigma \omega 6$	40,79	103,02
$\Sigma \omega 3$	20,17	48,47
$\omega 6/\omega 3$	2,02	2,12

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

*ácido Elaidico não foi contado no somatório de ácidos graxos, por estar na forma trans.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 4.

Na fritura em óleo de soja, os teores de ácidos graxos apresentaram um aumento significativo ($p < 0,05$), exceto nos teores de ácido araquidônico e EPA.

Observam-se variações nos somatórios de $\omega 9$, $\omega 6$ e uma variação menor no somatório de $\omega 3$. A relação $\omega 6/\omega 3$ aumentou de 2,02 para 2,12.

Tabela 18 – Teores de ácidos graxos $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ em mg/100g de amostra antes e após fritura em azeite de oliva (FAO).

Ácido Graxo $\omega 9$	Cru	FAO
nd	nd	Nd
Ácido Graxo $\omega 6$	Cru	FAO
Linoleico (C18:2n6c)	9,60 ± 3,51	21,57 ± 7,93
γ-Linolênico (C18:3n6)	18,36 ± 9,71	100,99 ± 41,27
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	26,96 ± 4,35	27,86 ± 5,52
Araquidônico (C20:4n6)	41,25 ± 17,24	147,48 ± 39,97
Ácido Graxo $\omega 3$	Cru	FAO
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	25,91 ± 4,12 ^b	79,50 ± 23,60 ^a
Relações	Cru	FAO
$\Sigma \omega 9$	nd	Nd
$\Sigma \omega 6$	96,17	297,90
$\Sigma \omega 3$	25,91	79,50
$\omega 6/\omega 3$	3,71	3,75

nd: não detectado

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste T de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 5.

Para a amostra frita em azeite de oliva, é possível observar que apenas EPA apresentou aumento significativo. Os demais ácidos graxos não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

Já o somatório de $\omega 6$ apresentou um aumento (de 96,17 mg para 297,90 mg) e o somatório de $\omega 3$ aumentou de 25,91 mg para 79,50 mg. A relação $\omega 6/\omega 3$ pouco variou.

Tabela 19 – Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6 e ω 3 em mg/100g de amostra antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada (FGV).

Ácido Graxo ω 9	Cru	FGV
Oléico (C18:1n9c)	182,40 \pm 18,02 ^b	412,49 \pm 96,33 ^a
Eurúico (C22:1n9)	28,51 \pm 2,07 ^b	42,44 \pm 3,72 ^a
Ácido Graxo ω 6	Cru	FGV
Linoleico (C18:2n6c)	6,86 \pm 0,08 ^b	12,20 \pm 1,86 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	21,48 \pm 3,10	24,81 \pm 5,66
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	9,39 \pm 0,50 ^b	21,64 \pm 2,37 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	74,58 \pm 7,77	93,51 \pm 2,85
Ácido Graxo ω 3	Cru	FGV
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	33,29 \pm 2,30	60,66 \pm 11,31

Relações	Cru	FGV
Σ ω 9	210,91	454,93
Σ ω 6	112,31	152,16
Σ ω 3	33,29	60,66
ω 6/ ω 3	3,37	2,51

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 6.

Em FGV, os ácidos graxos γ -linolênico, araquidônico e EPA não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Os outros ácidos graxos apresentaram um aumento no teor de ácidos graxos após o tratamento.

O somatório de ω 9, ω 6 e ω 3 aumentaram. Já a relação ω 6/ ω 3, que apresentou uma queda de 3,37 para 2,51.

Na fritura de alimentos cobertos (nestes casos utilizou-se farinha de trigo), há uma grande absorção de gordura e a composição em ácidos graxos tende a ser similar à da gordura utilizada na cocção (OHGAKI, 1994), porém, não foi possível observar que a composição em ácidos graxos tenha ficado similar ao do óleo utilizado para cocção, pois a cobertura composta por farinha de trigo foi desprezada para análise.

Comparando os métodos de cocção entre si (Anexo 7), pode-se observar que os maiores teores dos ácidos graxos ω 3 e ω 6 são das amostras assadas, tanto em microondas quanto em forno convencional, com exceção do ácido γ -linolênico, cujo maior teor foi da amostra FAO.

Já que a variação observada quando analisados os percentuais desses ácidos graxos em relação a 100g de amostra é decorrente de uma extração mais eficiente nos filés submetidos aos métodos de cocção, os resultados dos teores de ácidos graxos foram expressos em mg/100g de lipídeos extraídos dos filés.

As Tabelas de 20 a 25 contêm as concentrações em relação a 100g de lipídeos dos ácidos graxos das famílias ω 9, ω 6 e ω 3 nos filés de tilápia crus e submetidos aos métodos de cocção.

Tabela 20 – Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6 e ω 3 em mg/100g de lipídeos antes e após cozimento em água em ebulição por 20 minutos (CO).

Ácido Graxo ω 9	Cru	CO
Oléico (C18:1n9c)	7.038,01 \pm 2175,05 ^a	11,67 \pm 3,17 ^b
Eurúxico (C22:1n9)	1.096,07 \pm 281,42	1.334,80 \pm 245,64
Ácido Graxo ω 6	Cru	CO
Linoleico (C18:2n6c)	0,35 \pm 0,03	0,36 \pm 0,02
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,67 \pm 0,15	0,54 \pm 0,09
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	370,35 \pm 11,65	360,42 \pm 6,17
Araquidônico (C20:4n6)	3,30 \pm 0,37	2,90 \pm 0,71
Ácido Graxo ω 3	Cru	CO
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	494,82 \pm 19,11	466,31 \pm 35,09
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	0,96 \pm 0,11	1,58 \pm 0,70
Relações	Cru	CO
Σ ω9	8.134,08	1.346,47
Σ ω6	374,67	364,22
Σ ω3	495,78	467,89
ω6/ω3	0,76	0,78

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 8.

Após o cozimento em água por 20 minutos (CO), foi possível observar uma redução significativa ($p < 0,05$) nos teores dos ácidos oléico e Linolelaídico (Tabela 20). Os outros ácidos graxos (eurúxico, linoleico, oléico, γ -Linolênico, cis-8,11,14- Eicosatrienóico, Araquidônico, cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico, cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico, não apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Os somatórios de todos os ácidos graxos das famílias $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ apresentaram uma queda após o tratamento. Já a relação $\omega 6/\omega 3$ apresentou um pequeno aumento (de 0,76 para 0,78).

Tabela 21 – Teores de ácidos graxos $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ em mg/100g de lipídeos antes e após tratamento em forno microondas por 5 minutos (AM).

Ácido Graxo $\omega 9$	Cru	AM
Oleico (C18:1n9c)	7.766,82 ± 515,51	7.961,89 ± 466,81
Eurúxico (C22:1n9)	1.268,62 ± 257,64	1.570,25 ± 113,87
Ácido Graxo $\omega 6$	Cru	AM
Linoleico (C18:2n6c)	0,36 ± 0,04	0,39 ± 0,01
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,62 ± 0,09	0,67 ± 0,01
Araquidônico (C20:4n6)	2,97 ± 0,50	1,54 ± 1,78
Ácido Graxo $\omega 3$	Cru	AM
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	400,39 ± 71,70	486,83 ± 20,57
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	0,77 ± 0,11 ^b	1,57 ± 0,11 ^a
Relações	Cru	AM
$\Sigma \omega 9$	9.035,44	9.532,14
$\Sigma \omega 6$	3,95	2,60
$\Sigma \omega 3$	401,16	488,40
$\omega 6/\omega 3$	0,01	0,01

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 9.

No tratamento em forno de microondas (AM) por 5 minutos, houve variação significativa no ácido Linolelaídico e no ácido cis-5, 8, 11, 14, 17- eicosapentaenóico. Os outros ácidos graxos das famílias $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ não apresentaram variação estatística significativa ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Os somatórios dos ácidos graxos das famílias $\omega 9$ e $\omega 3$ aumentaram, enquanto o somatório dos ácidos graxos da família $\omega 6$ apresentou queda (de 3,95 mg para 2,60 mg). já a relação $\omega 6/\omega 3$ manteve-se constante.

Tabela 22 – Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6 e ω 3 em mg/100g de lipídeos antes e após tratamento em forno convencional por 20 minutos (AFC).

Ácido Graxo ω 9	Cru	AFC
Oleico (C18:1n9c)	7961,89 \pm 466,81	10.881,63 \pm 4816,02
Ácido Graxo ω 6	Cru	AFC
Linoleico (C18:2n6c)	0,46 \pm 0,06	0,46 \pm 0,01
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,91 \pm 0,37	0,83 \pm 0,02
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	570,16 \pm 107,45	574,43 \pm 16,78
Araquidônico (C20:4n6)	4,93 \pm 1,54	5,19 \pm 0,03
Ácido Graxo ω 3	Cru	AFC
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	1,51 \pm 0,45	1,69 \pm 0,10
Relações	Cru	AFC
Σ ω9	7.961,89	10.881,63
Σ ω6	576,46	580,91
Σ ω3	1,51	1,69
ω6/ω3	381,76	343,73

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student. Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 10.

No tratamento em forno convencional por 20 minutos (AFC), houve aumento significativo ($p < 0,05$) apenas no ácido Linolelaídico, os demais ácidos graxos das famílias ω 9, ω 6 e ω 3 não apresentaram variação estatística significativa pelo teste t de Student.

Os somatórios dos ácidos graxos das famílias ω 9, ω 6 e ω 3 apresentaram aumento porém, é possível observar uma queda na relação ω 6/ ω 3 (de 381,76 para 343,73).

Tabela 23 – Teores de ácidos graxos ω 9, ω 6 e ω 3 em mg/100g de lipídeos antes e após fritura em óleo de soja (FOS).

Ácido Graxo ω 9	Cru	FOS
Elaídico (18:1n9t)	3.893,28 \pm 842,08	4.766,64 \pm 52,67
Eurúico (C22:1n9)	1.654,51 \pm 551,24	1.245,20 \pm 337,09
Ácido Graxo ω 6	Cru	FOS
Linoleico (C18:2n6c)	0,39 \pm 0,06	0,33 \pm 0,05
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,65 \pm 0,15	0,62 \pm 0,09
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	853,69 \pm 268,95	577,19 \pm 182,68
Ácido Graxo ω 3	Cru	FOS
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	1,92 \pm 0,56	1,41 \pm 0,41

Relações	Cru	FOS
$\Sigma \omega 9$	1.654,51	1.245,20
$\Sigma \omega 6$	854,73	578,14
$\Sigma \omega 3$	1,92	1,41
$\omega 6/\omega 3$	445,17	410,03

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 11.

De acordo com a tabela acima, a fritura em óleo de soja não fez com que os teores dos ácidos graxos das famílias $\omega 9$, $\omega 6$, $\omega 3$ variassem significativamente.

Já observando os somatórios, pode-se notar um aumento da soma dos ácidos graxos da família $\omega 9$ e uma redução na soma das famílias $\omega 6$ e $\omega 3$. a relação $\omega 6/\omega 3$ apresentou uma queda de 445,17 para 410,03.

Tabela 24 – Teores de ácidos graxos $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ em mg/100g de lipídeos antes e após Fritura em azeite de oliva (FAO).

Ácido Graxo $\omega 9$	Cru	FAO
Nd	nd	nd
Ácido Graxo $\omega 6$	Cru	FAO
Linoleico (C18:2n6c)	0,43 \pm 0,10	0,43 \pm 0,04
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,80 \pm 0,23 ^b	1,98 \pm 0,08 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	842,06 \pm 342,82	559,49 \pm 196,81
Araquidônico (C20:4n6)	2,38 \pm 2,27	3,01 \pm 0,52
Ácido Graxo $\omega 3$	Cru	FAO
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	1,33 \pm 0,78	1,61 \pm 0,24
Relações	Cru	FAO
$\Sigma \omega 9$	nd	Nd
$\Sigma \omega 6$	845,67	564,91
$\Sigma \omega 3$	1,33	1,61
$\omega 6/\omega 3$	635,84	350,88

Nd: não detectado.

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 12.

Na fritura em azeite de oliva (FAO), apenas o ácido γ -Linolênico apresentou variação significativa, com um aumento de 0,80 mg para 1,98 mg (aproximadamente 148%).

Não foi detectado teores de $\omega 9$ pelo método utilizado. O somatório de ácidos graxos $\omega 6$ apresentou uma queda (de 846,67 mg para 564,91 mg) enquanto o de $\omega 3$ aumentou (de 1,33 mg para 1,61 mg), levando a uma queda na relação $\omega 6/\omega 3$.

Tabela 25 – Teores de ácidos graxos $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ em mg/100g de lipídeos antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada (FGV).

Ácido Graxo $\omega 9$	Cru	FGV
Oleico (C18:1n9c)	12.485,14 \pm 1314,53	15.593,91 \pm 3115,31
Eurúxico (C22:1n9)	1.951,53 \pm 158,05 ^a	1.611,48 \pm 91,68 ^b
Ácido Graxo $\omega 6$	Cru	FGV
Linoleico (C18:2n6c)	0,47 \pm 0,03	0,46 \pm 0,03
γ-Linolênico (C18:3n6)	1,47 \pm 0,16	0,94 \pm 0,16
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	643,51 \pm 60,96	820,22 \pm 26,90
Araquidônico (C20:4n6)	5,13 \pm 0,84	3,57 \pm 0,39
Ácido Graxo $\omega 3$	Cru	FGV
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	2,29 \pm 0,30	2,32 \pm 0,51
Relações	Cru	FGV
$\Sigma \omega 9$	14.436,67	17.205,39
$\Sigma \omega 6$	650,58	825,19
$\Sigma \omega 3$	2,29	2,32
$\omega 6/\omega 3$	284,10	355,69

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

Para informações sobre teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados vide Anexo 13.

Nas amostras fritas em gordura vegetal hidrogenada (FGV), apenas o ácido eurúxico, um ácido graxo monoinsaturado da família $\omega 9$ apresentou variação, tendo seu teor reduzido de 1.951,53 mg para 1.611,48 mg após a fritura.

Os somatórios dos ácidos graxos das famílias $\omega 9$, $\omega 6$ e $\omega 3$ apresentaram aumento, bem como a relação $\omega 6/\omega 3$, que aumentou de 284,10 para 355,69.

A estrutura complexa dos lipídeos de pescados causa dificuldades no estudo envolvendo tais produtos (LAGO, ANTONIASSI, 2000).

Comparando apenas a composição em ácidos graxos do lipídeo antes e depois dos tratamentos, é possível observar algumas mudanças no comportamento dos ácidos graxos com o aquecimento.

Comparando os teores de ácido linoleico, ácido γ -linolênico, ácido Araquidônico e EPA, em 100g de lipídeo extraídos de files de tilápia tratados pelos diferentes métodos de cocção, foi possível observar que não houve diferença estatística significativa entre as amostras cruas e tratadas pelos métodos CO, AFC, FOS e FGV para os quatro ácidos graxos.

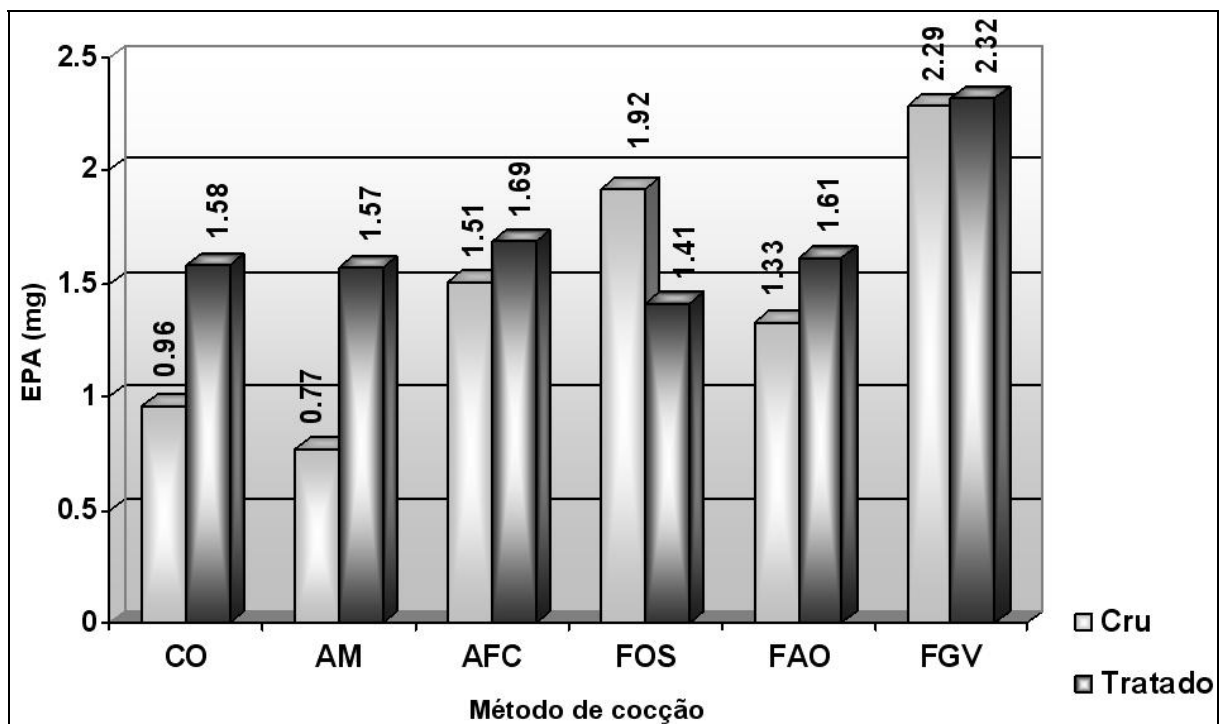


Figura 5 – Teores de ácido eicosapentaenóico (EPA) antes e após tratamentos. (CO: Cozido em água; AM: Assado em forno microondas; AFC: Assado em forno convencional; FOS: Frito em óleo de soja; FAO: Frito em azeite de oliva; FGV: Frito em Gordura Vegetal hidrogenada. Valores referentes ao teor de EPA em 100g de lipídeos).

De acordo com os dados da Figura 5, apenas a fritura em óleo de soja causou uma diminuição dos teores de EPA (de 1,92 mg para 1,41 mg). Nos outros métodos de cocção, houve aumento desses teores, sendo mais evidente no assado em forno de microondas, seguido do cozido em água. Com relação às amostras fritas, notou-se pouca influência do óleo/gordura sobre a composição de

ácidos graxos e diferentes variações dos teores de EPA para cada óleo/gordura utilizada.

Com a fritura, a água migra continuamente do alimento para o óleo quente, essa saída de água produz um efeito de destilação levando os produtos de oxidação voláteis do óleo. A umidade retirada do alimento também facilita a hidrólise do óleo. Esses produtos voláteis podem também se desenvolver no alimento pela interação deste com o óleo de fritura. Além da hidrólise e oxidação lipídica, a variação dos teores de ácidos graxos insaturados pode ser decorrente da interesterificação resultante do aquecimento do óleo ou gordura a temperaturas superiores a 200°C (NAWAR, 1996).

Com relação aos somatórios dos ácidos graxos da família $\omega 3$, notou-se uma diminuição em CO e FOS e um aumento dessas quantidades em AFC, FAO, AM e FGV.

Sobre as relações $\omega 6/\omega 3$, foi possível observar influências diferentes dos métodos de cocção. Os valores de FGV e CO aumentaram 25,27% e 2,63%, respectivamente. AM manteve-se constante e FOS, AFC e FAO apresentaram redução de 7,89%, 9,96% e 44,82%, respectivamente. Estas últimas variações são mais interessantes do ponto de vista nutricional, já que se busca um aumento do consumo de $\omega 3$.

Considerando a não diferença entre as amostras cruas e coccionadas quanto ao teor de ácidos graxos $\omega 3$, o ideal seria que se consumisse alimentos fonte desse ácido graxo preparados com os métodos que não necessitam óleos e/ou gorduras para seu aquecimento (CO, AM e AFC).

Do ponto de vista biológico, apesar das amostras não apresentarem diferenças estatísticas significativas, foi possível observar que em alguns casos houve uma variação nos teores que chegaram a 2 vezes para mais ou menos dos teores iniciais, como é o exemplo do ácido araquidônico que apresentou uma queda de 1,93 vezes na amostra tratada na amostra AM.

Como se tratam de organismos vivos e pequenas variações podem representar uma diferença expressiva no metabolismo, é importante considerar essas diferenças numéricas. Sendo assim, o método de cocção menos indicado para teores de EPA é o FOS, pois apresentou uma queda 1,36 vezes quando comparado com seu respectivo cru (Figura 5). Neste caso, para se consumir a

mesma quantidade de EPA de um filé cru, seria necessário um equivalente frito em óleo de soja com massa 1,36 vezes maior.

Reforçando Gokoglu, Yerlikaya e Cengiz (2004) quando afirmam que os métodos assados e grelhados são os mais saudáveis para a alimentação, ou seja, os que não utilizam fritura por imersão.

De acordo com o exposto anteriormente, a variação nos teores de ω_3 não depende exclusivamente do método de cocção, sendo necessário considerar outros critérios na escolha da melhor forma de preparo do pescado.

Entre estes critérios, pode ser considerado o melhor método, aquele com maior ganho ou menor perda de ω_3 ou aquele no qual ocorre maior perda de ω_6 , considerando a necessidade de que a relação entre w_6/w_3 diminua segundo relatado anteriormente sobre a influência desta relação no metabolismo do homem.

Tabela 26 – Variação dos teores de ω_6 submetidos a diferentes métodos de cocção.

Método de Cocção	Variação dos teores de ω_6
Frito em gordura Vegetal Hidrogenada	+ 26,84%
Assado em forno convencional	+ 0,77%
Cozido em água em ebulição	- 2,79%
Frito em óleo de soja	- 32,36%
Frito em Azeite de Oliva	- 33,20%
Assado em Forno Microondas	- 51,92%

Com relação às variações nas quantidades de ω_6 , frito em gordura vegetal hidrogenada e assado em forno convencional apresentaram aumento nos conteúdos e cozido em água, frito em óleo de soja, frito em azeite de oliva e assado em forno microondas, uma diminuição.

Tabela 27 – Variação dos teores de ω_3 submetidos a diferentes métodos de cocção.

Método de Cocção	Variação dos teores de ω_3
Assado em forno Microondas	+ 21,75%
Frito em Azeite de Oliva	+ 21,05%
Assado em Forno Convencional	+ 11,92%
Frito em Gordura Vegetal Hidrogenada	+ 1,31%
Cozido em água em ebulição	- 5,62%
Frito em óleo de Soja	- 26,70%

Já a respeito dos conteúdos de ω_3 , assado em microondas, frito em azeite de oliva, assado em forno convencional e frito em gordura vegetal hidrogenada apresentaram um aumento e cozido em água em ebulição e frito em óleo de soja, diminuíram.

Assim, considerando essas variações o pescado assado em forno microondas se tornaria a melhor opção pois os dados mostram uma destruição de ácidos graxos ω_6 e um aumento no somatório de ω_3 .

Outro critério que pode ser utilizado seria relacionar o objetivo da dieta, em casos de enfermidades, com a proporção de consumo de ω_3 e ω_6 . Quando o objetivo é o maior consumo de ω_3 , o melhor método a ser escolhido seria, também o AM (aumento de ω_3 em 21,75%). Se o objetivo for o consumo de um teor maior de ω_6 , o melhor método seria o FGV (aumento de ω_6 em 26,84%).

De acordo com o exposto, dentre os métodos de cocção testados, o assado em forno de microondas pode ser a melhor escolha quando o objetivo é maior consumo de ω_3 pois apresentou maior destruição de ácidos graxos da família ω_6 , proporcionando uma relação ω_6/ω_3 mais próxima do desejável.

6 CONCLUSÃO

Com relação à composição centesimal:

- Houve perda de umidade em todos os métodos de cocção, decorrente do aquecimento.
- Os métodos de cocção testados em nada influenciaram nas quantidades de proteínas dos filés de tilápia.
- Com relação aos lipídeos, observou-se um aumento da quantidade quando comparados os crus com os tratados em base seca. Esse aumento é decorrente da melhor extração de lipídeos das amostras tratadas.
- A quantidade de cinzas variou diferentemente entre os métodos, diminuindo significativamente ($p < 0,05$) nas amostras cozida (CO), frita em gordura vegetal hidrogenada (FGV) e frita em azeite de oliva (FAO) e aumentando significativamente na amostra frita em óleo de soja (FOS). As amostras assadas em forno de microondas e forno convencional não apresentaram diferença significativa na quantidade de cinzas.

Com relação à quantidade de $\omega 3$:

- O método de cocção mais indicado para o consumo de alimentos com $\omega 3$ é o assado em forno microondas, pois proporcionou maior destruição de $\omega 6$ e o aumento de $\omega 3$.
- Apenas a fritura em óleo de soja causou uma diminuição dos teores de EPA. Nos outros métodos de cocção, houve aumento desses teores, sendo mais evidente no assado em forno de microondas, seguido do cozido em água.
- Com relação às amostras fritas, notou-se pouca influência do óleo/gordura sobre a composição de ácidos graxos e diferentes variações dos teores de EPA para cada óleo/gordura utilizada.

REFERÊNCIAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists**. 16. ed, Arlington, 1998. CD-ROM.

AZEVEDO, C. H. **Teores de isômeros *trans* em gorduras vegetais hidrogenadas avaliadas por diferentes técnicas instrumentais**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.

BAILEY, M. E. Inhibition of warmed-over flavour with emphasis on Maillard reaction products. **Food Technology**. 42, 1998, 123–126.

BARBOZA, Ana Claudia R. N. et al. Aquecimento em forno de microondas/ desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Quím. Nova**. São Paulo, 2001, v. 24, n. 6.

BASSO R, ALMEIDA IG, MANCINI JF. Avaliação qualitativa e quantitativa dos ácidos graxos *trans* em gorduras vegetais hidrogenadas. **Bol SBCTA** 1999; 33(1):57-63.

BLIGH, E. G., DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Medical Sciences**, 1959, 37(8), 911–917.

BOGNAR, A. Comparative study of frying to other cooking techniques: Influence on the nutritive value. **Grasas y aceites**, 1998, 49, 256–262.

BROWNING, L. M. n-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation and obesity-related disease. **Proc Nutr Soc**. may 2003, 62(2): 447-53.

CAMPOS, F. G., WAITZBERG, D. L., LOGULO, A. F., *et al*. Immunonutrition in experimental colitis: beneficial effects of omega-3 fatty acids. **Arq. Gastroenterol.**, Jan./Mar. 2002, vol.39, no.1, p.48-54.

CANDELA, M., ASTIASARÁN, I., BELLO, J. Effects of frying and warmholding on fatty acids and cholesterol of sole (*Solea solea*), codfish (*Gadus morrhua*) and hake (*Merluccius merluccius*). **Food Chemistry**, vol 58, n. 3, 1997, 227-231.

CASTRILLÓN, A. M., NAVARRO, P., ÁLVAREZ-PONTES, E. Changes in chemical composition and nutritional quality of fried sardine (*Clupea pilchardus*) produced by frozen storage and microwave reheating. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 75, 1997, 1125–1132.

CELLA, R. C. F., REGINATO-D'ARCE, M. A. B., SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, mai – ago. 2002, 22(2): 111-116.

COULSON, J. M., RICHARDSON, J. F. Transferência de Calor. In: **Tecnologia Química**. Lisboa, 2004, 4.ed, vol 1, cap. 8, p. 381 – 570.

DAMODARAN, S. Amino Acids, Peptides and Proteins. In: FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3.ed., New York: EDITORA, 1996. p. 321 - 430.

DeMAN, J. M. Chemical and Physical Properties of Fatty acids. In: CHOW, C. K. **Fatty acids in foods and their health implications**. Marcel Dekker, New York: 2000. p. 17 – 46.

DUCKETT, S., K., WAGNER, D., G. Effect of Cooking on the Fatty Acid Composition of Beef Intramuscular Lipid. **Journal of Food Composition and Analysis**, 1998, 11, 357–362.

FILLION, L., HENRY, C. J. K. Nutrient losses and gains during frying: a review. **Journal of Food Science and Nutrition**. 1998, 49, 157 – 168.

GALL, K. L.; OTWELL, W. S.; KOBURGUER, J. A.; APPLIEDORF, H. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. **Journal of Food Science**, Chicago, 1983, v. 48, p. 1068-1074.

GOKOGLU, N., YERLIKAYA, P., CENGIZ, E. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Food Chemistry**, 2004 , v. 84, n. 1, 19-22.

HERNANDEZ, C.P. Obtenção de gelatina de pescado à base de resíduo do processamento de sardinha, **Sardinella brasiliensis**. Piracicaba, 1987. 76p. (Tese-Mestrado) - ESALQ-USP.

HOFMANN, T. Characterization of the chemical structure of novel coloured Maillard reaction products from furan-2-carboxaldehyde and amino acids. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 1998, 46, 932–940.

HU, F. B., STAMPFER, M. J., MANSON, J. E., RIMM, E. B., WOLK, A., COLDITZ, G. A., HENNEKENS, C. H., WILLET, W. C. Dietary intake of α -linolenic acid and risk of fatal inschemic heart disease among women. **American Journal of Clinical Nutrition**. 1999, 69:890-7.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Anomail and Vegetable fats and oils – preparation of methyl esters of fatty acids. Geneve: ISO. Method ISO 5509, 1978, p.01-06.

JAMES, M. J., PROUDMAN, S. M., CLELAND, L. G. Dietary n-3 fats in a prototypic inflammatory disease: issues and obstacles for use in rheumatoid arthritis. **Prostaglandins Leukot Essent Fat Acids**. jun 2003, 68(6): 339-405.

JUÁREZ, M. D., ALFARO, M. E., SAMMÁN, N. Nutrient Retention of Deep-fried Milanesas. **Journal of Food Composition and Analysis**. 17, 2004, 119-124.

LAGO, R. C. A., ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos di poleo de cobertura de sardinhas em conserva armazenadas em temperatura ambiente. **B. Ceppa**. Curitiba, v. 18, n. 2, p. 177-192, jul/dez, 2000.

LARSSON, S. C., KUMLIN, M., INGELMAN-SUNDBERG, M., WOLK, A. Dietary long-chain n-3 fatty acids for the prevention of cancer: a review of potential mechanisms. **Am J Clin Nutr**, 2004, 79: 934-945.

LOBB, K., CHOW, C. K. Fatty Acid Classification and Nomenclature. In: CHOW, C. K. **Fatty acids in foods and their health implications**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 01 – 16

MA, D. W. L.; SEO, J.; SWITZER, K. C.; FAN, Y. Y.; McMURRAY, D. N.; LUPTON, J. R.; CHAPKIN, R. S. n-3 PUFA and membrane microdomais: a new frontier in bioactive lipid research. **Journal of Nutritional Biochemistry**. 15, 2004, 700-706.

McCABE, A. J.; WALLACE, J. M. W.; GILMORE, W. S.; McGLYNN, H.; STRAIN, S. J. Docosahexaenoic acid reduces in vitro invasion of renal cell carcinoma by elevated levels of tissue inhibitor of metalloproteinase-1. **Journal of Nutritional Biochemistry**. Vol. 16, 2005, 17-22.

MELLEMA, M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. **Trends in food science & Technology**. 14, 2003, 364-373.

NAWAR, W. W. Lipids. In: FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3.ed., New York: EDITORA, 1996. p. 225-319.

OHGAKI, S., KANNEI, M., MORITA, S. Quantitative and qualitative changes in sardine lipid by cooking. **Annu. Rep.Osaka City Inst. Publ. Health Environ. Sci.**, 56, 1994, 24-31.

POMBEIRO, A. J. L. O. Operações Unitárias de Transferência de calor. In: **Técnicas e Operações Unitárias em Química Laboratorial**. 4.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. p. 193 – 213.

POON, P. W. B, DURANCE, T., KITTS, D.D. Composition and retention of lipid nutrients in cooked ground beef relative to heat-transfer rates. **Food Chemistry** 74, 2001, p. 485–491.

RHEE, K. S. Fatty Acids in Meats and meat products. In: CHOW, C. K. **Fatty acids in foods and their health implications**. Marcel Dekker, New York: 2000. p. 83–108.

ROSA, F. C., et al. Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 4, jul./ago., 2006, p. 707-714.

SADICOFF, B. L., AMORIM, M. C. V. Uma demonstração simples e visual do efeito do aquecimento com microondas em reações de poliadição. **Química Nova**. 23(4), 2000. 557 – 559 p.

SAGUY, I. S., DANA, D. Integrated approach to deep frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**. 2003, 56, 143 – 152.

SALEM JR, N. **Introduction to polyunsaturated fatty acids**. Backgrounder, 1999, v. 3, n. 1, 1 – 8 p.

SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J., CUESTA, C., POLONIO, M. C., & ARROYO, R. Garrido Fritura de patatas en aceite de girasol. Estudio comparativo del grado de alteración del aceite de la freidora y del extraído de las patatas. **Grasas y Aceites**, 45, 1994, p. 300–310.

SHAHIDI, F., FINLEY, J. W. **Omega – 3 Fatty Acids – Chemistry, Nutrition and Health Effects**. American Chemical Society, Washington, 2001, 330 p.

SIKORSKI, Z.E.; SUN PAN, B; SHAHIDI, F. **Seafood protein**. New York: Chapman & Hall. 1994. 234p

SIMOPOULOS, A. P. Essential Fatty acids in health and chronic diseases. **Am J Clin Nutr.** 70 (suppl), 1999, p. 560-569.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio and Trans Fatty Acid in Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus. **Annals of the New York Academic Sciences.** V. 827, 1997, p. 327-338,.

SIMOPOULOS, A. P., LEAF, A., SALEM Jr, N. Workshop on the Essentiality of and Recommended Dietary Intakes for Omega-6 and Omega-3 Fatty Acids. **Journal of the American College of Nutrition.** v. 18, n. 5, 1999, p. 487 – 489.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Diabetes tipo 2**. on-line: www.diabetes.org.br, Acesso em mar 2007.

SPANIER, A. M., EDWARDS, J., DUPUY, H. P. The warmed-over flavor process in beef: a study of meat proteins and peptides. **Food Technology**, 46, 1998, p.110–118.

STATSOFT, INC. (1995). STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2325 East 13th Street, Tulsa, OK 74104, (918) 583-4149, fax: (918) 583-4376.

STEINER-ASIEDU, M.; JULSHAMN, K.; LIE, O. Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: part I: proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins. **Food Chemistry**, Great Britain, v. 40, 1991, p. 309-321.

TATEOKA, S. L., PERRINO, C. Jr., BUTTERY, R. Volatile constituents of used frying oils. **Journal of Agricultural Food Chemistry.** 1996, 44, 654 – 660.

VARELA, G., RUIZ-ROSO, B. Some nutritional aspects of olive oil. In HARWOOD, J., & Aparicio, R. (Eds.), **Handbook of olive oil. Analysis and properties** Gaithersburg: Aspen Publisher, Inc. 2000. p. 565.

VARGAS, C. R., BARSCHAK, A. G., COELHO, D. M. *et al.* **Clinical and biochemical findings in 7 patients with X-linked adrenoleukodystrophy treated with Lorenzo's Oil.** *Genet. Mol. Biol.*, Dec. 2000, vol.23, no.4, p.697-701.

VISENTAINER, J. V., GOMES, S. T. M., HAYASHI, C., SANTOS-JUNIOR, O. O., SILVA, A. B. M. da, JUSTI, K. C., SOUZA, N. E. de, MATSUSHITA, M. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciênc. Tecnol. Aliment**, Campinas, 23(3), set-dez. 2003, p. 478-484.

WAHLQVIST, M. L., *et al.* The Role of Nutrition in Abdominal Obesity. **Nutrition Research**. v. 19, n. 1, 1999, pp. 85-100.

WAITZBERG, D. L., BORGES, V. C. Gorduras. In: WAITZBERG D. L. **Nutrição Oral, Enteral e Parenteral na Prática Clínica**. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 55-78.

WHITE, P. J. Fatty acids in oilseeds. In: CHOW, C. K. **Fatty acids in foods and their health implications**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 209 – 238.

YOSHIDA, H. TOMIYAMA, Y., HIRAKAWA, Y., MIZUSHINA, Y. Microwave roasting effects on the oxidative stability of oils and molecular species of triacylglycerols in the kernels of pumpkin (*Cucurbita spp*) seeds. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 19, n. 4, jun. 2006. p. 330-339.

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 1 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e cozimento em água em ebulição por 20 minutos (CO).

Ácidos Graxos Saturados	Cru	CO
Capróico (C6:0)	14,50 ± 2,39 ^b	27,14 ± 3,77 ^a
Mirístico (C8:0)	100,42 ± 14,73 ^b	210,28 ± 39,26 ^a
Heptadecanóico (C17:0)	7,38 ± 0,38 ^b	14,42 ± 0,62 ^a
Araquídico (C20:0)	497,26 ± 79,02 ^b	1.024,92 ± 172,87 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	274,53 ± 55,94 ^b	673,19 ± 92,55 ^a
Behênico (C22:0)	18,62 ± 2,35 ^b	43,90 ± 6,31 ^a
Tricosanóico (C23:0)	63,59 ± 18,85 ^b	171,76 ± 21,30 ^a
Ácidos Graxos Monoinsaturados	Cru	CO
Miristoleico (C14:1)	9,80 ± 1,70 ^b	19,49 ± 1,12 ^a
Palmitoleico (C16:1)	23,76 ± 6,77 ^b	57,48 ± 8,49 ^a
cis-10-Heptadecenóico (C17:1)	370,23 ± 80,58 ^b	713,10 ± 51,51 ^a
Oleico (C18:1n9c)	175,54 ± 24,82 ^b	610,96 ± 216,31 ^a
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	27,35 ± 11,56 ^b	57,95 ± 12,44 ^a
Eurúico (C22:1n9)	27,70 ± 4,54 ^b	68,22 ± 12,95 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	12,97 ± 3,17 ^b	24,12 ± 4,59 ^a
Ácidos Graxos Poliinsaturados	Cru	CO
Linoleico (C18:2n6c)	9,00 ± 1,24 ^b	18,28 ± 2,07 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	17,12 ± 2,97 ^a	28,11 ± 6,46 ^a
Cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	15,96 ± 3,85 ^b	39,31 ± 5,39 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	9,69 ± 2,25 ^b	18,52 ± 2,26 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	12,97 ± 3,17 ^b	24,12 ± 4,59 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	85,07 ± 12,49 ^a	148,73 ± 41,47 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	2,55 ± 0,80 ^a	8,11 ± 3,85 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 2

ANEXO 2 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após assamento em forno microondas por 5 minutos.

Ácidos Graxos Saturados	Cru	AM
Capróico (C6:0)	13,96 ± 9,41 ^b	46,99 ± 2,93 ^a
Mirístico (C8:0)	83,20 ± 47,52 ^b	378,47 ± 33,48 ^a
Palmitico (C16:0)	18,15 ± 13,39 ^b	60,77 ± 5,28 ^a
Araquídico (C20:0)	486,19 ± 246,30 ^b	2.229,83 ± 238,29 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	161,92 ± 119,82 ^b	644,59 ± 51,46 ^a
Behênico (C22:0)	17,33 ± 9,99 ^b	71,88 ± 8,80 ^a
Tricosanóico (C23:0)	52,94 ± 24,94 ^a	187,52 ± 121,52 ^a
Ácidos Graxos Monoinsaturados	Cru	AM
Miristoleico (C14:1)	9,98 ± 7,75 ^b	31,20 ± 3,02 ^a
cis-10-Pentadecenóico (C15:1)	26,40 ± 14,44 ^b	113,77 ± 10,62 ^a
Palmitoleico (C16:1)	8,62 ± 6,05 ^b	32,19 ± 1,75 ^a
Oleico (C18:1n9c)	196,73 ± 137,99 ^b	693,97 ± 83,90 ^a
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	21,10 ± 11,97 ^b	94,48 ± 9,95 ^a
Eurúico (C22:1n9)	29,18 ± 13,60 ^b	137,06 ± 19,54 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	9,62 ± 5,60 ^b	42,39 ± 4,22 ^a
Ácidos Graxos Poliinsaturados	Cru	AM
Linoleico (C18:2n6c)	8,76 ± 5,06 ^b	34,13 ± 3,33 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	14,75 ± 7,91 ^b	58,26 ± 5,87 ^a
Cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	12,42 ± 8,55 ^b	45,56 ± 4,25 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	9,62 ± 5,60 ^b	42,39 ± 4,22 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	49,16 ± 4,40 ^a	46,69 ± 0,33 ^a
cis-13, 16- Docosadienóico (C22:2)	77,79 ± 44,86 ^b	338,15 ± 35,63 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	18,20 ± 9,54 ^b	137,14 ± 18,90 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste T de Student.

ANEXO 3

ANEXO 3 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após tratamento em forno convencional (AFC) por 20 minutos.

Ácidos Graxos Saturados	Cru	AFC
Capróico (C6:0)	8,13 ± 2,34 ^b	30,43 ± 2,47 ^a
Mirístico (C8:0)	63,76 ± 16,16 ^b	271,28 ± 30,46 ^a
Pentadecanoico (C15:0)	294,67 ± 65,33 ^b	1.253,78 ± 116,17 ^a
Heptadecanoico (C17:0)	4,00 ± 0,81 ^b	16,08 ± 1,68 ^a
Heneicosanoico (C21:0)	101,04 ± 35,11 ^b	561,84 ± 93,58 ^a
Behênico (C22:0)	11,01 ± 2,39 ^b	44,94 ± 4,50 ^a
Tricosanoico (C23:0)	49,70 ± 15,64 ^b	230,87 ± 24,82 ^a
Ácidos Graxos Monoinsaturados	Cru	AFC
Miristoleico (C14:1)	5,67 ± 1,17 ^a	1.683,10 ± 1441,78 ^a
Palmitoleico (C16:1)	16,41 ± 5,09 ^b	69,66 ± 22,24 ^a
cis-10-Heptadecenoico (C:17:1)	250,56 ± 53,48 ^b	968,18 ± 107,82 ^a
Oleico (C18:1n9c)	107,52 ± 18,06 ^b	575,08 ± 192,29 ^a
cis-11-Eicosenoico (C20:1)	11,71 ± 5,71 ^a	40,60 ± 26,28 ^a
Ácidos Graxos poliinsaturados	Cru	AFC
Linoleico (C18:2n6c)	6,24 ± 1,35 ^b	24,78 ± 2,33 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	12,21 ± 4,67 ^b	44,86 ± 4,28 ^a
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2)	15,68 ± 6,19 ^b	72,96 ± 8,46 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienoico	7,71 ± 1,80 ^b	31,21 ± 3,22 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	66,59 ± 21,03 ^b	282,39 ± 30,20 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenoico (C20:5n3)	20,41 ± 6,45 ^b	91,71 ± 6,20 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 4

ANEXO 4 – Teores de ácidos graxos ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após Fritura em óleo de soja (FOS).

Ácido Graxo Saturados	Cru	FOS
Capróico (C6:0)	6,12 ± 1,26 ^b	19,31 ± 3,13 ^a
Mirístico (C8:0)	36,07 ± 23,26 ^a	63,15 ± 10,53 ^a
Araquídico (C20:0)	340,59 ± 61,39 ^b	1.443,57 ± 275,35 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	80,16 ± 23,01 ^b	247,24 ± 42,78 ^a
Behênico (C22:0)	9,18 ± 3,51 ^b	30,59 ± 3,32 ^a
Tricosanóico (C23:0)	33,77 ± 6,02 ^a	118,97 ± 65,73 ^a
Ácido Graxo Monoinsaturados	Cru	FOS
Palmitoleico (C16:1)	6,21 ± 0,42 ^b	18,82 ± 2,37 ^a
Eláidico (18:1n9t)	39,14 ± 1,52 ^b	166,92 ± 26,24 ^a
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	16,81 ± 3,73 ^b	29,87 ± 4,85 ^a
Eurúico (C22:1n9)	17,61 ± 7,71 ^b	42,72 ± 7,51 ^a
Ácido Graxo poliinsaturados	Cru	FOS
Linoleico (C18:2n6c)	4,04 ± 1,21 ^b	11,38 ± 1,17 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	6,95 ± 2,63 ^b	21,38 ± 2,75 ^a
cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	6,38 ± 2,88 ^b	16,48 ± 5,31 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	9,02 ± 4,26 ^b	19,71 ± 4,12 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	20,78 ± 9,98 ^a	50,55 ± 8,94 ^a
cis-13, 16- Docosadienóico (C22:2)	38,94 ± 19,16 ^b	101,89 ± 12,45 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	20,17 ± 7,72 ^a	48,47 ± 10,82 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 5

ANEXO 5 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após fritura em azeite de oliva (FAO).

Ácido Graxo Saturados	Cru	FAO
Capróico (C6:0)	13,73 ± 5,75 ^a	28,84 ± 12,01 ^a
Mirístico (C8:0)	62,30 ± 10,01 ^b	123,06 ± 19,81 ^a
Heptadecanóico (C17:0)	6,77 ± 3,04 ^a	14,46 ± 6,00 ^a
Araquídico (C20:0)	623,13 ± 665,74 ^a	1.858,32 ± 894,12 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	135,71 ± 19,71 ^a	472,20 ± 268,50 ^a
Behênico (C22:0)	23,42 ± 11,15 ^a	37,32 ± 7,77 ^a
Tricosanóico (C23:0)	59,98 ± 30,70 ^a	117,73 ± 36,71 ^a
Ácido Graxo Monoinsaturado	Cru	FAO
Miristoleico (C14:1)	8,35 ± 3,52 ^a	16,89 ± 7,08 ^a
Palmitoleico (C16:1)	16,53 ± 6,84 ^b	47,41 ± 7,83 ^a
cis-10-Heptadecenóico (C17:1)	318,40 ± 127,51 ^a	728,11 ± 250,91 ^a
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	33,64 ± 23,70 ^a	49,16 ± 3,02 ^a
Ácido Graxo Poliinsaturado	Cru	FAO
Linoleico (C18:2n6c)	9,60 ± 3,51 ^a	21,57 ± 7,93 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	18,36 ± 9,71 ^a	100,99 ± 41,27 ^a
cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	30,46 ± 21,94 ^a	40,64 ± 8,38 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	26,96 ± 4,35 ^a	27,86 ± 5,52 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	41,25 ± 17,24 ^a	147,48 ± 39,97 ^a
cis-13, 16- Docosadienóico (C22:2)	104,46 ± 55,85 ^a	153,17 ± 9,73 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	25,91 ± 4,12 ^b	79,50 ± 23,60 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 6

ANEXO 6 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de amostra antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada (FGV).

Ácido Graxo Saturado	Cru	FGV
Capróico (C6:0)	8,18 ± 0,52 ^b	14,18 ± 1,48 ^a
Mirístico (C8:0)	105,38 ± 2,29 ^b	125,92 ± 10,05 ^a
Pentadecanoico (C15:0)	358,04 ± 21,01 ^b	531,53 ± 44,86 ^a
Heptadecanoico (C17:0)	4,92 ± 0,08 ^b	7,77 ± 0,83 ^a
Araquídico (C20:0)	505,78 ± 26,83 ^b	637,28 ± 58,24 ^a
Heneicosanoico (C21:0)	372,61 ± 48,01 ^a	520,19 ± 84,55 ^a
Behênico (C22:0)	15,02 ± 0,28 ^a	22,59 ± 7,13 ^a
Tricosanoico (C23:0)	56,67 ± 4,99 ^a	65,83 ± 5,63 ^a
Ácido Graxo Monoinsaturado	Cru	FGV
Miristoleico (C14:1)	8,20 ± 0,48 ^b	11,65 ± 1,09 ^a
Palmitoleico (C16:1)	16,34 ± 0,77 ^b	19,42 ± 0,44 ^a
Oleico (C18:1n9c)	182,40 ± 18,02 ^b	412,49 ± 96,33 ^a
cis-11-Eicosenoico (C20:1)	8,47 ± 0,48 ^b	42,97 ± 11,97 ^a
Eurúico (C22:1n9)	28,51 ± 2,07 ^b	42,44 ± 3,72 ^a
Ácido Graxo Poliinsaturado	Cru	FGV
Linoleico (C18:2n6c)	6,86 ± 0,08 ^b	12,20 ± 1,86 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	21,48 ± 3,10 ^a	24,81 ± 5,66 ^a
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2)	26,48 ± 0,39 ^b	34,92 ± 3,65 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienoico	9,39 ± 0,50 ^b	21,64 ± 2,37 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	74,58 ± 7,77 ^a	93,51 ± 2,85 ^a
cis-13, 16- Docosadienoico (C22:2)	83,97 ± 2,19 ^b	120,30 ± 9,45 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenoico (C20:5n3)	33,29 ± 2,30 ^a	60,66 ± 11,31 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 7

ANEXO 7 – Comparação da quantidade de ácidos graxos entre os métodos de cocção (mg/100g lipídeos).

Saturados	CO	AM	AFC	FOS	FAO	FGV
Capróico (C6:0)	27,14 ± 3,77	46,99 ± 2,93	30,43 ± 2,47	19,31 ± 3,13	28,84 ± 12,01	14,18 ± 1,48
Mirístico (C8:0)	210,28 ± 39,26	378,47 ± 33,48	271,28 ± 30,46	63,15 ± 10,53	123,06 ± 19,81	125,92 ± 10,05
Pentadecanoico (C15:0)	nd	nd	1.253,78 ± 116,17	nd	nd	531,53 ± 44,86
Palmitico (C16:0)	nd	60,77 ± 5,28	nd	nd	nd	nd
Heptadecanoico (C17:0)	14,42 ± 0,62	nd	16,08 ± 1,68	nd	14,46 ± 6,00	7,77 ± 0,83
Araquídico (C20:0)	1.024,92 ± 172,87	2.229,83 ± 238,29	1.497,36 ± 155,91	1.443,57 ± 275,35	1.858,32 ± 894,12	637,28 ± 58,24
Heneicosanoico (C21:0)	673,19 ± 92,55	644,59 ± 51,46	561,84 ± 93,58	247,24 ± 42,78	472,20 ± 268,50	520,19 ± 84,55
Behênico (C22:0)	43,90 ± 6,31	71,88 ± 8,80	44,94 ± 4,50	30,59 ± 3,32	37,32 ± 7,77	22,59 ± 7,13
Tricosanoico (C23:0)	171,76 ± 21,30	187,52 ± 121,52	230,87 ± 24,82	118,97 ± 65,73	117,73 ± 36,71	65,83 ± 5,63
Monoinsaturados	CO	AM	AFC	FOS	FAO	FGV
Miristoleico (C14:1)	19,49 ± 1,12	31,20 ± 3,02	1.683,10 ± 1441,78	nd	16,89 ± 7,08	11,65 ± 1,09
cis-10-Pentadecenoico (C15:1)	nd	113,77 ± 10,62	nd	nd	nd	nd
Palmitoleico (C16:1)	57,48 ± 8,49	32,19 ± 1,75	69,66 ± 22,24	18,82 ± 2,37	47,41 ± 7,83	19,42 ± 0,44
cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	713,10 ± 51,51	nd	968,18 ± 107,82	nd	728,11 ± 250,91	nd
Elaidico (18:1n9t)	nd	nd	nd	166,92 ± 26,24	nd	nd
Oleico (C18:1n9c)	610,96 ± 216,31	693,97 ± 83,90	575,08 ± 192,29	nd	nd	412,49 ± 96,33
cis-11-Eicosenoico (C20:1)	57,95 ± 12,44	94,48 ± 9,95	40,60 ± 26,28	29,87 ± 4,85	49,16 ± 3,02	42,97 ± 11,97
Eurúico (C22:1n9)	68,22 ± 12,95	137,06 ± 19,54	nd	42,72 ± 7,51	nd	42,44 ± 3,72
cis-11, 14, 17-Eicosatrienoico (C20:3n3)	24,12 ± 4,59	42,39 ± 4,22	nd	nd	nd	nd
Poliinsaturados	CO	AM	AFC	FOS	FAO	FGV
Linoleico (C18:2n6c)	18,28 ± 2,07	34,13 ± 3,33	24,78 ± 2,33	11,38 ± 1,17	21,57 ± 7,93	12,20 ± 1,86
γ-Linolênico (C18:3n6)	28,11 ± 6,46	58,26 ± 5,87	44,86 ± 4,28 ^a	21,38 ± 2,75	100,99 ± 41,27	24,81 ± 5,66
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2)	39,31 ± 5,39	45,56 ± 4,25	72,96 ± 8,46	16,48 ± 5,31	40,64 ± 8,38	34,92 ± 3,65
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	18,52 ± 2,26	nd	31,21 ± 3,22	19,71 ± 4,12	27,86 ± 5,52	21,64 ± 2,37
cis-11, 14, 17-Eicosatrienoico (C20:3n3)	24,12 ± 4,59	42,39 ± 4,22	nd	nd	nd	nd
Araquidônico (C20:4n6)	148,73 ± 41,47	46,69 ± 0,33	282,39 ± 30,20	50,55 ± 8,94	147,48 ± 39,97	93,51 ± 2,85
cis-13, 16- Docosadienoico (C22:2)	283,48 ± 75,34	338,15 ± 35,63	277,03 ± 0,88	101,89 ± 12,45	153,17 ± 9,73	120,30 ± 9,45
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenoico (C20:5n3)	8,11 ± 3,85	137,14 ± 18,90 ^a	91,71 ± 6,20 ^a	48,47 ± 10,82	79,50 ± 23,60	60,66 ± 11,31
ω9	CO	AM	AFC	FOS	FAO	FGV
Elaidico	nd	nd	nd	166,92 ± 26,24	nd	nd
Oleico (C18:1n9c)	610,96 ± 216,31	693,97 ± 83,90	575,08 ± 192,29	nd	nd	412,49 ± 96,33
Eurúico (C22:1n9)	68,22 ± 12,95	137,06 ± 19,54	nd	42,72 ± 7,51	nd	42,44 ± 3,72
ω6	CO	AM	AFC	FOS	FAO	FGV
Linoleico (C18:2n6c)	18,28 ± 2,07	34,13 ± 3,33	24,78 ± 2,33	11,38 ± 1,17	21,57 ± 7,93	12,20 ± 1,86
γ-Linolênico (C18:3n6)	28,11 ± 6,46	58,26 ± 5,87	44,86 ± 4,28 ^a	21,38 ± 2,75	100,99 ± 41,27	24,81 ± 5,66
cis-8,11,14- Eicosatrienoico	18,52 ± 2,26	nd	31,21 ± 3,22	19,71 ± 4,12	27,86 ± 5,52	21,64 ± 2,37
Araquidônico (C20:4n6)	148,73 ± 41,47	46,69 ± 0,33	282,39 ± 30,20	50,55 ± 8,94	147,48 ± 39,97	93,51 ± 2,85
ω3	CO	AM	AFC	FOS	FAO	FGV
cis-11, 14, 17-Eicosatrienoico (C20:3n3)	24,12 ± 4,59	42,39 ± 4,22	nd	nd	nd	nd
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenoico (C20:5n3)	8,11 ± 3,85	137,14 ± 18,90 ^a	91,71 ± 6,20 ^a	48,47 ± 10,82	79,50 ± 23,60	60,66 ± 11,31

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste de Tukey.

ANEXO 8

ANEXO 8 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após cozimento em água em ebulição por 20 minutos (CO).

Ácido Graxos Saturados	Cru	CO
Capróico (C6:0)	559,74 ± 32,44 ^a	0,53 ± 0,00 ^b
Mirístico (C8:0)	3.957,36 ± 899,82 ^a	4,13 ± 0,88 ^b
Heptadecanóico (C17:0)	290,85 ± 58,86 ^a	0,28 ± 0,05 ^b
Araquídico (C20:0)	19.660,69 ± 4921,81 ^a	20.128,11 ± 3849,33 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	10.538,33 ± 432,70 ^b	13.078,98 ± 15,41 ^a
Behênico (C22:0)	725,89 ± 102,87 ^a	852,34 ± 10,10 ^a
Tricosanóico (C23:0)	2.408,80 ± 313,03 ^b	3.364,32 ± 458,32 ^a
Ácido Graxo monoinsaturados	Cru	CO
Miristoleico (C14:1)	378,25 ± 26,97 ^a	381,80 ± 35,89 ^a
Palmitoleico (C16:1)	936,03 ± 333,97 ^a	1,13 ± 0,21 ^b
cis-10-Heptadecenóico (C17:1)	14.185,10 ± 61,51 ^a	13,94 ± 1,00 ^b
Oleico (C18:1n9c)	7.038,01 ± 2175,05 ^a	11,67 ± 3,17 ^b
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	1.035,76 ± 289,04 ^a	1.135,38 ± 242,99 ^a
Eurúico (C22:1n9)	1.096,07 ± 281,42 ^a	1.334,80 ± 245,64 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	494,82 ± 19,11 ^a	466,31 ± 35,09 ^a
Ácido Graxo poliinsaturados	Cru	CO
Linoleico (C18:2n6c)	0,35 ± 0,03 ^a	0,36 ± 0,02 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,67 ± 0,15 ^a	0,54 ± 0,09 ^a
cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	615,55 ± 100,25 ^a	770,35 ± 116,55 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	370,35 ± 11,65 ^a	360,42 ± 6,17 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	494,82 ± 19,11 ^a	466,31 ± 35,09 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	3,30 ± 0,37 ^a	2,90 ± 0,71 ^a
cis-13, 16- Docosadienóico (C22:2)	4.082,07 ± 719,77 ^a	5.474,93 ± 1074,70 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	0,96 ± 0,11 ^a	1,58 ± 0,70 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 9

ANEXO 9 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após tratamento em forno microondas por 5 minutos (AM).

Ácido Graxo saturado	Cru	AM
Capróico (C6:0)	557,44 ± 12,98 ^a	540,65 ± 18,28 ^a
Mirístico (C8:0)	3.467,75 ± 413,04 ^b	4.347,46 ± 68,65 ^a
Palmitico (C16:0)	705,36 ± 31,91 ^a	698,05 ± 4,37 ^a
Araquídico (C20:0)	20.798,57 ± 3564,57 ^a	25.585,95 ± 713,54 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	6.288,77 ± 560,36 ^a	7.412,45 ± 311,71 ^a
Behênico (C22:0)	720,24 ± 75,60 ^a	824,28 ± 43,01 ^a
Tricosanóico (C23:0)	2.294,77 ± 426,30 ^a	2.203,70 ± 1477,37 ^a
Ácido Graxo monoinsaturado	Cru	AM
Miristoleico (C14:1)	381,12 ± 35,91 ^a	358,31 ± 13,27 ^a
cis-10-Pentadecenóico (C15:1)	1.110,88 ± 145,34 ^a	1.306,65 ± 30,40 ^a
Palmitoleico (C16:1)	340,43 ± 31,05 ^a	370,51 ± 12,42 ^a
Oleico (C18:1n9c)	7.766,82 ± 515,51 ^a	7.961,89 ± 466,81 ^a
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	880,59 ± 103,91 ^a	1.084,22 ± 30,80 ^a
Eurúico (C22:1n9)	1.268,62 ± 257,64 ^a	1.570,25 ± 113,87 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	400,39 ± 71,70 ^a	486,83 ± 20,57 ^a
Ácido Graxo poliinsaturado	Cru	AM
Linoleico (C18:2n6c)	0,36 ± 0,04 ^a	0,39 ± 0,01 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,62 ± 0,09 ^a	0,67 ± 0,01 ^a
cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	493,08 ± 1,68 ^a	524,41 ± 42,89 ^a
cis-11, 14, 17-Eicosatrienóico (C20:3n3)	400,39 ± 71,70 ^a	486,83 ± 20,57 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	2,97 ± 0,50 ^a	1,54 ± 1,78 ^a
cis-13, 16- Docosadienóico (C22:2)	3.234,69 ± 360,77 ^b	3.880,83 ± 120,36 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	0,77 ± 0,11 ^b	1,57 ± 0,11 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste t de Student.

ANEXO 10

ANEXO 10 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após tratamento em forno convencional por 20 minutos (AFC).

Ácido Graxo saturado	Cru	AFC
Capróico (C6:0)	593,32 ± 55,30 ^a	560,70 ± 14,45 ^a
Mirístico (C8:0)	4.716,46 ± 1042,68 ^a	4.987,64 ± 101,18 ^a
Pentadecanoico (C15:0)	21.646,54 ± 442,17 ^b	23.082,37 ± 222,49 ^a
Heptadecanoico (C17:0)	295,11 ± 29,69 ^a	295,72 ± 1,31 ^a
Araquídico (C20:0)	27.216,83 ± 7678,15 ^a	27.544,52 ± 77,15 ^a
Heneicosanoico (C21:0)	7.360,44 ± 1456,73 ^b	10.290,96 ± 772,32 ^a
Behênico (C22:0)	812,91 ± 116,01 ^a	827,00 ± 15,33 ^a
Tricosanoico (C23:0)	3.682,90 ± 1141,19 ^a	4.256,38 ± 344,24 ^a
Ácido Graxo monoinsaturado	Cru	AFC
Miristoleico (C14:1)	417,82 ± 41,38 ^a	29.354,96 ± 25036,49 ^a
Palmitoleico (C16:1)	1198,11 ± 183,42 ^a	1.261,96 ± 298,09 ^a
cis-10-Heptadecenoico (C:17:1)	18.449,94 ± 1697,09 ^a	17.806,00 ± 437,45 ^a
Oleico (C18:1n9c)	7.961,89 ± 466,81 ^a	10.881,63 ± 4816,02 ^a
cis-11-Eicosenoico (C20:1)	848,73 ± 319,14 ^a	739,44 ± 460,80 ^a
Ácido Graxo poliinsaturado	Cru	AFC
Linoleico (C18:2n6c)	0,46 ± 0,06 ^a	0,46 ± 0,01 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,91 ± 0,37 ^a	0,83 ± 0,02 ^a
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2)	1.145,16 ± 409,54 ^a	1.341,05 ± 27,73 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienoico	570,16 ± 107,45 ^a	574,43 ± 16,78 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	4,93 ± 1,54 ^a	5,19 ± 0,03 ^a
cis-13, 16- Docosadienoico (C22:2)	4.750,41 ± 959,16 ^a	5.095,02 ± 1,14 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenoico (C20:5n3)	1,51 ± 0,45 ^a	1,69 ± 0,10 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 11

ANEXO 11 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após fritura em óleo de soja (FOS)

Ácido Graxo saturado	Cru	FOS
Capróico (C6:0)	590,79 ± 20,69 ^a	551,10 ± 8,61 ^b
Mirístico (C8:0)	3.503,93 ± 2098,17 ^a	1.820,23 ± 343,10 ^a
Araquídico (C20:0)	3.2994,32 ± 943,15 ^a	41.898,86 ± 10940,21 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	7826,39 ± 2013,36 ^a	7.055,04 ± 358,11 ^a
Behênico (C22:0)	888,50 ± 294,70 ^a	885,79 ± 157,52 ^a
Tricosanóico (C23:0)	3317,77 ± 628,83 ^a	3309,36 ± 1660,19 ^a
Ácido Graxo monoinsaturado	Cru	FOS
Palmitoleico (C16:1)	613,11 ± 97,34 ^a	542,32 ± 79,47 ^a
Eláidico (18:1n9t)	3.893,28 ± 842,08 ^a	4.766,64 ± 52,67 ^a
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	1.620,79 ± 64,93 ^a	865,38 ± 194,61 ^b
Eurúico (C22:1n9)	1.654,51 ± 551,24 ^a	1.245,20 ± 337,09 ^a
Ácido Graxo poliinsaturado	Cru	FOS
Linoleico (C18:2n6c)	0,39 ± 0,06 ^a	0,33 ± 0,05 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,65 ± 0,15 ^a	0,62 ± 0,09 ^a
cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	621,01 ± 255,90 ^a	480,00 ± 189,78 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	853,69 ± 268,95 ^a	577,19 ± 182,68 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	2,02 ± 0,89 ^a	1,47 ± 0,35 ^a
cis-13, 16- Docosadienóico (C22:2)	3.776,17 ± 1690,46 ^a	2.945,60 ± 516,71 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	1,92 ± 0,56 ^a	1,41 ± 0,41 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 12

ANEXO 12 – Teores de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após Fritura em azeite de oliva (FAO).

Ácido Graxo saturados	Cru	FAO
Capróico (C6:0)	588,15 ± 27,76 ^a	563,57 ± 2,67 ^a
Mirístico (C8:0)	3.156,19 ± 1749,40 ^a	2.722,02 ± 1152,19 ^a
Heptadecanóico (C17:0)	290,19 ± 33,46 ^a	282,98 ± 5,12 ^a
Araquídico (C20:0)	15.984,04 ± 13612,05 ^a	3.4361,86 ± 1978,15 ^a
Heneicosanóico (C21:0)	4.054,20 ± 510,52 ^a	11.523,50 ± 11011,86 ^a
Behênico (C22:0)	666,27 ± 153,80 ^a	747,42 ± 255,70 ^a
Tricosanóico (C23:0)	1.723,38 ± 572,32 ^a	2.289,24 ± 548,04 ^a
Ácido Graxo monoinsaturados	Cru	FAO
Miristoleico (C14:1)	360,64 ± 41,30 ^a	329,69 ± 2,58 ^a
Palmitoleico (C16:1)	726,63 ± 185,34 ^a	1.052,08 ± 454,94 ^a
cis-10-Heptadecenóico (C17:1)	13.701,46 ± 1494,0 ^a 0	14.482,22 ± 1491,81 ^a
cis-11-Eicosenóico (C20:1)	917,54 ± 407,64 ^a	1.059,22 ± 617,79 ^a
Ácido Graxo poliinsaturados	Cru	FAO
Linoleico (C18:2n6c)	0,43 ± 0,10 ^a	0,43 ± 0,04 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	0,80 ± 0,23 ^b	1,98 ± 0,08 ^a
cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	838,90 ± 396,47 ^a	908,90 ± 635,53 ^a
cis-8,11,14- Eicosatrienóico	842,06 ± 342,82 ^a	559,49 ± 196,81 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	2,38 ± 2,27 ^a	3,01 ± 0,52 ^a
cis-13, 16- Docosadienóico (C22:2)	2.965,67 ± 917,59 ^a	3.192,63 ± 1519,23 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenóico (C20:5n3)	1,33 ± 0,78 ^a	1,61 ± 0,24 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.

ANEXO 13

ANEXO 13 – Teores de ácidos graxos Saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em mg/100g de lipídeos antes e após fritura em gordura vegetal hidrogenada(FGV).

Ácido Graxo saturados	Cru	FGV
Capróico (C6:0)	559,33 ± 18,72 ^a	537,27 ± 8,83 ^b
Mirístico (C8:0)	7.216,85 ± 440,80 ^a	4.785,55 ± 320,72 ^b
Pentadecanoico (C15:0)	24.465,25 ± 80,27 ^a	20.178,30 ± 823,25 ^a
Heptadecanoico (C17:0)	336,81 ± 16,30 ^a	294,40 ± 4,02 ^b
Araquídico (C20:0)	34.714,83 ± 3950,22 ^a	24.192,88 ± 1330,24 ^b
Heneicosanoico (C21:0)	25.651,82 ± 4881,19 ^a	19.637,93 ± 1252,36 ^a
Behênico (C22:0)	1.028,72 ± 57,98 ^a	847,77 ± 211,08 ^a
Tricosanoico (C23:0)	3.895,06 ± 580,85 ^a	2.504,50 ± 240,93 ^b
Ácido Graxo monoinsaturados	Cru	FGV
Miristoleico (C14:1)	560,59 ± 16,53 ^a	441,99 ± 11,23 ^b
Palmitoleico (C16:1)	1.117,05 ± 13,90 ^a	741,76 ± 84,01 ^b
Oleico (C18:1n9c)	12.485,14 ± 1314,53 ^a	15.593,91 ± 3115,31 ^a
cis-11-Eicosenoico (C20:1)	579,61 ± 37,16 ^b	1.611,72 ± 318,42 ^a
Eurúico (C22:1n9)	1.951,53 ± 158,05 ^a	1.611,48 ± 91,68 ^b
Ácido Graxo poliinsaturados	Cru	FGV
Linoleico (C18:2n6c)	0,47 ± 0,03 ^a	0,46 ± 0,03 ^a
γ-Linolênico (C18:3n6)	1,47 ± 0,16 ^a	0,94 ± 0,16 ^a
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2)	1.814,27 ± 123,91 ^a	1.323,89 ± 55,31 ^b
cis-8,11,14- Eicosatrienoico	643,51 ± 60,96 ^a	820,22 ± 26,90 ^a
Araquidônico (C20:4n6)	5,13 ± 0,84 ^a	3,57 ± 0,39 ^a
cis-13, 16- Docosadienoico (C22:2)	5.757,26 ± 494,70 ^a	4.570,45 ± 258,20 ^a
cis-5, 8, 11, 14, 17- Eicosapentaenoico (C20:5n3)	2,29 ± 0,30 ^a	2,32 ± 0,51 ^a

Os resultados são médias com estimativas do desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste t de Student.