

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL
LIPÍDICO DO FILÉ DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) CRU E
SUBMETIDO A DIFERENTES MÉTODOS DE
COCCÃO**

MILENA WOLFF FERREIRA

2005

59088
050420

MILENA WOLFF FERREIRA

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL LIPÍDICO DO FILÉ DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) CRU E SUBMETIDO A DIFERENTES MÉTODOS DE COCÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação “*Stricto Sensu*” em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Prof. Dr^a. Maria Cristina Bressan

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

2005

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Ferreira, Milena Wolff

Composição química e perfil lipídico do filé de tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) cru e submetido a diferentes
métodos de cocção /. —Lavras : UFLA, 2005.

80 p. : il.

Orientador: Maria Cristina Bressan.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Ácido graxo. 2. Composição centesimal. 3. Colesterol. 4. pH. 5. PPC. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-639.3758
-664.94

MILENA WOLFF FERREIRA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL LIPÍDICO DO FILÉ DE
TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) CRU E
SUBMETIDO A DIFERENTES MÉTODOS DE COCÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 18 de fevereiro de 2005

Prof. Dr. Priscila Vieira Rosa Logato	UFLA
Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas	UFLA
Prof. Dr. Carlos José Pimenta	UFLA


Prof. Dr. Maria Cristina Bressan
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

***“As pessoas entram em nossas vidas por acaso, mas não é por acaso
que elas permanecem.”***

**Às eternas amigas Vi, Tha, Paty e Van, por toda
ferra que fizemos juntas, e principalmente pela
força nos dias difíceis**

OFEREÇO

DEDICO

Aos meus pais, Antonio Marco e Maria Amélia, por tanta dedicação, pelo apoio em todos os momentos, pelo amor, respeito e confiança.

Às minhas avós, Eurides e Vilma, pela força, carinho e torcida.

A Deus.

AGRADECIMENTOS

À professora Maria Cristina Bressan, pela amizade, orientação, apoio e confiança.

À professora Priscila Vieira Rosa Logato, pela atenção, esclarecimentos e sugestões importantes para este estudo.

À professora Maria das Graças Cardoso e aos demais colegas do Laboratório de Química Orgânica, pela gentil acolhida e ajuda nas análises cromatográficas.

Aos professores Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Carlos José Pimenta, pelas sugestões que melhoraram o trabalho.

Aos laboratoristas e funcionários do DCA, Tina, Sandra, Cleusa, Rafaela, Aleida, Sr. Miguel e “Seu” Pianinho, por toda atenção e dedicação disponibilizadas em cada trabalho executado.

À Rafaela, secretária da pós-graduação do DCA, por toda ajuda e paciência.

Aos funcionários da Estação de Piscicultura, Eleci e José Roberto, por toda colaboração no decorrer da fase de criação e no abate dos animais.

Aos funcionários da biblioteca da UFLA, por toda ajuda.

Aos amigos do Grupo da Carne: Josye, Peter, Sibelli, Xisto, Loren, Erika, Patrícia, Lillian, Sandra, João Vicente e João Paulo, pela ajuda valiosa em todas as etapas do experimento.

Aos amigos Gilberto, pela ajuda com metabolismo, e Oiti pelas boas festas.

Às grandes amigas Vi, Tha, Paty e Van, que fizeram de Lavras o melhor lugar para viver, meu muito obrigado, pela cumplicidade, pelos dias felizes, pela infinita paciência e consolo quando as coisas não pareciam tão boas.

Ao Leandro pela ajuda nas análises estatísticas, pelo socorro com as “teimosas” tabelas, e especialmente, pelo companheirismo e carinho.

Às minhas avós, Eurides e Vilma, por tanta força e incentivo durante todo tempo.

Aos meus pais, por acreditarem e apoiarem incondicionalmente todas as minhas decisões.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Lipídeos: definição, classificação e nomenclatura	3
2.2 Importância dos lipídeos	6
2.2.1 Histórico.....	7
2.2.2 Ácidos graxos e a aterosclerose.....	8
2.2.3 Ácidos graxos e as doenças neurodegenerativas	9
2.3 Colesterol	10
2.4 Composição tecidual de ácidos graxos	12
2.5 Composição centesimal de pescados	16
2.6 Princípios dos métodos de cocção	18
2.7 Efeito dos métodos de cocção	20
2.7.1 Perda de peso por cozimento (PPC)	23
2.7.2 Oxidação lipídica das carnes	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Obtenção e caracterização do material experimental.....	27
3.2 Delineamento experimental	29
3.2.1 Tratamentos.....	29
3.4 Métodos analíticos.....	32
3.4.1 Perda de peso por cozimento (PPC)	32
3.4.2 Composição centesimal	32
3.4.3 Extração de Lipídeos	33

3.4.4 Perfil de ácidos graxos	33
3.4.5 Colesterol	34
3.4.6 Grau de oxidação (TBAs)	35
3.5 Análise estatística	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Declínio de pH	37
4.2 Perda de peso por cozimento (PPC)	39
4.3 Composição centesimal	41
4.4 Perfil de ácidos graxos	44
4.2.1 Ácidos graxos saturados (AGS)	45
4.2.2 Ácidos graxos monoinsaturados (AGM)	48
4.2.3 Ácidos graxos poliinsaturados (AGP)	50
4.5 Teor de colesterol	55
4.6 Grau de oxidação (TBA)	58
5 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXO	60

RESUMO

FERREIRA, Milena Wolff. *Composição química e perfil lipídico do filé de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* linnaeus 1757) cru e submetido a diferentes métodos de cocção*. 2005. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

O trabalho avaliou os efeitos dos tratamentos de cocção: cozimento em água (CA), fritura em óleo de soja (FO), assado em forno elétrico (FE) e assado em forno microondas (MO) em filés de Tilápias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando 35 exemplares divididos em 4 métodos de cocção e 1 grupo testemunha (cru). Com relação ao total de ácidos graxos nos filés crus, os ácidos graxos monoinsaturados (40,12 %) apresentaram maior porcentagem, seguida do ácido graxo saturado (32,56 %) e ácido graxo poliinsaturado (23,12 %). Os tratamentos influenciaram de forma diferente a concentração de cada ácido graxo. Os métodos de cocção aumentaram o teor de colesterol, apresentando médias de 160,54; 163,55; 181,00; 187,31 e 197,77 mg/100g para os tratamentos Cru, FO, MO, FE e CA, respectivamente. Foram observados índices de TBAs (substâncias reagentes ao ácido tiubarbitúrico) superiores nos filés após a cocção, com médias de 0,83 % (Cru), 0,84 % (MO), 0,84 % (FO), 0,96 % (CA) e 1,08 % (FE). A composição centesimal foi influenciada pelos métodos de cocção, apresentando médias de umidade de 79,39; 76,15; 75,13; 68,21 e 67,13 %, de proteína de 16,47; 21,37; 21,36; 26,70 e 24,96 %, de extrato etéreo de 1,47; 1,44; 2,44; 3,10 e 6,03 %, e de cinzas de 1,07; 0,96; 1,07; 1,73 e 1,42, para os tratamentos Cru, CA, FE, MO e FO, respectivamente. As porcentagens encontradas para a perda de peso por cozimento foram de 24,69 (CA), 27,49 (FE), 31,19 (FO) e 45,74 (MO). A fritura aumentou o total de ácidos graxos poliinsaturados e reduziu o total de ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Os processos de cozimento influenciaram o teor de colesterol. Ocorreu oxidação lipídica após os processos de cozimento. O cozimento causou redução no teor de umidade, concentrando nutrientes, o que levou a uma elevação nos teores de proteína, lipídeos totais e cinzas.

Comitê Orientador: Maria Cristina Bressan – UFLA (Orientadora), Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (Co-orientadora).

ABSTRACT

FERREIRA, Milena Wolff. Chemical composition and fat profile of the filet of tilapia of nile (*Oreochromis niloticus* linnaeus 1757) raw and submitted to different methods of cooking. 2005. 80p. Dissertation (Master in Food Science) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

The work evaluated the effects of the cooking treatments: boiling (BO), pan frying (PF), electric oven (EO) and microwaves oven (MO) in filets of tilapias. The statistical analysis used a completely randomized design, using 35 fish divided in 4 cooking methods and 1 witness group (raw). Comparing the total of fatty acids in the raw filets, the monounsaturated fatty acids (40.12 %) present larger percentage, followed by the saturated fatty acids (32.56 %) and polyunsaturated fatty acids (23.12 %). The treatments influenced in a different way the concentration of each fatty acids. The cooking methods increased the cholesterol, presenting averages of 160.54; 163.55; 181.00; 187.31 and 197.77 mg/100g for the raw treatments, PF, MO, EO and BO, respectively. It was observed indexes of superior TBAs in the filets after the cooking, with averages of 0.83 % (raw), 0.84 % (MO), 0.84 % (PF), 0.96 % (BO) and 1.08 % (EO). The proximate composition was influenced by the cooking methods, presenting averages of humidity of 79.39; 76.15; 75.13; 68.21 and 67.13%, of protein of 16.47; 21.37; 21.36; 26.70 and 24.96 %, of ethereal extract of 1.47; 1.44; 2.44; 3.10 and 6.03 %, e of ashes of 1.07; 0.96; 1.07; 1.73 and 1.42, for the raw treatments, BO, EO, MO and PF, respectively. The percentages found for PPC they were of 24.69 (BO), 27.49 (EO), 31.19 (PF) and 45.74 (MO). The fry increased the total of polyunsaturated fatty acids and it reduced the total of saturated fatty acids and monounsaturated. The cooking methods influenced the cholesterol. Fatty oxidation it happened after the cook processes. The cooking caused reduction in the moisture, pondering nutritious, what took an elevation in the protein, fat and ash.

Guidance Committee: Maria Cristina Bressan – UFLA (Adviser), Priscila Vicira Rosa Logato – UFLA (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a FAO (2001), o Brasil é o 10º produtor mundial de pescado, representando 2,3 % da produção total, cerca de 204 mil toneladas de peixes produzidos por ano. Segundo dados do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, a atividade aquícola vem crescendo nos últimos anos, em 1997 da produção total de pescados no país apenas 12 % vinha da aquicultura, no entanto, em 2001, a produção aquícola aumentou para 26 %.

A tilápia, nativa de diversos países africanos e introduzida no Brasil em 1971, é, hoje, a espécie de pescado de água doce mais cultivada no país. O potencial piscícola da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) se deve à sua resistência ao manejo, ao arraçoamento fácil e econômico, ao crescimento rápido e à resistência a baixas concentrações de oxigênio dissolvido, além de apresentar carne de sabor apreciado e com poucas espinhas. Entre as espécies cultivadas no país, a Tilápia apresentou grande crescimento nos últimos anos e a produção anual chegou a 40 mil toneladas em 1999 (Kubitza, 2000).

O crescimento da aquicultura brasileira é resultado da maior demanda do produto, decorrente da maior aceitação do produto no mercado e da imagem favorável, propagada pelos profissionais da área da saúde. Nesse sentido, algumas pesquisas relacionam hábitos alimentares, níveis sanguíneos de colesterol e de triacilgliceróis a doenças cardiovasculares. Com isso, uma grande atenção é dada aos níveis de ácidos graxos poliinsaturados e a relação ômega-3/ômega-6 presentes na dieta.

Uma grande fonte fornecedora de ácidos graxos insaturados são os animais marinhos, devido a alta concentração desses ácidos graxos nas algas utilizadas em sua alimentação. Porém, peixes de água doce também podem

apresentar elevados teores ácidos graxos insaturados e uma relação ômega-3/ômega-6 adequada. Contudo, a composição química do pescado varia de acordo com a espécie, idade, sexo, alimentação, tamanho, localização geográfica e época do ano. Além destes fatores, a qualidade da carne pode variar em função do processo de cozimento ao qual é submetida.

As embalagens dos alimentos devem trazer nos rótulos informações nutricionais, de acordo com o estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, através da Resolução RDC nº40, de 21 de março de 2001, permitindo o acesso dos consumidores às informações sobre a composição química dos alimentos, possibilitando escolhas mais saudáveis em relação à dieta. Entretanto, as informações referentes ao valor nutricional dos alimentos, após o preparo, não estão disponíveis aos consumidores, e são pouco conhecidas.

Os processos de cocção podem alterar as características dos produtos *in natura*, pois inicialmente ocorre a perda de água, que promove a concentração dos nutrientes, seguido da incorporação de substâncias provenientes do meio de cocção (ex. óleo, água, temperos) e também perdas para esse meio. O calor, por si só, pode produzir diversas modificações nos componentes químicos do produto *in natura*, incluindo composição de ácidos graxos, teores de vitaminas, conteúdo de colesterol, concentração e forma das proteínas. Entretanto, trabalhos que relatam o efeito do cozimento sobre a estabilidade dos ácidos graxos são escassos (Kilgore & Lucker, 1964; Potter & Hotchkiss, 1995).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de métodos convencionais de cocção (cozimento em água, fritura em óleo, forno elétrico e forno microondas) sobre o perfil de ácidos graxos, teor de colesterol, grau de oxidação, composição centesimal e perda de peso por cozimento de filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lipídeos: definição, classificação e nomenclatura

A palavra lipídeo é derivada do grego *lipos*, que significa gordura. Nesse grupo, podem ser encontradas substâncias como os óleos (ésteres formados a partir de ácidos graxos e que se apresentam sob a forma líquida), gorduras (ésteres formados a partir de ácidos graxos e que se apresentam sob a forma sólida) e ceras (os principais componentes são ésteres formados a partir de ácidos graxos e álcoois de cadeia longa), além de esteróides (como colesterol e hormônios sexuais), terpenos (como o geraniol), sabões, detergentes e sais biliares (Curi et al., 2002).

Do ponto de vista químico, a definição de lipídeos relaciona-se com a solubilidade em meio apolar, englobando diversas substâncias extraíveis por solventes apolares, tais como éter ou clorofórmio. A estrutura fundamental dos lipídeos é composta de ácidos graxos ou estruturas diretamente relacionadas a eles, como os álcoois, aldeídos ou aminas (Lehninger et al., 2002).

Um ácido graxo consiste de uma cadeia hidrocarbônica com um grupo carboxílico terminal. Em pH fisiológico, o grupo carboxílico terminal (-COOH) se ioniza, tornando-se -COO⁻. A cadeia hidrocarbônica tem característica hidrofóbica e o grupo carboxílico ionizado é hidrofílico (Figura 1). Isso confere ao ácido graxo sua natureza anfipática (hidrofílico e hidrofóbico). Contudo, quanto maior é a cadeia hidrocarbônica, maior é sua hidrofobicidade e insolubilidade em meio aquoso (Champe & Harvey, 1994).

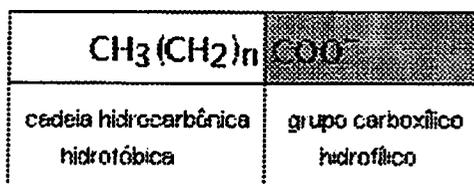


FIGURA 1 Estrutura do ácido graxo (Champe & Harvey, 1994).

O tamanho da cadeia hidrocarbônica determina a classificação dos ácidos graxos em: cadeia curta (de dois a quatro átomos de carbono), cadeia média (de seis a dez átomos de carbono) e cadeia longa (acima de doze átomos de carbono) (Lehninger et al., 2002). A presença de insaturações (duplas ligações) na cadeia hidrocarbônica classifica-os como: ácidos graxos saturados, que não possuem insaturações na molécula; e insaturados, que possuem uma (monoinsaturados) ou mais (poliinsaturados) insaturações na molécula (Champe & Harvey, 1997).

Os ácidos graxos podem ser identificados por um nome comum, que geralmente é derivado da fonte de origem do ácido, ou por um nome sistemático, que se baseia em regras de nomenclatura (Tabelas 1 e 2).

Os nomes químicos ou sistemáticos indicam a estrutura química do ácido graxo. O nome completo sempre será iniciado pela palavra “ácido”. O início do nome sistemático será um prefixo referente ao número de átomos de carbono da maior cadeia hidrocarbonada que contenha a carbonila e o sufixo sempre será *óico*, como ocorre com todos os ácidos carboxílicos. As letras gregas são usadas para indicar os vários átomos de carbono, o carbono α é o adjacente ao grupo carboxila, enquanto o carbono ω é o mais afastado do grupo carboxila (Curi et al., 2002).

TABELA 1 Ácidos graxos saturados.

Nome comum	Nome sistemático	Estrutura
Ácido fórmico	Ácido metanóico	1
Ácido acético	Ácido etanóico	2:0
Ácido propiônico	Ácido propanóico	3:0
Ácido butírico	Ácido butanóico	4:0
Ácido valérico	Ácido pentanóico	5:0
-	Ácido hexanóico	6:0
-	Ácido octanóico	8:0
-	Ácido decanóico	10:0
Ácido láurico	Ácido dodexanóico	12:0
Ácido mirístico	Ácido tetradecanóico	14:0
Ácido palmítico	Ácido hexadecanóico	16:0
Ácido esteárico	Ácido octadecanóico	18:0
Ácido araquídico	Ácido icosanóico	20:0
Ácido beênico	Ácido docosanóico	22:0
Ácido lignocérico	Ácido tetracosanóico	24:0

Fonte: Harper, 1990.

TABELA 2 Ácidos graxos insaturados.

Nome comum	Nome sistemático	Estrutura	Série
Palmitoléico	Ác. cis-9-hexadecenóico	16:1(9)	ω 7
Oléico	Ác. cis-9-octadecenóico	18:1(9)	ω 9
Elaidico	Ác. trans-9-octadecenóico	18:1(9t)	ω 9
Erúcico	Ác. cis-13-docosaenóico	22:1(13)	ω 9
Nervônico	Ác. cis-15-tetracosaeenóico	24:1(15)	ω 9
Linoléico	Ác. cis,cis-9,12-octadienóico	18:2(9,12)	ω 6
δ -linolênico	Ác. cis,cis,cis-6,9,12-octadecatrienóico	18:3(6,9,12)	ω 6
α -linolênico	Ác. cis,cis,cis-9,12,15-octadecatrienóico	18:3(9,12,15)	ω 3
Araquidônico	Ác. cis,cis,cis,cis-5,8,11,14-icosatetraenóico	20:4(5,8,11,14)	ω 6
EPA	Ác. cis,cis,cis,cis,cis-5,8,11,14,17-icosapentaenóico	20:5(5,8,11,14,17)	ω 3
DPA	Ác. cis,cis,cis,cis,cis-7,10,13,16,19-docosapentaenóico	20:5(7,10,13,16,19)	ω 3
DHA	Ác. cis,cis,cis,cis,cis,cis-4,7,10,13,16,19-docosaxanóico	22:6(4,7,10,13,16,19)	ω 3

Fonte: Harper, 1990.

2.2 Importância dos lipídeos

O que chamamos de lipídeos envolvem uma série de diferentes substâncias que possuem em comum o fato de não serem solúveis em água (Harper, 1990; Champe & Harvey, 1994; Lehninger et al., 2002). Essas substâncias desempenham diferentes papéis nos organismos vivos, como, por exemplo, óleos e gorduras, são a principal reserva de energia, fosfolipídeos e esteróis representam cerca da metade da massa das membranas dos seres vivos. Alguns lipídeos, mesmo em baixas concentrações, podem ser: cofatores enzimáticos, transportadores de elétrons, pigmentos que absorvem luz, agentes emulsificantes, hormônios e mensageiros intracelulares (Curi et al., 2002).

2.2.1 Histórico

Os lipídeos foram descritos quimicamente em 1824, quando Chevreul demonstrou que as gorduras eram ésteres de glicerol e ácidos graxos e apresentavam diferentes comprimentos de cadeia (Carpenter, 1998). Grössmann descreveu, em 1854, um ácido graxo de 20 carbonos, derivado do amendoim, denominado por ele de ácido araquídico. Hartley isolou, em 1909, um ácido graxo de 20 carbonos com quatro insaturações, mais tarde denominado de ácido araquidônico. Aron descreveu, em 1918, a morte de animais submetidos a dietas pobres em lipídeos, sendo tal efeito revertido pela adição de manteiga à ração, de modo que o pesquisador sugeriu a existência de ácidos graxos essenciais. Porém, apenas em 1930, Burr & Burr publicaram artigos relatando a essencialidade dos ácidos graxos poliinsaturados, que em ausência desses compostos ocasionavam a morte de ratos, quadro esse reversível pela adição à dieta de óleo de milho e óleo de linhaça, ricos em ácido linoléico (ômega-6). A essencialidade dos ácidos graxos da família ômega-3 demorou para ser caracterizada pela dificuldade em estudar seus efeitos nos modelos animais (Ewin, 1997).

Widmer & Holman (1950) descobriram que o ácido linoléico era precursor do ácido araquidônico e que o ácido linolênico era precursor dos ácidos eicosapentaenóicos (EPA) e docosaexaenóicos (DHA), presentes nos tecidos.

Estudos epidemiológicos, realizados por Sinclair (1953), atribuíram aos ácidos graxos poliinsaturados o efeito protetor no desenvolvimento de aterosclerose. O ponto de partida foi a comparação da alimentação dos esquimós, rica em ácidos graxos ômega-3 e que apresentavam níveis baixíssimos de distúrbios cardiovasculares e a dos dinamarqueses, que apresentavam maior incidência deste tipo de doença.

2.2.2 Ácidos graxos e a aterosclerose

A aterosclerose é a causa principal de mortes e desabilitação no mundo ocidental porque predispõe ao infarto do miocárdio, acidentes vasculares cerebrais e doenças vasculares periféricas (Ewin, 1997).

O desbalanço no metabolismo de lipoproteínas é o fator mais evidente de risco para o desenvolvimento da aterosclerose, enquanto fatores dietéticos desempenham um papel importante para o estabelecimento dessas disfunções. Os ácidos graxos saturados, de origem animal, apresentam-se como fatores de risco para o desenvolvimento de doença coronariana aterosclerótica porque diminuem a atividade do receptor de LDL (*low density lipoproteins* – lipoproteínas de baixa densidade) hepático e aumentam o colesterol plasmático, enquanto os ácidos graxos mono e poliinsaturados mostram um efeito protetor, evidente em muitos estudos. Dietas ricas em ácidos graxos monoinsaturados reduzem as concentrações plasmáticas de LDL, provavelmente pelo aumento na atividade dos receptores para a LDL (Curi et al., 2002).

Os efeitos antiaterogênico dos ácidos graxos insaturados podem resultar de sua capacidade na redução das concentrações de colesterol associado as LDL, e de seu efeito antiinflamatório sobre células vasculares, pois esses ácidos inibem a expressão de proteínas endoteliais pró-inflamatórias. Assim como os ácidos graxos monoinsaturados, os poliinsaturados da família ômega-6 diminuem a taxa de oxidação das LDL plasmáticas (Curi et al., 2002).

George et al. (2000) relataram que ratos alimentados com óleo de peixe, rico em ácidos graxos ômega-3, apresentaram redução no conteúdo plasmático de triacilgliceróis, no colesterol total, na síntese hepática de colesterol e na atividade do receptor de LDL hepático, paralelamente a um aumento da atividade do receptor hepático de HDL (*high density lipoproteins* – lipoproteínas de alta densidade).

2.2.3 Ácidos graxos e as doenças neurodegenerativas

As alterações no metabolismo dos ácidos graxos que estão relacionadas a doenças neurodegenerativas envolvem modificação na fluidez das membranas neurais e a geração de seus metabólitos que, dependendo do ácido graxo, podem ser pró ou antiinflamatórios (Curi et al., 2002).

A esclerose múltipla é caracterizada por uma resposta inflamatória autoimune contra um componente específico da mielina em pacientes geneticamente propensos. Estudos constatam que esfingolipídeos de pacientes com esclerose múltipla apresentam uma concentração reduzida de ácido nervônico, acompanhada do aumento da concentração de ácido esteárico. A concentração de ácidos graxos poliinsaturados no cérebro é muito alta e seus metabólitos podem influenciar severamente a resposta autoimune na esclerose múltipla. Os ácidos graxos poliinsaturados produzem leucotrienos que diferem amplamente em suas propriedades inflamatórias e de permeabilidade, sugerindo que a dieta dos pacientes com esclerose múltipla possa exercer um efeito profilático ou terapêutico sobre a doença (Hutte & Lang, 1996).

Swank (1950) descreve que populações que consomem grandes quantidades de gorduras saturadas em sua dieta estão mais propensas a desenvolverem esclerose múltipla, enquanto, em populações pesqueiras, que possuem uma alimentação rica em óleos marinhos com grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados da família ômega-3, a incidência da doença é menor.

Assim como na esclerose múltipla, na adrenoleucodistrofia também são observadas reduções na concentração de ácidos neurônicos que podem estar relacionadas à degradação da mielina. O acúmulo de C26:0 pode atuar de forma competitiva, inibindo a biossíntese de ácido nervônico a partir dos seus precursores, os ácidos oléico (C18:1) e erúico (C22:1). A utilização de uma dieta contendo uma mistura de ácidos oléico e erúico é utilizada como terapia

para paciente com adrenoleucodistrofia , pois estes ácidos graxos podem inibir a biossíntese de C26:0, prevenindo seu acúmulo (Hutte & Lang, 1996).

Uma outra função importante dos ácidos graxos ômega-3 é atuar como constituinte dos fosfolípidos da membrana, regulando sua permeabilidade. Isso é importante na membrana celular dos neurônios para a iniciação e prolongação dos impulsos nervosos (Willis, 1981).

2.3 Colesterol

O colesterol pertence a um grupo heterogêneo de compostos que são agrupados em duas categorias: os lípidos complexos, que são saponificáveis por hidrólise alcalina e os lípidos simples, que são insaponificáveis. Neste grupo, encontram-se os esteróis e os mais frequentes no reino animal são o colesterol, o coprosterol e o 7-desidrocolesterol (Champe & Harvey, 1997). Nos últimos anos, vem sendo dado mais enfoque ao colesterol que, em certas circunstâncias, tende a acumular-se nas paredes internas dos vasos sanguíneos de grande e médio calibre, levando à formação de ateroma, acarretando o aparecimento de problemas de degenerescência e aterosclerose (Whitehead & Griffin, 1986).

O colesterol é um constituinte essencial em todas as membranas celulares, pois é precursor de dois importantes grupos de compostos: os sais biliares (promovendo a digestão e absorção de gorduras) e os hormônios sexuais, testosterona, androsterona, progesterona e estradiol (Sabine, 1977). Ele ainda é responsável pela modulação da fluidez das membranas celulares, participa da síntese de vitamina D3 e é utilizado no fígado na formação do ácido cólico. Apresenta também propriedades antiinflamatórias (cortisol) e cardiotônicas (diditoxigenina) (Lehninger et al., 2002). Grandes quantidades de colesterol são precipitadas na camada córnea da pele e, em conjunto com outros lípidos,

tornam-na resistente à absorção de substâncias hidrossolúveis, à ação de agentes químicos e evitam a evaporação de água pela mesma (Guyton, 1991).

Segundo Bragagnolo (2001) a maior parte do colesterol humano, aproximadamente 70 % é proveniente da síntese biológica (colesterol endógeno) e cerca de 30 % é fornecido pela dieta (colesterol exógeno). Do colesterol endógeno, 50 % são sintetizados pelo fígado, 15 % pelo intestino e o restante pela pele. Quando a alimentação é rica em colesterol, ocorre um bloqueio em sua síntese endógena, porém, quando a redução alimentar é muito acentuada, pode haver um aumento na fabricação biológica (Mayes, 1994). Para manter os níveis de colesterol adequados no organismo a American Heart Association (2001) recomenda uma dieta equilibrada, com baixo teor de colesterol e ácidos graxos saturados, e maiores taxas de ácidos graxos poliinsaturados.

As carnes, constituídas em geral por 60 a 80 % de água, 15 a 25 % de proteína, 1 a 30 % de gorduras e 1 a 5 % de sais, pigmentos e vitaminas, são apontadas como alimentos com teor elevado de colesterol, ácidos graxos saturados e baixos níveis de ácidos graxos insaturados (Forrest et al., 1979).

Entre as espécies dos animais de açougue, o frango (coxa) apresenta a maior taxa de colesterol, com média de 91,97 mg/100g (Rosa, 2003); 71 mg/100g para carne bovina e 68 mg/100g suína (Bragagnolo, 2001). Os pescados apresentam os menores valores de colesterol, apesar da grande variação entre as espécies. Piironen et al. (2002) relatam teor médio de colesterol de 60 mg/100g em trutas (*Oncorhynchus mykiss*) e 65 mg/100g em vendace (*Coregonus alburna*). Em filés de tilápia, Santos et al. (2004) mencionam uma taxa de colesterol de 57,47 mg/100g.

O menor teor de colesterol encontrado em pescados pode ser explicado pelo maior acúmulo de tecido adiposo que ocorre na região abdominal dos peixes, e que é descartado na ocasião do abate. E, de acordo com um estudo efetuado em ratos por Wheeler et al. (1987), o tecido adiposo acumula uma

maior quantidade de colesterol do que a necessária para a função celular. Essa seria uma possível explicação para as diferenças entre o teor de colesterol do tecido muscular e do tecido adiposo.

Os teores de colesterol da carne, assim como toda sua composição química, são influenciados por diversos fatores, como: idade, peso, sexo, alimentação, época reprodutiva, refrigeração ou congelamento e métodos de cozimento (Mai et al., 1978; Forrest et al., 1979; Gall et al., 1983; Stainer-Asiedu et al., 1991).

Em relação ao efeito da cocção sobre os teores de colesterol, diversos autores, trabalhando com diferentes espécies animais, músculos e métodos de cozimento, relatam valores superiores de colesterol nos cortes cozidos em relação aos crus quando os dados foram expressos em porcentagem de matéria natural (Rhee et al., 1996; Rao et al., 1996; Badiani et al., 1998; 2002).

2.4 Composição tecidual de ácidos graxos

Os ácidos graxos que integram os triglicerídeos da carne dos mamíferos de açougue são relativamente saturados, e os de maior preocupação nutricional são: o ácido palmítico (C16:0), o ácido láurico (12:0) e o ácido mirístico (C14:0), devido a sua relação com doenças degenerativas. Enquanto o ácido esteárico (C18:0), apesar de saturado, apresenta função neutra, uma vez que no organismo se transforma imediatamente em ácido oléico (C18:1) (Sinclair, 1993).

A composição média de ácidos graxos na carne suína é, segundo Bragagnolo (2001), de 40, 44 e 14 % para os ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, respectivamente. Esse autor descreve para ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados as médias de 45, 40 e 7 % para carne bovina e 33, 46 e 21 % para frangos, respectivamente.

Uma grande fonte animal de ácidos graxos insaturados são os peixes marinhos, porém sabe-se que estas concentrações dependem da composição do plâncton local (Lottemberg, 1992). Gall et al. (1983) apresentam valores médios de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados de 30,49; 20,15 e 41,15 % para garoupa (*Epinephelus morio*); de 31,97; 20,63 e 44,44 % para a caranha vermelha (*Lutjanus campechanus*); de 42,80; 28,47 e 23,90 % para o pampo da Flórida (*Trachinatus carolinus*); e, de 36,19; 30,49 e 29,95 % para a cavalinha (*Scomberomorus maculatus*). Candela et al. (1997) encontraram valores médios de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados de 0,24; 0,24 e 2,25 mg/100g em filés crus de bacalhau (*Gadus morrhua*); 0,90; 0,72 e 2,50 mg/100g em filés de pescada branca (*Merluccius merluccius*); e 0,42; 0,51 e 1,92 mg/100g em filés de linguado (*Solea solea*).

Os peixes de água doce, assim como os marinhos, têm composição em ácidos graxos sensível ao tipo de alimentação, apresentando larga variação quantitativa e qualitativa.

Gutierrez & Silva (1993) determinaram o perfil de ácidos graxos de várias espécies de peixes de água doce, encontrando médias de 30,90; 40,8; 31,2; 35,4; 33,9; 38,3; e 35,1 % de ácidos graxos saturados, 37,3; 29,1; 40,5; 36,3; 17,1; 19,6; e, 31,5 % de ácidos graxos monoinsaturados, e 38,4; 30,1; 28,3; 28,3; 49,0; 42,1; 33,4 % de ácidos graxos poliinsaturados, para as espécies corimbatá (*Prochilodus cearensis*), lambari (*Astianax* sp.), mandi (*Pimelodus maculatus*), piava, pintado (*Pseudoplatystomona corruscans*), piramutava e traira (*Hoplias malabaricus*), respectivamente. Esses autores também relataram que todas as espécies analisadas apresentaram concentrações mais elevadas de ácido palmítico (C16:0), com médias de 21,8; 22,8; 19,6; 27,4; 21,5; 23,0 e 23,1 %, e concentrações mais baixas de EPA (C20:5) e DHA (C22:6), apresentando médias de 2,0 e 3,0 %; 1,5 e 6,8 %; 1,8 e 2,0 %; 1,2 e 1,4 %; 3,4 e 1,8 %; 5,9 e

4,3 %; 1,6 e 7,1 % para as espécies corimbatá, lambari, mandi, piava, pintado, piramutava e traíra, respectivamente.

Visentainer et al. (2003a), estudando o perfil de ácidos graxos em tilápias do Nilo (*Oreochromus niloticus*) alimentadas com ração comercial por 18 meses, determinaram médias de 13,6; 1,7; 36,5 e 15,8 % para ácidos graxos ômega-6, ômega-3, ácidos graxos saturados e ácidos graxos insaturados, respectivamente, apresentando uma razão de 8,0 para a relação ácidos graxos ômega-6/ômega-3, e 2,3, para ácidos graxos insaturados/saturados.

Ribeiro (2003), estudando o efeito do tipo de criação sobre o perfil de ácidos graxos de filés de tilápias (*Oreochromus niloticus*), relatou concentrações de C18:2 de 14,86; 15,86 e 7,76 %; de C18:3 de 1,01; 1,39 e 2,32; de C20:3 de 0,95; 0,69 e 0,44; de C20:4 de 0,21; 0,10 e 2,99; de C20:5 de 0,03; 0 e 0; e de C22:6 de 0,98; 0,89 e 10,01 para as tilápias criadas em tanque de alvenaria, tanque de terra e tanque adubado, respectivamente. O autor atribui as concentrações mais elevadas de DHA (C22:6), encontradas nos filés de tilápias criadas em tanque adubado, à composição lipídica do alimento natural obtido com a fertilização do tanque.

A composição química da carne e o perfil de ácidos graxos da carne, além de ser influenciada pela espécie, idade, sexo, época de abate e alimentação do animal, pode ser modificado pelos tratamentos que sofre o alimento na ocasião do consumo (Rosa, 2003).

Steiner-Asiedu et al. (1991), analisando o efeito de três processos de cozimento (cozido em água, frito em óleo de soja e defumado) sobre o perfil de ácidos graxos da sardinha (*Sardinella* sp.), dourada (*Dentex* sp.) e tilápias (*Oreochromus* sp.), verificaram que o cozimento em água não alterou a concentração de ácidos graxos saturados e monoinsaturados em nenhuma das três espécies estudadas e apenas as sardinhas apresentaram aumento na concentração de poliinsaturados após o cozimento (37,4 % sardinhas cruas e

44,4 % sardinhas cozidas). Nos filés submetidos à fritura, esses autores, encontraram maior aumento do ácido mirístico (C14:0), apresentando concentrações de 2,3 e 16,0 % nos filés de sardinhas; 3,0 e 14,4 % nos files de dourada; e 5,2 e 14,2 % nos filés de tilápias, crus e após a fritura, respectivamente; e uma diminuição nos ácidos graxos poliinsaturados, sendo suas médias de 37,4; 31,9 e 14,7 % para os filés crus, e de 5,7; 7,3 e 5,2 % para os filés fritos, de sardinha, dourada e tilápia, respectivamente.

Agren & Hänninen (1993), estudando os efeitos de quatro métodos de cocção (cozido em água, frito em óleo, assado em forno convencional e em forno microondas) sobre o perfil de ácidos graxos de truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*), encontraram, nos filés cozidos em água, um aumento no total de ácidos graxos. Nos filés assados em forno microondas, o total de ácidos graxos apresentou um aumento de aproximadamente 30 %. Entretanto, os filés assados em forno convencional apresentaram diminuição no conteúdo de ácidos graxos totais, essa redução foi de 2 % para os ácidos graxos saturados, 9 % para os ácidos graxos monoinsaturados e de 3 % para os ácidos graxos poliinsaturados. Nos filés submetidos à fritura em óleo de soja, esses autores encontraram maior aumento no conteúdo do ácido linoléico, e atribuíram esse fato à provável incorporação de gordura do meio.

Santos et al. (2004), estudando o efeito das formas de processamento (filés e tronco limpo) e o uso de alecrim na defumação de tilápias (*Oreochromis niloticus*), observaram que, independente da forma de processamento e da presença de alecrim, o ácido graxo predominante foi o ácido oléico (C18:1 ω -9) com valores variando de 33,00 a 33,92 %, seguido do ácido palmítico (C16:0) com valores variando de 22,14 a 22,50 %; ácido linoléico com valores variando de 13,16 a 14,00 % e do ácido esteárico (C18:0) com valores variando de 5,90 a 6,26 %.

2.5 Composição centesimal de pescados

A composição centesimal, expressa pelos teores de proteína, lipídeos, cinzas e umidade, varia de acordo com diversos fatores, como: espécie estudada (Gurgel & Freitas, 1972; Gutierrez & Silva, 1993; Maia et al., 1999; Okland et al., 2004), idade, peso, sexo, hábito alimentar (Martino et al., 2002; Visentainer et al., 2003b; Ribeiro, 2003), época do ano em que o animal é abatido (Bandarra et al., 1997; Maia et al., 1999; Rasoarahona et al., 2004) e formas de preparo da carne (Gall et al., 1983, Rhee et al., 1996; Candela et al., 1997; Badiani et al., 1998; Garcia-Arias et al., 2003; Goglogu et al., 2004).

Entre os pescados, a composição centesimal pode variar, porém de um modo geral, Ogawa (1999) relata que a carne de peixes pode conter 60 a 85 % de umidade, aproximadamente 20 % de proteína, 1 a 2 % de cinzas, 0,3 a 1,0 % de carboidratos e 0,6 a 36 % de lipídeos.

Dentre os componentes do tecido muscular, a água é o maior constituinte e seu teor é inversamente proporcional ao conteúdo de gordura (Forrest et al., 1979). Segundo Ogawa (1999), a água em pescados apresenta-se de duas formas, uma parte da água da carne encontra-se envolvida na estrutura de rede do músculo fibrilar e do tecido conectivo, atuando como meio de difusão, e é chamada de água livre (cerca de 75 %); a outra fração está fortemente ligada às proteínas e denomina-se água de construção ou água ligada (cerca de 25 %). O teor total de água é importante devido aos processamentos pelo qual a carne passará até o consumo, como resfriamento, congelamento e cozimento. Quanto maior o teor de água ligada, maior a capacidade de retenção de água no tecido muscular (Dabés, 2001).

A proteína é o segundo maior componente da carne, representando em torno de 20 % de sua composição química. Além da fração protéica do tecido muscular, há uma porção não protéica, representando cerca de 1,1%, composta

basicamente por aminoácidos livres e nucleotídeos (DNA, RNA, ADP, ATP, entre outros) (Pardi et al., 1993).

A gordura corresponde à fração insolúvel em água e solúvel em éter, representando cerca de 4 % da composição química da carne, e, em algumas espécies de pescados, pode ser inferior a 1 %.

A matéria mineral da carne representa, em média, 1,5% de sua composição química e está distribuída irregularmente no tecido muscular; 40% encontra-se no sarcoplasma, 20 % forma parte dos componentes celulares e o restante (40 %) distribui-se nos líquidos extracelulares (Prata, 1999).

Em tilápias, Gurgel & Freitas (1972) relatam valores de 75,5 % de umidade, 18,9 % de proteína, 3,4 de lipídeos e 2,2 % de cinzas. Visentainer et al. (2003) mencionam médias de 75,2 % de umidade, 19,4 % de proteína, 3,9 % de lipídeos totais e 1,5 % de cinzas.

Maia et al. (1999), estudando a composição química de curimatás (*Prochilodus cearensis*), abatidos em diferentes épocas, mencionam valores 75,8 e 78,5 % de umidade, 17,8 e 18,1 % de proteína, 5,2 e 2,5 % de lipídeos e 1,2 e 1,1 % de cinzas para os peixes abatidos em março e julho, respectivamente.

Okland et al. (2004), analisando a composição química de várias espécies de peixes marinhos, relataram médias de proteína de 16,7; 17,6 e 20,8 g/100g; lipídeos totais de 0,61; 0,41 e 0,95 %; cinzas de 0,97; 1,04 e 0,93; e de umidade de 82,4; 81,6 e 79,9 %, para as espécies *Macrourus begalax*, *Mora moro* (bacalhau) e *Centroscyllium coelolepis* (cação), respectivamente.

2.6 Princípios dos métodos de cocção

Nos métodos de cocção convencionais, a transmissão de calor ocorre por condução, convecção e irradiação.

A condução ocorre devido ao aumento de energia cinética proporcionado por uma excitação térmica qualquer, em determinada região de um corpo; os elétrons com maior energia, tornando-se mais velozes e com órbitas mais exteriores, chocam-se com elétrons vizinhos, redundando um ganho de energia térmica pelo elétron que recebeu o choque. Na transmissão por convecção, uma partícula fluida tem contato com uma superfície aquecida, assim essa partícula se dilata, tornando-se menos densa e se afasta da superfície quente, fazendo com que a partícula mais densa, que está fria, se aproxime da superfície, propiciando, portanto, um trânsito de partículas (Araújo, 1982).

Na fritura em óleo a troca de calor ocorre por condução de calor do fundo da frigideira para uma quantidade razoável de óleo; e, o óleo quente transfere o calor para o alimento por convecção. Processo equivalente ocorre em alimentos cozidos em água, onde o calor é transmitido a panela, ocasionando o aquecimento da água; e, posteriormente a água transfere o calor para o alimento por convecção. O aquecimento em um forno de cozinha convencional (seja a gás ou elétrico), ocorre por condução, irradiação e convecção.

O forno microondas é um equipamento que passou a fazer parte da maioria dos lares nas duas últimas décadas. Segundo Rosini et al. (2004), o desenvolvimento da tecnologia de microondas ocorreu principalmente durante a II Guerra Mundial, e os fornos microondas começaram a ser utilizados para aquecimento de alimentos na década de 50.

O aquecimento por microondas é também chamado de aquecimento dielétrico, e existem dois mecanismos principais para a transformação de energia eletromagnética em calor (Kingston & Jassie, 1988). O primeiro deles é chamado rotação de dipolo e relaciona-se com o alinhamento das moléculas (que

tem dipolos permanentes ou induzidos) com o campo elétrico aplicado. Quando o campo é removido, as moléculas voltam a um estado desordenado, e a energia que foi absorvida para esta orientação nestes dipolos é dissipada na forma de calor. Como o campo elétrico na frequência de 2,45GHz oscila (muda de sinal) $4,9 \times 10^9$ vezes por segundo, ocorre um pronto aquecimento destas moléculas. O segundo mecanismo é chamado de condução iônica, e o calor é gerado através de perdas por fricção, que acontecem através da migração de íons dissolvidos, quando sob a ação de um campo eletromagnético. Estas perdas dependem do tamanho, carga, condutividade dos íons dissolvidos e interação destes últimos com o solvente (Sanseverino, 2002).

De acordo com Barboza et al. (2001), o forno de microonda doméstico opera em aproximadamente 2450 MHz; nesta frequência, a absorção da água é máxima, no entanto foi otimizada para permitir máxima penetração das microondas. O elevado conteúdo de água nos alimentos faz com que a dissipação de energia seja grande. Assim, com a passagem de microondas na cavidade do forno que contém certo alimento que possui água, a direção do campo muda $2,45 \times 10^9$ vezes por segundo. 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 realinhamento das moléculas com elevada frequência produzem grande quantidade de calor, levando ao cozimento do alimento.

2.7 Efeito dos métodos de cocção

O cozimento altera os valores de umidade, proteína, gordura e cinzas dos alimentos devido à incorporação do meio de cocção e pelas perdas de nutrientes e água (Steiner-Asicdu et al., 1991; Gokoglu et al., 2004).

As formas de condução de calor, a temperatura, a duração do cozimento e o meio de cocção (água, óleo) são características dos diversos métodos de preparo utilizados convencionalmente, que podem ser responsáveis por essas mudanças. Ainda, certas características dos corte, como a área de superfície por unidade de volume exposta ao meio de cozimento e o teor inicial de gordura afetam a sua composição final (Kilgore & Lucker, 1964; Potter & Hotchkiss, 1995).

Mai et al. (1978), estudando o efeito de diferentes métodos de cocção (assado em forno convencional e fritura por imersão em óleo) em três espécies de peixes (*Salvelinus namacush*, *Catostomus commersoni* e *Lepomis macrochirus*), relataram que o cozimento resultou em decréscimo do conteúdo de colesterol nos filés.

Gall et al. (1983) estudaram os efeitos de quatro métodos de cocção (assado em forno convencional, grelhado, fritura em óleo e assado em forno microondas) na composição química de filés de peixes marinhos (*Epinephelus morio*, *Lutjanus campechanus*, *Trachinotus carolinus* e *Scomberomorus maculatus*). Esses autores concluíram que os métodos de cocção utilizados determinaram a diminuição da umidade após o cozimento, e os filés fritos em óleo apresentaram perda de umidade mais elevada. Com relação ao teor de gordura, Gall et al. (1983) afirmam que as mudanças observadas estão diretamente relacionadas ao conteúdo de lipídeos dos filés crus. A fritura por imersão em óleo ocasionou maiores teores de gordura nos filés de garoupa (*Epinephelus morio*), caranha vermelha (*Lutjanus campechanus*), pampo da Flórida (*Trachinotus carolinus*). Os autores explicam que esse aumento foi

devido à absorção de óleo de meio, porém os filés de cavalinha não apresentaram aumento nos teores de gordura, quando submetidos à fritura por imersão, fato que foi atribuído ao maior teor de gordura dos files crus da cavalinha. O conteúdo de proteína aumentou nos filés cozidos de todas as espécies estudadas, quando comparados com os crus. Os autores relataram que os efeitos do cozimento sobre os níveis protéicos dos filés apresentaram um padrão de comportamento, não havendo diferença entre os métodos. O conteúdo de cinzas apresentou perdas mais elevadas quando os filés de baixo conteúdo lipídico (garoupa, caranha vermelha, pampo da Flórida) foram submetidos aos métodos de cocção, o que não foi observado nos filés de cavalinha.

Steiner-Asiedu et al. (1991) estudaram o efeito de alguns métodos de cocção (defumação, cozimento em água e fritura em óleo) sobre três espécies de peixes, sardinha (*Sardinella* sp.), dourada (*Dentex* sp.) (espécies marinhas) e tilápia (espécie de água doce). Esses autores verificaram que a defumação e a fritura por imersão causaram aumento no conteúdo de matéria seca e atribuíram esse aumento à maior perda de água que ocorreu durante a defumação e à absorção de gordura do meio de cocção, que ocorreu durante a fritura. A porcentagem de proteína foi afetada apenas nos filés fritos, o que os autores explicam como sendo resultado da diluição da proteína no óleo utilizado no meio de cocção.

Badiani et al. (1998), trabalhando com carne de cordeiros, relataram que o conteúdo de proteína, lipídeos e colesterol aumentou após o cozimento, enquanto houve diminuição no conteúdo de umidade e cinzas.

Puwastien et al. (1999), estudando três espécies de peixes, tilápia, bagre africano (*Clarias macrochelalus*) e catfish (*Pangasius sutchi*), submetidos a dois métodos de cocção (assado em forno convencional e frito por imersão), verificaram menores teores de umidade nos filés das três espécies quando submetidos à fritura. Em consequência, aos menores valores de umidade

encontrados nos filés fritos, os teores de proteínas se apresentaram mais elevados nesses filés. Em relação à porcentagem de gordura, os filés fritos por imersão apresentaram médias mais elevadas devido à absorção de gordura do meio. Embora os filés crus de bagre africano e o catfish tenham apresentado teores de gordura mais elevados, os autores não verificaram comportamento diferenciado quanto aos métodos de cozimento aplicados.

García-Arias et al. (2003) analisaram as mudanças ocorridas na composição química de filés de sardinhas (*Sardinella* sp.), submetidos a três métodos de cocção (fritura em óleo, assado em forno convencional e grelhado). Os autores relatam que, nos três métodos de cocção, os filés de sardinha apresentaram valores mais elevados de proteína e cinzas e menores valores de umidade e gordura, em relação aos filés crus.

Rosa (2003) analisou cortes de coxa e peito de frangos, submetidos a cinco métodos de cocção (cozido em água, assado em forno convencional, assado em forno microondas, grelhados e assados em forno microondas), e verificou que as amostras cruas de peito e coxa apresentaram valores mais elevados de umidade (74,84 e 75,28 %, respectivamente) do que as cozidas. Os valores mais baixos de umidade, entre os métodos de cocção estudados por Rosa (2003), foram encontrados nos corte de peito e coxa submetidos à fritura em óleo (64,52 e 63,41 %, respectivamente) e assados em forno microondas (64,17 e 64,78 %, respectivamente). Em relação aos teores de proteína, Rosa (2003) relata valores mais elevados nos cortes de peito e coxa submetidos ao tratamento em forno microondas (33,14 e 28,05 %, respectivamente) e menores valores foram encontrados nos cortes crus (23,03 e 18,73 %, para peito e coxa, respectivamente). A porcentagem de gordura mais elevada, relatada por Rosa (2003), foi observada nos cortes de peito e coxa submetidos à fritura (2,49 e 7,85 %, respectivamente) e os menores valores foram observados nos cortes cozidos em água (1,19 e 5,28 %, para peito e coxa, respectivamente), quando

comparados aos cortes crus, que apresentaram valores de 1,06 e 5,06 %, para peito e coxa, respectivamente.

Gokoglu et al. (2004) avaliaram o efeito de cinco métodos de cocção (fritura, cozimento em água, grelha, assado em forno e assado convencional e em forno microondas) na composição centesimal de filés de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e observaram diferenças no conteúdo de umidade, proteína e cinzas em todos os métodos de cocção, enquanto aumento no teor de gordura só foi encontrado nos filés submetidos à fritura.

2.7.1 Perda de peso por cozimento (PPC)

As perdas de peso por cozimento são atribuídas à retração que a carne experimenta durante o processo de cocção, devido às temperaturas elevadas que levam à desnaturação das proteínas e diminuem consideravelmente a capacidade de retenção de água (Price et al., 1975). As perdas no cozimento dependem de diversos fatores, como: meio de cocção, tempo e temperatura de cocção (Mai et al., 1978; Gall, et al., 1983; Agren & Hänninen, 1993; Candela et al., 1997; Maia et al., 1999; Pedrosa & Cozzolino, 2001; Badiani et al., 2002).

As causas responsáveis por alterações na PPC são, segundo Mai et al. (1978), perda de água por gotejo (drip) e evaporação, perdas de compostos gordurosos por fusão e eluição para o meio externo e absorção de compostos do meio externo.

As formas de condução de calor também alteram a PPC. De acordo com Potter & Hotchkiss (1995), nas formas convencionais de cocção (chama direta, ar quente, contato direto da chapa quente e outros similares), as fontes de calor fazem com que as moléculas do alimento reajam da superfície até o interior, de maneira que as regiões do corte se aqueçam em camadas sucessivas. Isso dá lugar a um gradiente de temperatura que pode cozinhar o exterior de uma peça

antes que sua temperatura interna aumente, formando um envoltório que reduz as perdas.

Badiani et al. (2002) mencionam que o tempo e temperatura, nos diferentes métodos de cocção, fornecem uma medida da rapidez com que o corte se aquece e, conseqüentemente, afetam o estresse térmico dos componentes dos cortes, afetando as taxas de perda de peso.

Além disso, Kilgore & Lucker (1964) afirmam que a área de superfície por unidade de volume, exposta ao meio de cozimento, é um fator importante que afeta a PPC.

2.7.2 Oxidação lipídica das carnes

Os lipídeos são suscetíveis ao ataque por radicais livres e a sua oxidação pode ser prejudicial, pois as reações de oxidação são propagadas em cascata. Os lipídeos contendo ácidos graxos poliinsaturados são particularmente propensos ao ataque de radicais livres e à deterioração oxidativa (Pearson et al., 1977; Chen et al., 1984; Papas, 1999). Essa propensão surge do fato que os átomos de hidrogênio bis-alílicos do grupo metileno são mais suscetíveis à abstração pelos radicais oxidáveis que os hidrogênios metilênicos dos lipídeos totalmente saturados. Isto se deve parcialmente a que os radicais livres resultantes têm estruturas de ressonância que aumentam sua estabilidade. Nas estruturas mais complexas, as duplas ligações são conjugadas e os radicais se situam no carbono metilênico adjacente. A reação rápida dessas formas de ressonância com o oxigênio, leva às duplas ligações na estrutura conjugada a formar radicais peróxido nas posições +2 e -2 com relação ao átomo de carbono no qual ocorreu a abstração original (Hogg & Kalyanaraman, 1999). Na ausência de antioxidantes, os ácidos graxos poliinsaturados formam radicais livres e podem

ter um efeito pró-oxidante significativo no organismo humano, levando à depleção da vitamina E e aumento dos produtos de oxidação (Meydani, 1996).

A oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável, com implicações sobre o valor comercial, ocasionado pela presença dos produtos dessas reações (Silva et al., 1999). As alterações desencadeadas pela oxidação dos lipídeos determinam mudanças nos alimentos, que afetam a qualidade nutricional, a segurança, a cor, o flavor e a textura (Shahidi & Wanasundara, 1992). Segundo Nawar (1996), esse aspecto é importante sob o enfoque econômico (perdas devido à redução da vida-de-prateleira) e o enfoque nutricional (radicais livres formados reagem ou interagem com outros constituintes dos alimentos, provocando uma queda na qualidade nutricional).

A autooxidação dos lipídeos de alimentos envolve reações em cadeia de radicais livres, que é iniciada pela exposição dos lipídeos à luz, calor, radiação ionizante, íons metálicos ou catálise metalo-protéica (Pearson et al., 1977; Papas, 1999).

Existem poucas dúvidas de que o malonaldeído, produto secundário da oxidação lipídica, seja tóxico às células vivas (Addis et al., 1983; Pearson et al., 1983). O malonaldeído pode ser formado *in vivo* ou pré formado em alimentos. Há estudos sugerindo que o malonaldeído pode ser cancerígeno (Shamberger et al., 1974) e mutagênico (Mukai & Goldstein, 1976). A maior parte dos produtos de oxidação lipídica, como o malonaldeído e os óxidos de colesterol tem chamado a atenção da comunidade científica à sua provável relação com a formação de câncer (Pearson et al., 1983; Addis, 1986).

Um dos métodos mais utilizados em carnes para avaliar a estabilidade lipídica é o índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA). Nesse método, o malonaldeído, um produto da oxidação lipídica, após ser obtido por destilação, reage sob aquecimento com o ácido tiobarbitúrico, produzindo uma

coloração rósea, que pode ser quantificada por espectrofotometria (Torres & Okani, 1997).

Vários estudos mostram que a oxidação lipídica é afetada pela exposição da carne ao calor (durante o cozimento, pasteurização, apertinização ou defumação), pelo tempo de estocagem e varia conforme a espécie analisada. Rhee et al. (1996), comparando o potencial de oxidação lipídica, pelo método de TBA, em amostras de carne de frangos, bovinos e suínos, *in natura* (crua) e após o cozimento, submetidas a diferentes tempos de estocagem, observaram que a carne de frango foi menos susceptível à oxidação, e que na carne suína, embora tenha apresentado valores de TBA inicial mais baixos, houve aumento ao longo do tempo de estocagem.

Regost et al. (2004), avaliando os índices de TBAs em salmões crus e defumados, submetidos a diferentes dietas e em vários tempos de estocagem, encontraram uma oxidação lipídica mais elevada em peixes alimentados com rações contendo concentrações mais elevadas de ômega 3 e relataram que a oxidação aumentou com o tempo de estocagem, demonstrando que quanto maior o teor de ácidos graxos poliinsaturados da carne, maior é o seu potencial de oxidação, fato que havia sido descrito por alguns autores (Pearson et al., 1977; Chen et al., 1984; Papas, 1999; Rora et al., 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção e caracterização do material experimental

Foram utilizadas 35 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) pesando em média 700 ± 30 g, criados em tanque de terra adubado no início da criação com adubo químico na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras. Os peixes foram alimentados com ração comercial, contendo 36 % de proteína na fase inicial, até que atingirem 50 g de peso vivo; 32 % de proteína na fase de crescimento (até 150 g) e 28 % de proteína na fase de terminação. O período de criação dos peixes foi entre os meses de março a dezembro de 2003. A concentração média de ácidos graxos da ração fornecida aos peixes está apresentada na Tabela 3.

Antes do abate, os peixes foram submetidos à depuração por 24 horas; após esse período, foram atordoados por choque térmico, seguido do rompimento do cordão neural. Os peixes foram eviscerados e os filés, retirados manualmente logo após o abate, foram lavados com água clorada, resfriados e mantidos a -20 °C por dois dias, até a aplicação dos tratamentos. O peso médio dos filés foi de 210 ± 50 g.

Os pescados que originaram as amostras (35 unidades) utilizadas para aplicação dos tratamentos de cozimento foram avaliados com relação ao descenso de pH e pH final.

As medidas de pH foram realizadas na porção dorsal do músculo branco, com o auxílio de um potenciômetro portátil digital (Digmed), dotado de eletrodo, com resolução de 0,00 unidades de pH. As leituras foram realizadas logo após o abate, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 e 24 horas *post mortem*.

TABELA 3 Concentração média de ácidos graxos das rações fornecidas aos peixes.

Ácidos Graxos	Ração (%)
AGS Mirístico	0,55
Palmitico	16,71
Esteárico	2,72
Total	19,98
AGM Palmitoleico	3,58
Oléico	30,74
Icosanóico	1,93
Total	36,25
AGP Linoléico	0,29
γ linolênico	0,28
α linolênico	0,10
Araquidônico	0,06
Icosapentaenóico	0,02
Docosapentaenóico	0,09
Total	0,84

3.2 Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com 7 repetições, sendo os métodos de cocção (cozido em água, frito em óleo de soja, assado em forno elétrico e microondas) e os filés crus considerados como tratamentos.

3.2.1 Tratamentos

Considerando que a temperatura interna dos filés, ao atingirem o cozimento, é de 72 ± 2 °C, e, tentando padronizar os tempos de cozimento de cada tratamento de cocção, pré-testes foram desenvolvidos em laboratório e, por meio desses, foram estabelecidos tempos médios de cocção para cada método.

Os exemplares foram divididos aleatoriamente em 5 grupos, 4 métodos de cocção e um grupo testemunha (cru), que foram:

- a) Cozido em água (CA): os filés foram colocados em uma panela com água e cozidos até que a temperatura interna dos cortes alcançasse 72 °C. Foram utilizados 500 mL de água fria por quilograma de filé de peixe. Após o cozimento, o filés foram colocados em bancadas para esfriar e escorrer o excesso de água.
- b) Frito em óleo (FO): os filés foram fritos em óleo quente, virados a cada minuto, por aproximadamente 4 minutos, até alcançarem a temperatura interna de 72 °C. Foram utilizados 200 mL de óleo de soja por filé. Após a fritura, os files foram colocados sobre papel absorvente para a retirada do excesso de óleo e para o resfriamento. O perfil de ácidos graxos do óleo de soja, utilizado para fritura, é apresentado na Tabela 4.
- c) Assado em forno elétrico (FE): os peixes foram assados em forno elétrico a 150 °C, por aproximadamente 20 minutos, virados a cada 10 minutos, até a

temperatura interna dos cortes alcancarem a temperatura de 72 °C. Após o preparo, esses filés foram mantidos em bancada até serem resfriados e pesados.

d) Assado em forno microondas (MO): os filés foram assados em forno de microondas por 6 minutos, virados a cada 3 minutos. Após o preparo, esses filés foram mantidos em bancada até serem resfriados e pesados.

Os 2 filés de cada exemplar, após a cocção, resfriamento e pesagem, foram homogeneizados para compor a amostra.

TABELA 4 Perfil de ácidos graxos do óleo de soja utilizado nos filés fritos.

Ácidos Graxos	Óleo de soja (%)
AGS Mirístico	0,07
Palmitico	10,90
Estearico	3,07
Total	14,04
AGM Palmitoleico	0,10
Oléico	19,88
Icosanóico	0,18
Total	20,16
AGP Linoléico	57,71
γ linolênico	6,33
α linolênico	-
Araquidônico	-
Icosapentaenóico	0,33
Docosapentaenóico	-
Total	67,37

3.3 Métodos analíticos

As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Carnes do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras e a identificação dos ácidos graxos no Laboratório de Química Orgânica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

3.3.1 Perda de peso por cozimento (PPC)

A perda de peso por cozimento foi determinada através de pesagens das amostras antes e após o cozimento, em balança semi-analítica (Horbart-Dayton M 14239) e a porcentagem foi calculada conforme a fórmula descrita a seguir:

$$PPC = \left(\frac{\text{Peso antes do cozimento} - \text{Peso após o cozimento}}{\text{Peso antes do cozimento}} \right) \times 100$$

3.3.2 Composição centesimal

A umidade das amostras foi calculada segundo a perda de umidade e pela evaporação de compostos voláteis, quando submetidas a uma temperatura de 105 °C por 24h, sendo o valor calculado pela diferença encontrada entre o peso inicial e final das amostras, segundo AOAC, 1990.

A proteína bruta foi quantificada pelo método de análise de nitrogênio micro-Kjeldahl e foi utilizado o fator 6,25; a gordura (lipídeos totais) foi realizada pelo método de Soxhlet; e, a determinação de cinzas foi realizada por incineração em mufla a 550 °C, segundo metodologia da AOAC, 1990.

3.3.3 Extração de lipídeos

A extração dos lipídeos foi realizada seguindo a metodologia de Folch et al. (1957), adaptada para amostras de 5 gramas, que foi homogeneizada em 50 mL de clorofórmio/metanol (2:1). A amostra homogeneizada foi filtrada para funil de separação de 250 mL, permanecendo em repouso por 2 horas para a separação física. A fração apolar do homogeneizado, contendo lipídeos e clorofórmio, foi recolhida e a fração polar descartada. A fração apolar foi submetida à nova separação por 12 horas; dessa segunda separação, a fração apolar foi recolhida em balão volumétrico e foi adicionado clorofórmio até completar 50 mL. Desse extrato, 5 mL foi retirado para a análise do perfil de ácidos graxos, 5 mL para a determinação do colesterol e 5 mL para a análise do grau de oxidação feita pela reação do ácido tiobarbitúrico (TBA).

3.3.4 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos foi obtido por cromatografia gasosa, segundo Firestone (1998). As amostras foram transmetiladas com base na metodologia de Hartman & Lago (1973), que consiste de saponificação e conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos, seguindo os seguintes passos: uma alíquota de 5 mL foi retirada da extração de lipídeos e o clorofórmio foi evaporado em N₂. A amostra concentrada foi adicionada de 4 mL de NaOH em Metanol e foi colocada em banho-maria por 5 minutos, depois foi resfriada em água gelada. Adicionou-se 5 mL de solução esterificante e colocou-se em banho-maria novamente com posterior resfriamento. Em seguida, adicionou-se 4 mL de NaCl saturado e agitou-se. Adicionou-se 5 mL de hexano e os tubos foram deixados em repouso por 10 min. para a separação. Depois da separação, transferiu-se 4 mL para frasco âmbar e evaporou-se com N₂. Para a leitura cromatográfica foi

adicionado ao frasco âmbar 100 µL de hexano e 2 µL foram injetados no cromatógrafo.

As amostras foram submetidas à cromatografia gasosa e injetadas manualmente em cromatógrafo a gás (marca Shimadzu, modelo GC-17A), equipado com detector de ionização de chama, injetor split na razão de 1:00, coluna capilar de polietileno-glicol DB-Wax (30 m; 0,25 mm; 0,25 µm) e acoplado a um software desenvolvido pela Shimadzu. As condições cromatográficas foram: temperatura inicial da coluna 190°C por 15 minutos, aumentada a uma taxa de 5 °C/minuto até a temperatura final da coluna de 220 °C, permanecendo nessa temperatura por 22 minutos; temperatura do injetor 250 °C; e, temperatura do detector 260 °C. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio em fluxo de 0,7 mL/ min.

Os diferentes ácidos graxos foram identificados por comparação aos tempos de retenção, apresentados pelo padrão cromatográfico (Pufa 2, Sigma-Aldrich), constituído por uma mistura de 14 ácidos graxos. A quantificação dos ácidos graxos foi realizada por normalização da área de pico.

3.3.5 Colesterol

A determinação do teor de colesterol foi realizada segundo Bragagnolo & Rodriguez-Amaya (1995), em que a alíquota de 5 mL, retirada do extrato de lipídeos, foi evaporada com nitrogênio gasoso e submetida à saponificação com solução de hidróxido de potássio em etanol 12 %. A fração não saponificada (o colesterol) foi extraída com hexano, purificada e submetida à reação de cor com ácido acético e ácido sulfúrico, tendo como catalisador o sulfato ferroso. Em seguida, foi procedida a leitura em espectrofotômetro em 490 nm. A curva de calibração para colesterol foi elaborada, utilizando 0,01 grama de colesterol p.a., diluído em 50 mL de hexano, do qual foram retiradas alíquotas que

correspondem a 40, 80, 120, 160 e 200 µg/mL. Essa curva foi linear, passou pela origem e cobriu a faixa de concentração das amostras.

3.3.6 Grau de oxidação (TBAs)

Para avaliar a extensão da oxidação dos lipídeos nos filés após a cocção foi realizado o teste do ácido tiobarbitúrico TBA, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1997).

O índice de TBA é expresso em termos de miligramas de malonaldeído por quilo de amostra. O malonaldeído (dialdeído com três átomos de carbono) é obtido, em pequenas quantidades, da oxidação de lipídeos polinsaturados quando aquecidos em meio ácido. O teste fundamenta-se na formação de um complexo de coloração vermelha, resultante da concensação de dois moles de TBA com um mole de malonaldeído.

Para a elaboração da curva padrão foi utilizado tetraetoxipropano (TEP) a uma concentração de 1×10^{-5} M. A técnica usada seguiu os seguintes passos: 5 mL do extrato lipídico foram adicionados de 5 mL de ácido tricloroacético a 10 % e submetido à centrifugação; 4 mL do sobrenadante foi transferido e adicionado de 1,25 mL de ácido tiobarbitúrico e colocado em banho-maria por 10 minutos; a coloração róseo-avermelhada desenvolvida foi medida em espectrofotômetro a 490 nm, usando um branco preparado paralelamente à amostra.

3.4 Análise estatística

O modelo estatístico é apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = observação no tratamento i , na repetição j ;

μ = média geral do experimento;

T_i = efeito do tratamento i , com $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

e_{ij} = erro experimental associado à observação Y_{ij} , que por hipótese tem distribuição normal com média igual a zero e variância σ^2 .

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Declínio de pH

O declínio do pH muscular em consequência do acúmulo de ácido láctico é uma das modificações *post mortem* mais significativas que ocorrem durante a conversão do músculo em carne. Esse valor, o pH final, normalmente é relacionado a associação das proteínas com as moléculas de água, com o grau de retenção de água nos tecidos *in natura* e nos tecidos após o cozimento. Além disso, o pH é uma medida que informa o grau de frescor do pescado (Watabe , 1991; Marx, 1997; Ogawa, 1999).

O pH do tecido muscular do pescado vivo é próximo à neutralidade e, devido às transformações anaeróbicas *post mortem*, esse valor diminui até aproximadamente 6 nas primeiras horas depois da morte. Os valores de pH são influenciados pela área de pesca, época do ano, e, principalmente, pelo método de captura e insensibilização dos peixes, já que a variação do pH da carne está relacionada com a reserva de glicogênio muscular (Ogawa, 1999).

Um declínio muito acentuado na primeira hora *post mortem* pode ocasionar anomalias na qualidade da carne, produzindo filés que perdem água mais facilmente. Do mesmo modo, a ausência da queda do pH pode influenciar a qualidade, proporcionando aumento na proliferação bacteriana na carne, diminuindo sua vida-de-prateleira (Forret et al., 1979).

O declínio do pH *post mortem* dos peixes utilizados no presente experimento é apresentado no Gráfico 1.

Os valores médios de pH foram de 6,82; 6,44; 6,29; 6,18; 6,09; 6,09; 6,08; 6,07 e 6,06 nas medidas imediatamente após o abate, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 e 24 horas *post mortem*, respectivamente.

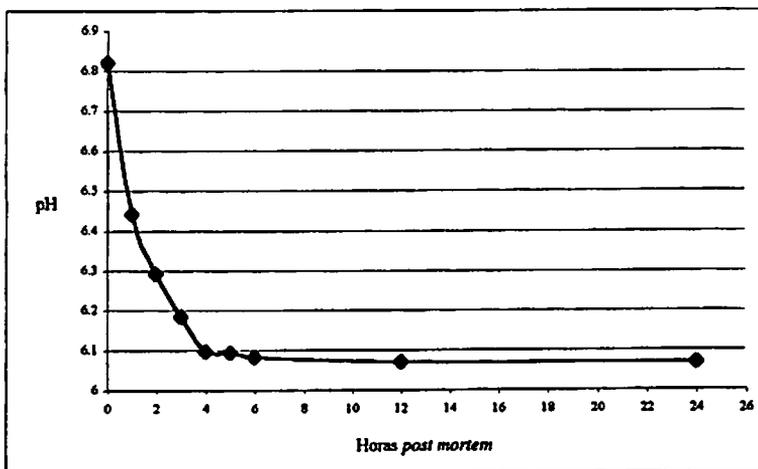


GRÁFICO 1 Comportamento dos valores médios de pH em função do tempo.

A curva de pH encontrada mostra comportamento exponencial, com uma queda de pH mais acentuada nas primeiras 4 horas *post mortem*, seguida de tendências de estabilização. Na literatura clássica sobre transformação do músculo em carne, uma das evidências da instalação do *rigor* é a estabilização do pH (Price et al., 1975; Forrest et al., 1979).

Valores próximos de pH de 7,0; 6,8 e 6,5, medidos imediatamente após o abate, 5 e 10 horas *post mortem*, foram descritos por Marx (1997) em trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) insensibilizadas por choque térmico; e valores mais elevados de 7,2; 6,8; 6,2 e 5,8 obtidos imediatamente após o abate, 2, 8 e 24h, respectivamente, foram reportados por Watabe (1991) em sardinhas (*Sardinops melanostica*), mantidas a 0 °C após o abate.

No presente trabalho, o pH final médio foi de 6,06. Esse valor está de acordo com as normas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (1980), que determina que pescados estão aptos ao consumo quando apresentam valores de pH até 7,2.

4.2 Perda de peso por cozimento (PPC)

Os resultados do teste de médias revelaram que os métodos de cocção afetaram significativamente ($P < 0,05$) a perda de peso por cozimento (Tabela 5). A maior perda foi verificada no método assado em microondas (45,74 %), seguida pelo tratamento frito em óleo (31,19 %), forno elétrico (27,49 %) e cozimento em água (24,69 %).

Potter & Hotchkiss (1995) descrevem que, nas formas de aquecimento convencionais para realizar o cozimento, as fontes de calor fazem com que as regiões do corte se aqueçam em camadas sucessivas. Isso dá lugar a um gradiente de temperatura que pode cozinhar o exterior de uma peça, antes que sua temperatura interna aumente, formando um envoltório que reduz as perdas. O que não ocorre no cozimento em forno microondas, em que as microondas penetram uniformemente nas peças, fazendo com que todas as moléculas de água e as outras moléculas polares se coloquem em movimento ao mesmo tempo, nesse caso, o calor não é transmitido da superfície até o interior, mas é gerado rápida e uniformemente por toda a peça, resultando em moléculas de água que entram em ebulição no interior do alimento e o vapor aquece os sólidos adjacentes por condução.

TABELA 5 Valores médios de perda de peso por cozimento (PPC).

	Tratamentos			
	CA	FE	FO	MO
PPC %	24,69 ^d	27,49 ^c	31,19 ^b	45,74 ^a

Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de significância.

Mai et al. (1978), estudando as perdas por cozimento em trutas (*Salvelinus namacush*), rêmola (*Catostomus commersoni*) e bluegill (*Lepomis macrochirus*), verificaram que os filés fritos em óleo apresentaram maiores perdas em relação aos filés assados em forno convencional, nas três espécies estudadas.

Gall et al. (1983), estudando os efeitos dos métodos de cocção, cozido em água, frito em óleo, assado em forno convencional e em forno microondas, em filés de garoupa (*Epinephelus morio*), caranha vermelha (*Lutjanus campechanus*), pampo da Flórida (*Trachinotus carolinus*) e cavalinha (*Scomberomorus maculatus*), encontraram maiores perdas de peso nos filés assados em forno microondas nas quatro espécies estudadas, apresentando médias de 81,8; 85,6; 88,5 e 85,6 % para garoupa, caranha vermelha, pampo da Flórida e cavalinha, respectivamente.

Em músculos de bovinos, Badiani et al. (2002), estudando os métodos de cocção cozido em água, grelhado, forno convencional e forno microondas encontraram médias de perdas de peso durante o cozimento de 21,6; 35,6; 37,5 e 40,4 %, respectivamente. Embora esses autores tenham trabalhado com carne bovina, a menor perda foi observada no cozimento em água e a maior no método assado em forno microondas, confirmando os resultados encontrados no presente trabalho.

Rosa (2003), estudando os mesmos métodos de cocção em frangos, apresentou resultados semelhantes, obtendo perdas mais elevadas no tratamento com microondas (32,49 %), seguido dos tratamentos frito em óleo (29,18 %) e cozido em água (28,40 %). A maior PPC, que ocorreu no tratamento em forno microondas, foi atribuída por Rosa (2003) à uniformidade da temperatura no interior e na superfície dos cortes, o contrário do que ocorreu nos demais métodos, em que na superfície dos cortes é formada uma camada de proteína que sofre desnaturação pelo calor e que evita a perda de água.

4.3 Composição centesimal

A composição centesimal dos alimentos é influenciada pelos métodos de cozimento ao qual são submetidos na ocasião do consumo, pois durante o processo de cocção ocorrem alterações químicas e físicas que podem elevar ou diminuir o valor nutricional dos alimentos (Lee & Dawson, 1973, Mai et al., 1978; Garcia-Arias et al., 2003).

Os valores médios de composição centesimal na matéria natural estão apresentados na Tabela 6. De acordo com os resultados da análise de variância, é possível observar efeito significativo ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre a composição química dos filés de tilápias.

O cozimento induziu o decréscimo na umidade, conforme o esperado. O resultado do teste de médias revelou diferença ($P < 0,05$) entre os filés crus e os submetidos aos tratamentos de cozimento, enquanto os filés cozidos em água e assados em forno elétrico apresentaram valores médios de umidade semelhantes. As amostras cruas dos filés apresentaram valores mais elevados de umidade ($P < 0,05$) que os filés submetidos aos métodos de cocção, sendo as médias encontradas de 79,39; 76,15; 75,13; 68,21 e 67,13 % para os filés crus, cozidos em água, assados em forno elétrico, assados em forno microondas e fritos em óleo, respectivamente.

TABELA 6 Composição centesimal (%) dos filés de tilápias e efeito dos tratamentos, em base de matéria seca.

Tratamentos	MS	Proteína	Extrato Etéreo	Cinzas
Cru	20,61 ^c	79,16 ^b	5,92 ^c	5,01 ^b
Cozido em água	23,27 ^b	89,79 ^a	6,94 ^c	3,94 ^c
Forno Elétrico	25,44 ^b	85,05 ^a	9,80 ^b	4,60 ^b
Forno Microondas	31,93 ^a	83,33 ^b	8,66 ^b	5,18 ^a
Frito em Óleo	33,44 ^a	74,45 ^c	17,36 ^a	4,28 ^b

Médias seguidas pela mesma, letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de significância.

Os filés fritos em óleo e assados em forno microondas apresentaram uma redução de aproximadamente 5 % no teor de umidade, e, os filés cozidos em água e assados em forno elétrico, redução de aproximadamente 14 %.

Em peixes, a redução na porcentagem de umidade nos filés submetidos aos tratamentos frito em óleo (FO) e assado em forno microondas (MO) é devido à incorporação do meio de cocção (no caso dos filés fritos em óleo) e a maior perda de água observada nos filés assados em forno microondas (Steiner-Asiedu et al., 1991).

Vários autores mostram que o método de cocção frito em óleo (FO) determina menor valor de umidade, como foi observado no presente experimento. Gall et al. (1983), trabalhando com quatro métodos de cocção (forno convencional, grelha, microondas e fritura por imersão) em quatro espécies de pescados (garoupa, caranha vermelha, pampo da Flórida e cavalinha), relataram que os filés fritos apresentaram os menores valores de umidade com médias de 68,62; 68,46; 66,18 e 58,88 %, para os filés fritos, e 77,97; 77,02; 74,76 e 62,94 % para os filés crus, de garoupa, caranha vermelha, pampo da Flórida e cavalinha, respectivamente.

Gokoglu et al. (2004), estudando métodos de cocção sobre a composição centesimal de trutas, relataram porcentagens mais elevadas de umidade nos filés assados em forno convencional, grelhados e cozidos em água (65,30; 65,83 e 69,16 %, respectivamente) e menores valores para os filés fritos em óleo e assados em microondas (62,69 e 63,52 %, respectivamente).

Os métodos de cocção influenciaram ($P < 0,05$) os percentuais de proteína dos filés. Maiores valores de proteínas, em base de matéria seca, foram encontrados nos filés cozidos em água e assados em forno elétrico. Os filés crus, assados em forno microondas e fritos em óleo apresentaram teores de proteína semelhantes.



Puwastien et al. (1999), estudando dois métodos de cocção (cozido em água e frito por imersão) em três espécies de peixes (tilápia, bagre africano e catfish), encontraram médias de proteínas mais elevadas nos peixes submetidos à fritura e menores valores nos peixes cozidos em água. Os autores explicam esse comportamento pela maior concentração de nutrientes, observada no tratamento frito em óleo.

Rosa (2003), estudando métodos semelhantes de cocção em peito e coxa de frangos, relatou valores de proteína mais elevados para os cortes frito em óleo (27,49 % para coxa e 31,64 % para peito) e assados em forno microondas (28,05 % para coxa e 33,14 % para peito), atribuindo esse fato à maior perda de água, que ocorreu durante esses métodos de cocção.

Os métodos de cozimento resultaram em mudanças no conteúdo de gordura dos filés, exceto para o cozimento em água que não apresentou diferença significativa em relação aos filés crus, apresentando médias de 5,92 e 6,94 % de extrato etéreo para os filés crus e cozidos em água, respectivamente.

Os filés assados em forno elétrico (9,80 %) e assados em forno microondas (8,66 %) apresentaram comportamento semelhante entre si.

A fritura em óleo afetou ($P < 0,05$) o percentual de extrato etéreo dos filés, apresentando um aumento de aproximadamente 193 % quando comparados aos filés crus, fato que pode ser explicado pela absorção de lipídeos do meio de cocção.

Os filés dos tratamentos FE e MO apresentaram um aumento na concentração de extrato etéreo de aproximadamente 65 %, quando comparados aos filés crus.

Em relação ao percentual de gordura encontrados na matéria seca, Badiani et al. (1998), trabalhando com cordeiros, relataram que o conteúdo de lipídeos aumentou após o cozimento; os mesmos autores, em 2002, trabalhando com diferentes cortes bovinos, relataram comportamento semelhante. Em

sardinhas, García-Arias et al. (2003) encontraram percentuais de gordura mais elevados nos peixes submetidos à fritura. Rosa (2003) apresenta teores de gorduras mais elevados para peito (2,49 %) e coxa (7,85 %) de frangos submetidos à fritura, enquanto valores menores foram encontrados nos demais tratamentos de cocção estudados pelo autor.

Os métodos de cocção afetaram o conteúdo de cinzas. Os filés crus, assados em forno elétrico e fritos em óleo apresentaram concentrações de cinzas semelhantes. Valores mais elevados foram encontrados nos files assados em microondas e valores mais baixos foram encontrados nos files cozidos em água.

Gokoglu et al. (2004) relatam médias mais elevadas de cinzas em filés de trutas fritas por imersão, assadas em forno convencional e em microondas.

4.4 Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos que apareceram em maior proporção na fração de lipídeos totais nos filés crus foram: C18:1 ω 9 (30,07 %), C16:0 (23,57 %), C18:2 ω 6 (13,98 %), C16:1 ω 7 (8,7 %), C18:0 (5,85 %), C20:4 ω 6 (4,12 %), C14:0 (3,28 %), C22:6 ω 3 (2,00 %), C20:1 ω 9 (1,35 %), C22:4 ω 6 (1,13 %).

A relação entre o total de ácidos graxos poliinsaturados e ácidos graxos saturados foi de 0,70; 0,73; 0,61; 0,75 e 3,50 para os filés crus, cozidos em água, assados em forno elétrico, assados em forno microondas e fritos em óleo, respectivamente.

Considerando as concentrações totais, o total de ácidos graxos monoinsaturados no tratamento controle (filés crus) apareceu em percentual superior (40,12 %) ao total de ácidos graxos saturados (32,56 %) e poliinsaturados (23,12 %). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Santos et al. (2004), que relatam médias de 43,87 % para ácidos graxos monoinsaturados, 32,37 % para ácidos graxos saturados e 22,82 % para ácidos

graxos poliinsaturados, em filés crus de tilápias com peso médio de 1023,0 g alimentadas com ração comercial.

4.4.1 Ácidos graxos saturados (AGS)

Os valores médios de ácidos graxos saturados (AGS) encontrados em filés de tilápias, são apresentados na Tabela 7. Dos três ácidos graxos saturados identificados, o ácido palmítico (C16:0) apresentou médias mais elevadas nas amostras cruas e nos filés após os tratamentos de cozimento, provavelmente devido a sua elevada concentração na ração (16,71 %) fornecida aos peixes. Os ácidos mirístico (C14:0) e esteárico (C18:0) encontram-se em menor concentração nos filés, isso possivelmente pode ser explicado também pelas concentrações mais baixas desses ácidos encontradas na ração.

TABELA 7 Médias (%) dos ácidos graxos saturados.

AGS	Tratamentos				
	CRU	CA	FE	MO	FO
Mirístico	3,28 ^a	3,20 ^a	3,54 ^a	3,60 ^a	0,59 ^b
Palmítico	23,56 ^a	23,55 ^a	22,92 ^a	22,39 ^a	12,53 ^b
Esteárico	5,85 ^a	5,25 ^b	5,04 ^b	4,88 ^b	3,17 ^c
Total	32,55 ^a	31,92 ^a	31,51 ^a	31,45 ^a	16,30 ^b

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de significância.

Padre et al. (2003) estudaram o efeito da substituição do farelo de soja por farelo de canola na ração de tilápias, e concluíram que os peixes alimentados com ração, contendo farelo de canola, apresentaram maiores índices de AGP/AGS (1,03) e $\omega 6/\omega 3$ (6,07), enquanto os peixes alimentados com farelo de soja apresentaram predominantemente os ácidos graxos ácidos mirístico (17,61 %) e esteárico (5,25 %).

Grundy & Denke (1990) relataram que a ingestão de altas concentrações de ácidos graxos saturados de cadeia longa aumenta o nível de colesterol sérico; entretanto, nem todos os ácidos graxos saturados de cadeia longa mostram esse efeito. Segundo Banskalicva et al. (2000), os ácidos mirístico e palmítico aumentam os níveis de colesterol plasmático, enquanto o ácido esteárico (C18:0) é rapidamente convertido a ácido oléico pelo organismo após sua ingestão e, dessa forma, parece não ter nenhum efeito na concentração do colesterol sérico.

Os dados submetidos à análise de variância demonstraram que os tratamentos de cozimento afetaram ($P < 0,05$) o percentual de ácidos graxos saturados dos filés tratados com calor.

Os resultados do teste de médias mostram que para o ácido mirístico (C14:0) os tratamentos CA (3,20 %), FE (3,54 %) e MO (3,60 %) foram semelhantes ao CRU (3,28 %), ou seja, as formas de cocção cozido em água; assado em forno elétrico e assado em forno microondas mantêm os percentuais de ácido mirístico semelhante aos percentuais observados em filés crus. Entretanto, quando o filé é frito em óleo (0,59 %) ocorre uma redução significativa de 18,78 % nesse ácido graxo.

Para o ácido palmítico (C16:0), o comportamento dos resultados foi semelhante ao observado para o ácido mirístico (C14:0). Os tratamentos CA, FE e MO (23,55; 22,92 e 22,39 %, respectivamente) mostraram média semelhante ao CRU (23,56 %). Isso significa que os tratamentos de cozimento CA, FE e MO não interferem nos percentuais de C16:0. Mas, quando os filés são fritos em

óleo, o percentual de C16:0 nos filés crus (23,56 %) é reduzido à metade (12,53 %).

Os métodos de cocção afetaram ($P < 0,05$) os percentuais do ácido esteárico (C18:0), quando comparados aos filés crus (5,85 %). O ácido esteárico, nos tratamentos CA (5,25 %), FE (5,04 %) e MO (4,88 %) foi reduzido em 10,10 %, 13,84 % e 16,58 %, respectivamente. Porém, essa redução é maior quando os filés foram submetidos à fritura (3,17 %), apresentado redução de 45,81 %.

Com relação ao total de ácidos graxos saturados, o tratamento frito em óleo reduziu significativamente ($P < 0,05$) os percentuais de ácidos graxos saturados, quando comparado aos outros tratamentos e ao controle. Essa redução pode ser explicada pela provável oxidação dos ácidos graxos devido à alta temperatura durante o cozimento e pela própria perda para o meio de cocção. No entanto, Steiner-Asiedu et al. (1991), trabalhando com sardinhas, dourada e tilápias, submetidas a tratamentos de cozimento, relataram aumento dos ácidos mirístico e palmítico quando os filés foram submetidos à fritura em óleo, enquanto o ácido esteárico diminuiu de 7,4 % (em filés crus) para 3,3 % em filés de sardinha fritos; de 10,0 % para 3,3 % em filés de dourada; e de 5,6 % para 3,5 % em filés de tilápias.

Sánchez-Muniz et al. (1992), estudando o efeito da fritura em óleo sobre o perfil de ácidos graxos de sardinhas, relataram que o total de ácidos graxos saturados aumenta de 3,8 % (filés crus) para 7,5 % nos filés fritos em óleo de oliva, 5,9 % nos filés fritos em óleo de girassol e 16,8 % em filés fritos em gordura suína. Os autores atribuem esse aumento à incorporação de ácidos graxos ao meio de cocção.

Santos et al. (2004), submetendo filés de tilápias à defumação, apresentam uma pequena redução no total de ácidos graxos saturados de 32,37 % nos filés crus, para 31,84 % nos filés defumados.

4.4.2 Ácidos graxos monoinsaturados (AGM)

As médias dos ácidos graxos monoinsaturados encontradas nos filés de tilápias são apresentadas na Tabela 8.

Nos filés crus, as médias encontradas entre os ácidos graxos monoinsaturados foram de 30,07 % para o ácido oléico (C18:1 ω 9), 8,70 % para o ácido palmitoléico (C16:1 ω 7) e 1,55 % para o ácido icosanóico (C20:1 ω 9). Comparando esses resultados com o perfil de ácidos graxos da ração (30,74 % de ácido oléico, 3,58 de ácido palmitoléico e 1,93 % de ácido icosanóico, (Tabela 3) observou-se que a relação apresenta semelhanças. Comprovando a influência da dieta na composição lipídica dos peixes, Maina et al. (2003) estudaram a composição corporal de ácidos graxos de tilápias do Nilo alimentadas com dietas à base de torta de girassol e óleo de milho em substituição à farinha de peixe, os autores observaram uma influência significativa da dieta sobre o perfil lipídico. Efeito semelhante foi comprovado por Regost et al. (2003) em estudo com turbot (*Psetta maxima*).

TABELA 8 Médias (%) dos ácidos graxos monoinsaturados.

AGM	Tratamentos				
	CRU	CA	FE	MO	FO
Palmitoleico	8,70 ^a	8,82 ^a	9,57 ^a	9,37 ^a	1,975 ^b
Oléico	30,07 ^a	27,73 ^a	29,43 ^a	28,98 ^a	23,19 ^b
Icosanóico	1,55 ^b	1,79 ^b	1,86 ^b	2,21 ^a	0,35 ^c
Total	40,32 ^a	38,35 ^a	40,87 ^a	40,57 ^a	25,52 ^b

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de significância.

Visentainer et al. (2003b) mencionam dados semelhantes de ácidos graxos monoinsaturados em tilápias em fase de terminação, apresentando médias de 33,2; 5,4 e 2,3 % para os ácidos oléico, palmitoléico e icosanóico, respectivamente.

Os dados submetidos à análise de variância demonstram que os tratamentos de cozimento interferem no perfil de ácidos graxos monoinsaturados dos filés de tilápia.

Os resultados do teste de médias indicaram que apenas o tratamento frito em óleo (FO) afeta significativamente ($P < 0,05$) a concentração dos ácidos palmitoléico (C16:1 ω 7) e oléico (C18:1 ω 9) nos filés. Já a média do ácido icosanóico (C20:1 ω 9) é influenciada pelos tratamentos assado em forno microondas (MO) e frito em óleo (FO).

O ácido palmitoléico (C16:1 ω 7) apresenta porcentagens semelhantes nos tratamentos CA (8,82 %), FE (9,57 %) e MO (9,37 %) quando comparada os filés crus (8,70 %). Entretanto, a concentração desse ácido graxo diminui de 8,70 % (cru) para 1,97 nos filés fritos.

Os ácidos oléico e palmitoléico apresentaram comportamento semelhante quando os filés foram submetidos aos tratamentos de cozimento, não apresentando diferença significativa entre os filés crus, cozidos em água, assados em forno elétrico e em forno microondas. Porém, quando os filés foram submetidos à fritura em óleo, observa-se uma redução de 22,85 % para o ácido oléico, e de 77,35 % para o ácido palmitoléico.

As concentrações do ácido icosanóico (C20:1 ω 9) apresentou comportamento semelhante nos filés crus (1,55 %), cozidos em água (1,79 %) e assados em forno elétrico (1,86 %). Entretanto, média mais elevada foi observada nos filés assados em microondas (2,21 %), apresentando um aumento de 42,58 %, quando comparado aos filés crus.

Considerando o total de ácidos graxos monoinsaturados foi observada redução de 36,70 % quando os filés foram submetidos à fritura, enquanto nos demais tratamentos (CA, FE e MO) não foi constatada diferença significativa.

Steiner-Asiedu et al. (1991), quando submeteram filés de peixes à fritura, constataram redução do ácido palmitoléico de 92,5 % nos filés de sardinha, 94,11 % nos filés de dourada, e 85,43 % nos filés de tilápias, enquanto o ácido oléico apresentou aumento de 81,05 % nos filés de sardinha, 17,16 % nos filés de dourada, mas reduziu 3 % nos filés de tilápias. Dados distintos foram relatados por Agren & Hänninen (1993) que, estudando os efeitos dos métodos de cocção sobre o perfil de ácidos graxos em filés de truta, vendace e pike, encontraram aumento dos ácidos palmitoléico e oléico quando os filés foram submetidos à fritura em óleo.

Sánchez-Muniz et al. (1992) observaram redução de 50 % na concentração do ácido graxo C16:1 em filés de sardinhas, submetidos à fritura em óleo de oliva, e aumento de 200 % na concentração do ácido graxo C18:1.

4.4.3 Ácidos graxos poliinsaturados (AGP)

As médias dos ácidos graxos poliinsaturados encontradas nos filés de tilápias são apresentadas na Tabela 9.

TABELA 9 Médias (%) dos ácidos graxos poliinsaturados.

AGP	Tratamentos				
	CRU	CA	FE	MO	FO
Linoléico	13,98 ^b	13,55 ^b	13,28 ^b	13,57 ^b	50,00 ^a
γ linolênico	0,56 ^b	0,67 ^b	0,64 ^b	0,95 ^a	0,09 ^c
α linolênico	0,88 ^b	0,65 ^b	0,79 ^b	0,75 ^b	5,54 ^a
Araquidônico	3,97 ^b	4,82 ^a	3,68 ^b	4,44 ^b	0,66 ^c
Icosapentaenóico	0,15 ^a	0,28 ^a	0,15 ^a	0,25 ^a	0,17 ^a
Docosapentaenóico	1,12 ^a	1,15 ^a	1,26 ^a	1,47 ^a	0,17 ^b
Linoléico	1,99 ^a	2,37 ^a	1,91 ^a	2,05 ^a	0,33 ^b
Total AGP	22,97 ^b	23,49 ^b	22,30 ^b	23,53 ^b	57,00 ^a
Total ω3	3,03 ^b	3,29 ^b	2,86 ^b	3,04 ^b	6,06 ^a
Total ω6	19,93 ^b	20,19 ^b	19,44 ^b	20,49 ^b	50,94 ^a
ω3/ω6	6,64	6,31	6,94	6,88	8,42

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de significância.

Entre os poliinsaturados, o ácido linoléico (C18:2 ω 6) aparece em maior concentração (13,98 %) nos filés de tilápias crus, seguido pelo ácido araquidônico (C20:4 ω 6) que apresentam médias de 3,97 %, ácido docosapentaenóico (C22:6 ω 3) com média de 1,99 %, C22:4 ω 6 com média de 1,12 %, ácido α -linoléico (C18:3 ω 3) com média de 0,88 %, ácido γ - linoléico (C18:3 ω 6) com média de 0,56 % e o ácido icosapentaenóico (C20:5 ω 3) com média de 0,15 %. Ribeiro (2003) relata porcentagens semelhantes de ácidos graxos poliinsaturados em filés de tilápias criadas em tanque de terra, sendo as médias apresentadas pelo autor de 15,86; 1,39; 0,69; 0,10; 0,03 e 0,89 % para os ácidos graxos C18:2, C18:3, C20:3, C20:4, C20:5 e C22:6, respectivamente.

Os ácidos graxos linoléico e α - linoléico são considerados os mais importantes entre os ácidos graxos essenciais, pois são os precursores para a síntese de muitos ácidos graxos poliinsaturados, como os ácidos araquidônico, ecosapentaenóico (EPA) e docosapentaenóico (DHA). Os ácidos graxos, derivados pela ação de enzimas, como as cicloxigenases e lipoxigenases, formam os eicosanóides, substâncias moduladoras de muitas funções vitais, participando de processos secretórios, digestivos, reprodutivos, imunológicos e circulatórios (Mancini-Filho & Chemin, 1996).

Os dados submetidos à análise de variância demonstram que os tratamentos de cozimento afetaram ($P < 0,05$) o percentual de ácidos graxos poliinsaturados dos filés.

Os resultados do teste de médias mostram que o ácido linoléico (C18:2 ω 6) apresentou concentrações semelhantes nos filés crus (13,98 %), cozidos em água (13,55 %) e assados em forno microondas (13,57 %), enquanto os filés fritos em óleo apresentaram um aumento de 257,65 % e os filés assados em forno elétrico apresentaram uma redução de 5,00 %, quando comparados aos filés crus.

O ácido γ - linolêico (C18:3 ω 6) apresentou um aumento de 69,64 % nos filés assados em forno microondas e uma redução de 83,92 % nos filés fritos em óleo, quando comparados aos filés crus. Entre os filés crus, cozidos em água e assados em forno elétrico o ácido γ - linolêico não apresentou diferença significativa, porém, nota-se um pequeno aumento desse ácidos nos filés submetidos aos tratamentos de cozimento.

O ácido α - linolêico (C18:3 ω 3), em relação aos filés crus, apresentou aumento de 529,54 % nos filés fritos em óleo, passando de 0,88 % (cru) para 5,54 % (FO). Os filés cozidos em água, assados em forno elétrico e em microondas apresentaram concentrações semelhantes do ácido α - linolêico.

Os filés fritos em óleo apresentaram um aumento significativo nos ácidos graxos poliinsaturados C18:2 ω 6 e C18:3 ω 3, esses resultados podem ser devido, possivelmente, à concentração desses ácidos no óleo de soja, utilizado na fritura (Tabela 4). Esse aumento percentual de C18:2 ω 6 foi relatado por Lee & Dawson (1973) em músculos e pele de frango fritos em óleo de milho e, na pele de frango, o percentual aumentou de 18 para 40 %. Esses autores atribuíram esse aumento à incorporação de ácidos graxos do óleo ao material testado. Entretanto, Steiner-Asiedu et al. (1991) relataram aumento na concentração dos ácidos graxos saturados e redução nos ácidos graxos poliinsaturados quando, submeteram filés de tilápias à fritura.

O ácido icosapentaenóico (C20:5 ω 3) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, no entanto observa-se médias mais elevadas nos filés cozidos em água (0,28 %) e assados em forno microondas (0,25 %).

O ácido araquidônico (C20:4 ω 6) apresentou concentrações semelhantes nos filés crus (3,97 %), assados em forno elétrico (3,68 %) e assados em forno microondas (4,44 %) e um aumento de 21,41 % nos filés cozidos em água e uma redução de 83,37 % nos filés fritos em óleo, quando comparado aos filés crus.

O ácido graxos C22:4 ω 6 e o ácido docosapentaenóico (C22:6 ω 3) apresentaram concentrações semelhantes entre os tratamentos CA, FE, MO e os filés crus, porém, os filés fritos em óleo apresentaram uma redução de 84,82 % para o ácido graxos C22:4 ω 6 e de 83,41 % para o ácido docosapentaenóico, quando comparados aos filés crus.

O total de ácidos graxos da família ômega-3 e ômega-6 também mostraram aumento significativo ($P < 0,05$) nos filés fritos, contudo, o aumento na porcentagem de ômega-3 (6,06) foi menor que o aumento dos ômega-6 (51,00). Dados semelhantes foram relatados por Agren & Hänninen (1993) que, trabalhando com trutas submetidas à fritura em óleo, mencionam um aumento de 12 % para o total de ácidos graxos da família ômega-3 e aumento de 27 % para os ácidos graxos da família ômega-6.

Deve-se levar em conta que o efeito biológico dos ácidos graxos essenciais depende da razão dos ácidos graxos das famílias ômega-6/ômega-3 (Simopoulos, 1991). Alguns autores consideram que a razão ômega-6/ômega-3 ideal é de 10-11:1 (Simopoulos, 1991). Entretanto, a Japan Society for Lipid Nutrition recomenda que a razão ômega-6/ômega-3 seja de 4:1 para adultos saudáveis e de 2:1 na prevenção de doenças crônicas em idosos, e a The World Health Organization recomenda razões de ômega-6/ômega-3 entre 3:1 e 4:1 (Oda, 2002).

No presente trabalho, a proporção encontrada de ácidos graxos das famílias ômega-6/ômega-3 é de aproximadamente 6:1. Valor semelhante é relatado por Aiura (2003), que analisando filés de tilápias alimentadas com ração contendo tanino apresenta proporção de ômega-6/ômega-3 de 5,97. Santos et al. (2004), estudando os efeitos da defumação sobre o perfil de ácidos graxos, apresentam proporção de ômega-6/ômega-3 de 5,63 para os filés crus e 6,18 para os filés após a defumação.

Os métodos de cocção CA, FE e MO não mostraram alterações nas distribuições relativas dos ácidos graxos. Comportamento semelhante foi observado por Mai et al. (1978) em trutas, rêmora e bluegill submetidos a métodos de cocção similares.

4.5 Teor de colesterol

Os tratamentos de cozimento, de modo geral, levaram a um aumento nas concentrações de colesterol dos filés de tilápia (Tabela 10).

TABELA 10 Valores médios de colesterol (mg/100g) em base de matéria seca.

	Tratamentos				
	CRU	FO	MO	FE	CA
Colesterol (mg/100g)	160,54 ^a	163,53 ^a	181,00 ^b	187,31 ^b	195,77 ^b

Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5 % de significância.

Os dados submetidos à análise de variância demonstraram que os tratamentos de cozimento afetaram os teores de colesterol ($P < 0,05$). Os resultados do teste de médias mostram que houve diferença ($P < 0,05$) entre os filés crus e os filés submetidos aos tratamentos de cozimento.

Os filés assados em forno microondas, fritos em óleo, cozidos em água e assados em forno elétrico apresentaram um aumento de 73,57; 66,0; 42,09 e 40,78 %, quando comparados aos filés crus, respectivamente.

Vários autores relatam que o teor de colesterol aumenta após a cocção e atribuem esse fato à concentração de nutrientes, que ocorre durante o cozimento, em decorrência da perda de água para o meio de cocção (Rhee et al., 1996; Rao et al., 1996; Badiani et al., 2002; Rosa, 2003).

Rosa (2003), analisando o teor de colesterol em peito e coxa de frangos, submetidos a métodos de cocção, verificou um aumento significativo ($P < 0,05$) do colesterol nos cortes cozidos em relação aos cortes crus, mas não observou diferença entre os métodos de cocção, porém, as médias mais elevadas foram observadas no peito frito em óleo (116,93 mg/100g) e na coxa grelhada (128,33 mg/100g). Santos et al. (2004), estudando o efeito da defumação sobre o teor de colesterol em filés de tilápias, verificaram teores mais elevados de colesterol nos filés defumados (60,74 mg/100g) em relação aos filés crus (57,47 mg/100g).

Entretanto, alguns estudos relatam a diminuição do colesterol total após o cozimento. Mai et al. (1978) observaram redução na concentração de colesterol em filés de peixes grelhados, assados e fritos. Candela et al. (1996) verificaram redução entre 15 e 22 % entre três espécies de peixes e associaram a perda de colesterol à sua eluição no óleo de fritura. Embora a eluição no óleo de fritura possa ser uma hipótese plausível para a redução do colesterol em produtos submetidos aos tratamentos de cozimento, Sanchez-Muniz et al. (1992), trabalhando com sardinhas, relacionaram a diminuição do colesterol à absorção de óleo do meio de cocção pelo pescado, dessa forma, a concentração de colesterol, ao ser diluída, por um maior conteúdo lipídico do produto, apresenta valores mais baixos.

Os filés de tilápia *in natura* apresentaram teores médios de colesterol em base de matéria natural de 33 mg/100g, valores próximos foram relatados por Caula et al. (2004), que, analisando filés de tilápia (*Oreochromis sp.*) e pargo (*L. campechanus*) encontraram médias de colesterol de 28,4 e 33,5 mg/100g, respectivamente. No entanto, valores mais elevados de colesterol em peixes foram relatados por alguns autores. Piironen et al. (2002), analisando o teor de colesterol em truta (*Oncorhynchus mykiss*) e vendace (*Coregonus albuma*) *in natura* observaram médias de 60 e 65 mg/100g, respectivamente. Santos et al. (2004) mencionaram médias de colesterol em filés de tilápias *in natura* de 57,47 mg/100g. Essa diferença pode ser atribuída à época do ano em que os peixes do presente experimento foram abatidos. As tilápias foram abatidas durante o período reprodutivo (janeiro), nesse período o colesterol estrutural pode estar sendo mobilizado para a síntese de esteróides (estrógenos e testosterona). Além disso, o estresse pré abate provoca liberação de corticóides, que também necessitam de colesterol.

4.6 Grau de oxidação (TBA)

Os dados TBAs (mg MA/Kg) dos filés de tilápias, apresentados na Tabela 11, quando submetidos à análise de variância, mostram que os métodos de cocção afetaram de forma diferente os índices de oxidação. E o teste de média mostra que os filés cozidos em água (CA) e assados em forno elétrico (FO) apresentaram maiores índices de TBAs que os filés *in natura* (cru), assados em microondas (MO) e fritos em óleo (FO), indicando que houve maior oxidação dos compostos lipídicos nesses tratamentos.

Os filés, submetidos à fritura em óleo e assados em microondas, não apresentaram diferença significativa em relação aos filés crus. Entretanto, Rhee et al. (1996), que, comparando o potencial de oxidação lipídica em carne de frangos, suínos e bovinos *in natura* e após o cozimento, submetidas a diferentes tempos de estocagem, observaram que a cocção não afetou os índices de TBAs no dia 0 de armazenagem.

TABELA 11 Médias (mg MA/Kg) seguidas do desvio padrão dos valores de TBAs.

	Tratamentos				
	CRU	MO	FO	CA	FE
Médias	0,83 ± 0,90 ^b	0,84 ± 0,16 ^b	0,84 ± 0,13 ^b	0,96 ± 0,03 ^a	1,08 ± 0,02 ^a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, a 5 % de significância.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados no presente trabalho, é possível inferir que:

- O cozimento em água manteve os valores do perfil lipídico e da composição química mais semelhantes aos filés crus;
- A fritura em óleo de soja ocasionou a maior alteração nos filés, em relação aos filés crus;
- Os filés fritos em óleo apresentaram aumento no total de ácidos graxos poliinsaturados e redução no total de ácidos graxos saturados e monoinsaturados;
- A relação dos ácidos graxos das famílias ômega-6/ômega-3 aumenta após o cozimento;
- Os tratamentos de cozimento influenciaram o teor de colesterol;
- Os tratamentos de cozimento causaram oxidação lipídica;
- O cozimento causou redução no teor de umidade;
- A redução do teor de umidade ocasionou a concentração de nutrientes, havendo, portanto, maiores porcentagens de proteína, lipídeos totais e cinzas nos filés cozidos em relação aos filés crus;
- A perda de peso por cozimento apresentou diferença entre os tratamentos de cozimento, apresentando-se mais elevada nos filés assados em forno microondas, seguido dos filés fritos em óleo, assados em forno elétrico e cozidos em água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDIS, P.B. Occurrence of lipid oxidation products in foods. *Food Chemistry Toxicological*, Oxford, v.24, n.10, p.1021-1031, Oct./Nov. 1986.

ADDIS, P.B.; CSALLANY, A.S.; KINDOM, S.E. Some lipid oxidation products as xenobiotics. *American Chemical Society*, Washington, p.234-255, 1983.

AIURA, F.S. Efeito do tanino sobre a deposição lipídica, composição em ácidos graxos e rendimento de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2003. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

AGREN, J.J.; HÄNNINEM, O. Effects of cooking on the fatty acids o three fresh water species. *Food Chemistry*, Great Britain, v.46, n.5, p.377-382, 1993.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. *Dietary Guidelines for Health American Adultus*. Disponível em: <<http://www.americanheartassociation.org.html>> . Acesso em: 28 nov. 2001.

ARAÚJO, C. *Transmissão de calor*. 2.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982. 444p.

BADIANI, A. et al. Nutrient content and retention in selected cuts from 3 month old ram lambs. *Food Chemistry*, Great Britain, v.61, n.1/2, p.89-100, Jan./Feb. 1998.

BADIANI, A. et al. Lipid composition, retention and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by commom culinary practices. *Meat Science*, Oxford, v.60, n.2, p.169-186, Feb. 2002.

BANDARRA, N.M. et al. Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). *Journal of Food Science*, v.62, n.1, p.40-42, 1997.

BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A.L. Fatty acid composition of gota muscles and fat depots: a review. *Small Ruminant Research*, Amsterdam, v.37, n.3, p.255-268, Aug. 2000.

BARBOZA, A.C.R.N. et al. Aquecimento em forno microondas/
Desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. *Química Nova*, v.24, n.6,
p.901-904, 2001.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUES-AMAYA, D.B. Teores de colesterol em
carne suína e bovina e efeito do cozimento. *Ciência e Tecnologia de
Alimentos*, Campinas, v.15, n.1, p.11-17, 1995.

BRAGAGNOLO, N. Aspecto comparativos entre carnes segundo a composição
de ácidos graxos e teor de colesterol. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL
VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE. 2., 2001. *Trabalhos...* p.1-11.
Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/publicacoes/anais>>. Acesso em:
20 out. 2004.

CANDELA, M.; ASTÍASARÁN, I.; BELLO, J. Effects of frying and
warmholding on fatty acids and cholesterol of sole (*Solea solea*), codfish (*Gadus
morhua*) and hake (*Merluccius merluccius*). *Food Chemistry*, Great Britain,
v.58, n.3, p.227-231, 1997.

CARPENTER, K.J. Early ideas on the nutritional significance of lipids. In:
Evolution of ideas about the nutritional value of dietary fat. *Journal of
Nutrition*, Bethesda, v.128, n.2, p.423-426, Feb. 1998.

CAULA, F.C.B.; NUNES, M.L.; MAIA, E.L. Determinação de colesterol em
pescado de importância econômica no Estado do Ceará. In: CONGRESSO
BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004,
Recife. *Anais...* Recife, 2004. CD-ROM.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. Fatty acid and triacylglycerol metabolism. In:
_____. *Biochemistry*. 2.ed. Philadelphia: Lippincott's Illustrated Reviews,
1994. p.171-190.

CHEN, C.C. et al. Effects of salt and some antioxidants upon the TBA numbers
of meat. *Food Chemistry*, Great Britain, v.14, n.3, p.167-172, 1984.

CURI, R. et al. *Entendendo a gordura: os ácidos graxos*. Barueri, SP: Manole,
2002. 580p.

DABÉIS, A.C. Propriedades da carne fresca. *Revista Nacional da Carne*, São
Paulo, v.25, n.28, p.32-40, 2001.

EWIN, J. **O lado sadio das gorduras: ácidos graxos essenciais para uma vida e uma aparência saudáveis.** Rio de Janeiro: Campus, 1997. 162p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para o Windows versão 4.0. In: 45^A REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 2000, São Carlos. Anais... São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.255-258.

FIRESTONE, D. **Official methods and recommended practices of the american oil chemists society.** 4th.ed. Champaign: AOCS, 1998. VI-II. (Método Ce 1-62)

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

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fishery Country Profile.** Sept. 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 30 Aug. 2003.

FORREST, J.C. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne.** Tradução de: Bernabé Sanz Pérez. Zaragoza: Acribia, 1979. 364 p. Tradução de : Principles of meat science.

GALL, K.L. et al. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. **Journal of Food Science**, Chicago, v.48, n.4, p.1068-1074, July/Aug. 1983.

GARCÍA-ARIAS, M.T. et al. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. **Food Chemistry**, Great Britain, v.83, n.3, p.349-356, Nov. 2003.

GEORGE, J. et al. The effects of N-6 polyunsaturated fatty acid supplementation on the lipid composition and atherogenesis in mouse models of atherosclerosis. **Atherosclerosis**, v.3, p.285-293, June 2000.

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

GRUNDY, S.M.; DENKE, M.A. Dietary influences in serum lipids. **Journal Lipid Research**, Bethesda, v.31, n.7, p.1149-1172, July 1990.

GUTIERREZ, L.E.; SILVA, R.C.M. Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil. **Science and Agriculture**, Piracicaba, v.50, n.3, p.478-483, Oct./Dec. 1993.

GURGEL, J.J.S.; FREITAS, J.V.F. Composição química de doze espécies de peixes e valor comercial. **Boletim Técnico**, Fortaleza, v.1, n.30, p.57, 1972.

GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica**. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1991.

HARPER, R. **Bioquímica**. 6.ed. Brasil: Atheneu, 1990. 785p.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v.22, p.475-476, 1973.

HOGG, N., KALYANARAMAN, B. Nitric oxide and lipid peroxidation. **Biochimistry Biophyscol Acta**, Amsterdam, v.1411, p.378-384, 1999.

HOWITZ, W. **Official methods of analysis os association of official analytical chemists**. 13.ed. Whashington: AOAC, 1990.

HUTTER, C.D.D; LANG, P. Multiple sclerosis: sunlight, diet, immunology and etiology. **Medical Hypotheses**, v.46, n.1, p.67-74, Feb. 1996.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2.ed. São Paulo, 1997. v.1, 371p.

KILGORE, L.T.; LUCKER, W.D. Fatty acid composition of fried foods and fats used for frying. **Journal of American Oil Chemistry**, New York, v.41, p.490-496, 1964.

KINGSTON, H. M.; JASSIE, L. B. (Ed.). **Introduction to microwave sample preparation**. Washington: ACS Professional Reference Book, 1988.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí, 2000. 285p.

LEE, W. T.; DAWSON, L.E. Chicken lipid changes during cooking in fresh and reused cooking oil. *Journal of Food Science*, Chicago, v.38, p.1232-1237, 1973.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L; COX, M.M. *Lehninger princípios de bioquímica*. 3.ed. Traduzido por Arnaldo Antônio Simões; Wilson Roberto Navega Lodi. São Paulo: Sarvier, 2002. 975p.

LOTTEMBERG, M.P. Dieta na hipercolesterolemia. In: QUINTÃO E. *Colesterol e aterosclerose*. Rio de Janeiro: Qualitymarck, 1992. p.177-193.

MAI, J. et al. Lipids of fish fillets: changes following cooking by different methods. *Journal of Food Science*, Chicago, v.43, n.6, p.1669-1674, Nov./Dec. 1978.

MAIA, E.L. et al. Composição química e classes de lipídeos em peixe de água doce Curimatá comum, *Prochilodus cearensis*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.19, n.3, set./dez. 1999.

MAINA, J.G. et al. Partial replacenment of fishmeal with sunflower cake and corn oil in diets for tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linn): effect on whole body fatty acids. *Aquaculture Reserarch*, v.34, p.601-608, 2003.

MANCINI-FILHO, J.; CHEMIN, S. Implicações nutricionais dos ácidos graxos trans. *Óleos e Grãos*, São Caetano do Sul, v.31, n.1, p.41-45, 1996.

MARTINO, R.C. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture*, v.209, p.233-246, 2002.

MARX, H. et al. Stunning of carp, eel and rainbow trout. *Zeitschrift-fuer-Ernaehrungswissenschaft*, Germany, v.36, n.1, p.88-98, 1998.

MAYES, P.A. Colesterol : síntese, transporte e excreção. In: MURRAY, R.K. et al. *Harper: bioquímica*. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 1994. p.262-274.

MEYDANI, S.N. Effect of (n-3) polyunsaturated fatty acids on cytokine production and their biologic function. *Nutrition*, New York, v.12, p.S8- S14, 1996.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Brasília, 1980.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Produção nacional de pescado**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 jun. 2004.

MUKAI, F.K.; GOLDSTEIN, D.B. Mutagenicity of malonaldehyde, a decomposition product of peroxidized polyunsaturated fatty acids. *Science*, New York, p.868, 1976.

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

ODA, S.H.I. **Diferentes métodos de abate e sexo na qualidade da carne de capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris* L. 1966)**. 2002. 145p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OGAWA, M. **Manual de pesca: ciência e tecnologia de pescados**. São Paulo: Livraria Varela, 1999. v.1, 429p.

OKLAND, H.M.W. et al. **Proximate composition, fatty acid and lipid class composition of the muscle from deep-sea teleosts and elasmobranches: comparative biochemistry and physiology**. 2004. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 11 jan. 2005.

PADRE, R.G. et al. Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas com substituição do farelo de soja por farelo de soja por farelo de canola. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas, 2003.

PARDI, M.C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: tecnologia de sua obtenção e transformação**. Goiânia : Universidade de Goiás, 1993. v.1, 586p.

PAPAS, A.M. Diet and antioxidants status. **Food Chemistry and Toxicology**, Oxford, v.37, p.999-1007, 1999.

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



PEARSON, A.M. et al. Safety implication of oxidized lipids in muscle foods. **Food Technology**, Chicago, v.37, p.121-135, 1983.

PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.1, p.154-157, maio/ago. 2001.

PIIRONEN, V.; TOIVO, J.; LAMPI, A.M. New data for cholesterol contents in meta, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. **Journal of Food Composition and Analysis**, Helsinki, v.15, n.6, p.705-713. Dec. 2002.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J.H. **Ciência dos Alimentos**. 5.ed. Zaragoza, España: Acribia, 1995. p.667.

PRATA, L.F. **Higiene e inspeção de carnes, pescado e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 217p.

PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S.BRATZLER, L.J. Característica organoléptica de la carne. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, España, 1975.

PUWASTIEN, P. et al.. Proximate composition of raw and cooked thai freshwater and marine fish. **Journal of Food Composition and Analysis**, Thailand, v.12, n.1, p.9-16, Mar. 1999.

RAO, V.K. et al. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. **Meat Science**, Oxford, v.43, n.2, p.179-185, June 1996.

RASOARAHONA, J.R.E. et al. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar. **Food Chemistry**, 2004. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 11jan. 2005.

REGOST, C. et al. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*) I. growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. **Aquaculture**, v.217, p.465-482, 2003.

REGOST, C.; JAKOBSEB, J.V.; RORA, A.M. Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. **Food Research International**, Oxford, v.37, n. 3, p.259-271, Apr. 2004.

RHEE, K.S.; ANDERSON, L.M.; SAMS, A.R. Lipid oxidation potential of beef, chicken, and pork. *Journal of Food Science*, Chicago, v.61, n.1, p.8-12, 1996.

RIBEIRO, P.A.P. Teor de ácidos graxos poliinsaturados e composição bromatológica dos filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantida em diferentes sistemas de cultivo. 2003. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RORA, A.M.B.; REGOST, C.; LAMPE, J. Liquid holding, texture and fatty acid profile of smoked fillets of atlantic salmon fed diets containing fish oil or soybean oil. *Food Research International*, Oxford, v.36, n.3, p.231-239, 2003.

ROSA, F.C. Composição química e métodos de cocção de carcaça de frangos de corte alimentados com rações suplementadas com ômega-3. 2003. 131p.Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSINI, F.; NASCENTES, C.; NÓBREGA, A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v.27, n.6, p.1012-1015, 2004.

SABINE, J.R. Cholesterol. New York: Marcel Dekker, 1977. p.5-26.

SÁNCHEZ-MUNIZ, F.; VIEJO., J.M.; MEDINA, R. Deep-frying of sardine in different culinary fats. Changes in the fatty acid composition of Sardines and frying fats. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Madrid, v.40, n.11, p.2252-2256, Nov. 1992.

SANSEVERINO, A.M. Microondas em síntese orgânica. *Química Nova*, v.25, n.4, p.660-667, 2002

SANTOS, L.D. et al. Análise de colesterol e perfil de ácidos graxos em filés *in natura* e defumados de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campinas. Anais...Campinas, 2004.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P.K.J.P.D. Phenolic antioxidants. *Food Science and Nutrition*, Lauderdale, v.32, n.1, p.67-103, 1992.

SHAMBERGER, R.J.; ANDREONE, T.L.; WILLIS, C.E. Antioxidants and cancer. IV. Malonaldehyde has imitating as a carcinogenic. *Journal Natn. Câncer Institute*, v.3, p.1771, 1974.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Química Nova*, São Paulo, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SIMOPOULOS, A.P. Summary of the nato advanced research workshop on dietary ω -3 and ω -6 fatty acids: biological effects and nutritional essentiality. *American Institute of Nutrition*, Philadelphia, v.22, p.521-526, 1991.

SINCLAIR, A.J. Dietary fat and cardiovascular disease: the significance of recent developments for the food industry. *Food Australia*, v.45, p.226-235, 1993.

SINCLAIR, H.M. The diet of Canadian Indians and Eskimos. *Proceedings of the Nutrition Society*, London, v.12, n.1, p.69-82, 1953.

STEINER-ASIEDU, M.; JULSHAMN, K.; LIE, O. Effects 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*, Oxford, v.40, n.3, p.309-321, 1991.

SWANK, R.L. Multiple sclerosis : a correlation of its incidence with dietary fat. *American Journal Medicine Science*, v.22, n.1, p.421-450, 1950.

TORRES, E.A.F.S.; OKANI, E.T. Teste de TBA: Ração em alimentos. *Revista Nacional da Carne*, Campinas, n.243, 1997.

VISENTAINER, J.V. et al. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeça de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.23, n.3, p.478-484, set./dez. 2003a.

VISENTAINER, J.V. et al. Composição química e de ácidos graxos em tilápias (*Oreochromis niloticus*) submetidas à dieta prolongada. *Revista Nacional da Carne*, Campinas, n.313, p.109-111, mar. 2003b.

WATABE, S.; KAMAL, M.; HASHIMOTO, K.; Postmortem changes in ATP, creatinine phosphate, and lactate in sardine muscle. *Journal of Food Science*, Chicago, v.56, p.151-153, 1991.

WHEELER, T.L. et al. Cholesterol concentration of *longissimus* muscle, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types. *Journal Animal Science*, Champaign, v.65, p.1531-1537, 1987.

WHITEHEAD, C.C.; GRIFFIN, H.D. Development of divergent lines using plasma very low density lipoprotein concentration as selection criterion: results over the fourth generation and lack of effect of dietary fat on performance and carcass fat content. **British Poultry Science**, v.37, p.317-324, 1986.

WIDMER, C.; HOLMAN, R.T. Polyethenoid fatty acid metabolism II. Deposition of polyunsaturated fatty acids in fat deficient rats upon single fatty acid supplementation. **Archives Biochemistry**, San Diego, v.25, n.1, p.1-12, 1950.

WILLIS, A.L. Nutritional an pharmacological fators in eicosanoid biology. **Nutrition Reviews**, New York, v.39, p.289-301, 1981.

ANEXO

ANEXO A

	Páginas
TABELA 1A Análise de variância para as porcentagens do AG C14:0	72
TABELA 2A Análise de variância para as porcentagens do AG C16:0	72
TABELA 3A Análise de variância para as porcentagens do AG C16:1 ω 7	72
TABELA 4A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:0	73
TABELA 5A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:1 ω 9	73
TABELA 6A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:2 ω 6	73
TABELA 7A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:3 ω 6	74
TABELA 8A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:3 ω 3	74
TABELA 9A Análise de variância para as porcentagens do AG C20:1 ω 9	74
TABELA 10A Análise de variância para as porcentagens do AG C20:4 ω 6	75
TABELA 11A Análise de variância para as porcentagens do AG C20:5 ω 3	75
TABELA 12A Análise de variância para as porcentagens do AG C22:4 ω 6	75
TABELA 13A Análise de variância para as porcentagens do AG C22:6 ω 3	76
TABELA 14A Análise de variância do total de ácidos graxos saturados	76
TABELA 15A Análise de variância do total de ácidos graxos monoinsaturados	76
TABELA 16A Análise de variância do total de ácidos graxos poliinsaturados.	77
TABELA 17A Análise de variância do total de AG da família ômega 6.	77
TABELA 18A Análise de variância do total de AG da família ômega 3	77
TABELA 19A Análise de variância dos índices de TBAs	78
TABELA 20A Análise de variância dos teores de colesterol	78
TABELA 21A Análise de variância da porcentagem de umidade dos filés	78
TABELA 22A Análise de variância da porcentagem de proteína dos filés	79

TABELA 23A	Análise de variância da porcentagem de extrato etéreo dos filés	
	79
TABELA 24A	Análise de variância da porcentagem de cinzas dos filés	79
TABELA 25A	Análise de variância da perda de peso por cozimento dos filés	80
TABELA 26A	Análise de variância da matéria seca	80

ANEXO A

TABELA 1A Análise de variância para as porcentagens do AG C14:0

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	45,037619	11,259405	84,684	0,0000
Erro	30	3,988752	0,132958		
Total	34	49,026371			
CV (%) =	12,82				

TABELA 2A Análise de variância para as porcentagens do AG C16:0

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	632,350621	158,087655	127,267	0,0000
Erro	30	37,265137	1,242171		
Total	34	669,615759			
CV (%) =	5,31				

TABELA 3A Análise de variância para as porcentagens do AG C16:1ω7

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	289,325185	72,331296	67,152	0,0000
Erro	30	32,313947	1,077132		
Total	34	321,639133			
CV (%) =	13,50				

TABELA 4A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:0

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	28,122354	7,030589	35,862	0,0000
Erro	30	5,881370	0,196046		
Total	34	34,003724			
CV (%) =	9,14				

TABELA 5A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:1 ω 9

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	213,077688	53,269422	16,030	0,0000
Erro	30	99,694064	3,323135		
Total	34	312,771752			
CV (%) =	6,54				

TABELA 6A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:2 ω 6

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	7.425,218852	1.856,304713	651,154	0,0000
Erro	30	85,523793	2,850793		
Total	34	7.510,742646			
CV (%) =	8,09				

TABELA 7A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:3 ω 6

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	2,666162	0,666270	26,170	0,0000
Erro	30	0,763785	0,025459		
Total	34	3,428867			
CV (%) =	27,36				

TABELA 8A Análise de variância para as porcentagens do AG C18:3 ω 3

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	127,912093	31,978023	472,1333	0,0000
Erro	30	2,031928	0,067731		
Total	34	129,944021			
CV (%) =	15,08				

TABELA 9A Análise de variância para as porcentagens do AG C20:1 ω 9

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	13,863493	3,465873	15,895	0,0000
Erro	30	6,541366	0,218046		
Total	34	20,404859			
CV (%) =	30,81				

TABELA 10A Análise de variância para as porcentagens do AG C20:4 ω 6

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	76,451914	19,112979	76,878	0,0000
Erro	30	7,458397	0,248613		
Total	34	83,910311			
CV (%) =	14,17				

TABELA 11A Análise de variância para as porcentagens do AG C20:5 ω 3

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	0,098768	0,024692	1,880	0,1398
Erro	30	0,393958	0,013132		
Total	34	0,492726			
CV (%) =	55,92				

TABELA 12A Análise de variância para as porcentagens do AG C22:4 ω 6

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	7,024897	1,756224	21,623	0,0002
Erro	30	2,436635	0,081221		
Total	34	9,461532			
CV (%) =	27,47				

TABELA 13A Análise de variância para as porcentagens do AG C22:6 ω 3

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	18,059617	4,514904	34,971	0,0000
Erro	30	3,873085	0,129103		
Total	34	21,932702			
CV (%) =	20,71				

TABELA 14A Análise de variância do total de ácidos graxos saturados

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	1.359,773710	3.339,943428	162,487	0,0000
Erro	30	62,763864	2,092129		
Total	34	1.422,537575			
CV (%) =	5,03				

TABELA 15A Análise de variância do total de ácidos graxos monoinsaturados

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	1.206,623325	301,655831	60,683	0,0001
Erro	30	149,129680	4,970989		
Total	34	1.355,753005			
CV (%) =	6,00				

TABELA 16A Análise de variância do total de ácidos graxos poliinsaturados

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	6.453,192051	1.613,298013	316,606	0,0000
Erro	30	152,867864	5,0955595		
Total	34	6.606,059916			
CV (%) =	7,56				

TABELA 17A Análise de variância do total de AG da família ômega 6.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	5.361,333370	1.340,333342	312,893	0,0000
Erro	30	128,510555	4,283685		
Total	34	5.489,843924			
CV (%) =	7,90				

TABELA 18A Análise de variância do total de AG da família ômega 3

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	51,005690	12,751422	556,543	0,0000
Erro	30	6,765568	0,225519		
Total	34	57,771258			
CV (%) =	12,98				

TABELA 19A Análise de variância dos índices de TBAs

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	0,349584	0,089396	4,088	0,0092
Erro	30	0,641364	0,021379		
Total	34	0,990948			
CV (%) =	16,02				

TABELA 20A Análise de variância dos teores de colesterol

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	6.475,4690	1.618,8672	7,419	0,0005
Erro	30	5.237,2817	218,2200		
Total	34	11.712,75			
CV (%) =	8,32				

TABELA 21A Análise de variância da porcentagem de umidade dos filés

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	787,7347	196,9336	147,4630	0,0000
Erro	30	40,0643	1,3354		
Total	34	827,7991			
CV (%) =	1,58				

TABELA 22A Análise de variância da porcentagem de proteína dos filés

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	954,5706	238,6426	5,391	0,0030
Erro	30	1.062,3825	44,2659		
Total	34	2.016,9527			
CV (%) =	8,08				

TABELA 23A Análise de variância da porcentagem de extrato etéreo dos filés

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	570,8862	142,7215	66,259	0,0000
Erro	30	51,6956	2,1539		
Total	34	622,5818			
CV (%) =	15,07				

TABELA 24A Análise de variância da porcentagem de cinzas dos filés

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	7,3136	1,8284	3,551	0,0206
Erro	30	12,3572	0,5148		
Total	34	19,6708			
CV (%) =	15,59				

TABELA 25A Análise de variância da perda de peso por cozimento dos filés

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	1.840,5824	613,5274	306,713	0,0000
Erro	24	48,0080	2,0003		
Total	27	1.888,5904			
CV (%) =	4,38				

TABELA 26A Análise de variância da matéria seca.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	860,7747	215,1936	56,994	0,0000
Erro	24	90,6179	3,7757		
Total	27	951,3891			
CV (%) =	7,21				

