

**ALEXANDRE ALVES FERREIRA**

**PEIXE PIRANHA (*Pygocentrus nattereri*) DO PANTANAL:  
COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E MUDANÇAS COM O  
PROCESSAMENTO E ESTOCAGEM.**

**CAMPO GRANDE  
2010**

**ALEXANDRE ALVES FERREIRA**

**PEIXE PIRANHA (*Pygocentrus nattereri*) DO PANTANAL:  
COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E MUDANÇAS COM O  
PROCESSAMENTO E ESTOCAGEM.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Aiko Hiane.  
Co-orientador: Prof Dr. Manoel Mendes Ramos Filho.

**CAMPO GRANDE  
2010**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

ALEXANDRE ALVES FERREIRA

**PEIXE PIRANHA (*Pygocentrus nattereri*) DO PANTANAL:  
COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E MUDANÇAS COM O  
PROCESSAMENTO E ESTOCAGEM.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Resultado\_\_\_\_\_

Campo Grande (MS), 19 de Julho de 2010.

## BANCA EXAMINADORA

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Aiko Hiane - Presidente  
Instituição: UFMS

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Isabel Lima Ramos  
Instituição: UFMS

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raquel Pires Campos  
Instituição: UFMS

Prof<sup>a</sup> Dr. José Antonio Braga Neto - Suplente  
Instituição: UFMS

## DEDICATÓRIA

À minha mãe, **Cleide**, que me deu a vida e me ensinou a gostar de estudar, e dessa forma a realizar meus sonhos.

À minha eterna namorada e companheira, **Valeska**, pela dedicação, paciência e compreensão durante todo o período do mestrado.

## AGRADECIMENTOS

- Á Deus, a base da nossa existência;
- Á minha família, pela presença constante em minha vida;
- À Profª Drª Priscila Aiko Hiane, pela orientação, paciência, confiança dedicados à realização desse trabalho;
- Ao Prof Dr Manoel Mendes Ramos Filho, pelas orientações, correções e incentivo;
- À Profª Drª Maria Isabel Lima Ramos, pelo auxílio na execução do trabalho;
- Ao Prof. Dr. José Antônio Braga Neto, pelo tempo dedicado em nossas conversas nos laboratórios e corredoras;
- À Profª Drª Maria Lígia Rodrigues Macedo, pelas informações e conversas agradáveis;
- Aos professores e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) pela amizade e profissionalismo a mim dedicados.
- Aos técnicos do DTA, Osmar, Darli, Mariana, Sidnei, Lúcia e Márcio pela contribuição técnica e amizade.
- À PROPP/UFMS (Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul) pelo suporte financeiro nesta pesquisa.
- E a todos que não mencionei, mas que participaram de alguma forma nessa jornada.

## EPIÍGRAFE

“Ando devagar porque já tive pressa  
e levo esse sorriso, porque já chorei demais.  
Hoje eu me sinto mais forte, mais feliz quem sabe  
eu só levo a certeza de que muito pouco eu sei, eu nada sei.”

(Almir Sater e Renato Teixeira)

## **RESUMO**

### **Peixe piranha (*Pygocentrus nattereri*) do pantanal: composição em ácidos graxos e mudanças com o processamento e estocagem.**

No presente trabalho foi avaliada a qualidade nutricional, a composição em ácidos graxos, o efeito do processamento térmico e da estocagem no estado de conservação, de amostras do tecido muscular da piranha (*Pygocentrus nattereri*) proveniente da região do pantanal sul-mato-grossense. O tratamento térmico foi realizado após acondicionar cada amostra congelada, em papel alumínio, levando-se em seguida ao aquecimento em autoclave até a 121°C, sendo desligada imediatamente ao atingir a referida temperatura deixando-se resfriar normalmente. A amostra de piranha com tratamento térmico mostrou maior teor de proteína em comparação à amostra *in natura* (27,04% e 14,13% respectivamente); e em relação à quantidade de lipídios totais, a amostra *in natura* obteve maior teor que a amostra processada (respectivamente, 8,70% e 2,44%). O perfil de ácidos graxos mostrou-se semelhante para as amostras com e sem tratamento térmico, tendo como predominantes, os ácidos insaturados, e com maiores concentrações, o ácido palmítico e o ácido oléico, com valores, respectivamente de 21,53% e 28,49% e de 20,67% e 25,90%. A proporção de ácidos graxos das famílias  $\omega$ -3 (ômega-3) e  $\omega$ -6 (ômega-6) encontrados nas amostras com tratamento térmico e *in natura* foram respectivamente de 7,57% e 9,77% e de 4,69% e 4,45%. As amostras estudadas mostraram que os índices  $\omega$ -6/ $\omega$ -3, hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (HH) e de Trombogenicidade (IT) foram favoráveis quanto à qualidade nutricional. Apenas a razão polinsaturados/saturados (P/S) ficou abaixo do valor de referência. Os valores encontrados para as Bases Voláteis Totais (BVT) ficaram abaixo dos valores de referência para todas as análises realizadas, ao longo da estocagem. Em relação às Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), valores mostraram concentrações baixas de produtos de degradação dos lipídios, não caracterizando a rancificação oxidativa, após 45 dias de estocagem a -18°C.

**Palavras-chave:** piranha; *Pygocentrus nattereri*; perfil lipídico; qualidade nutricional; tratamento térmico.

### **ABSTRACT**

### **Piranha fish (*Pygocentrus nattereri*) from the pantanal: fatty acid composition and changes with processing and storage.**

In this study we evaluated the nutritional quality, fatty acid composition, the effect of thermal processing and storage in the state of preservation, in samples of muscle tissue of the piranha (*Pygocentrus nattereri*) fish from the Pantanal region of Mato Grosso do Sul. The heat treatment was realized after frozen each sample to be packaged in foil, then taking the heat in an autoclave up to 121°C, being switched off immediately to achieve this temperature leaving cool normally. The sample of heat treated piranha showed higher protein content compared to fresh sample (27.04% and 14.13%, respectively) and in relation to the amount of total lipids, the fresh sample had a higher content than sample processed (respectively, 8.70% and 2.44%). The fatty acid profile was similar for samples with and without heat treatment, being the predominant fatty acids, the insaturated acids, and with higher concentrations of the palmitic acid and oleic acid, showing values of respectively 21.53% and 28.49% and 20.67% and 25.90%. The proportion of the  $\omega$ -3 (omega-3) and  $\omega$ -6 (omega-6) fatty acid families found in the heat treated and fresh samples was respectively 7.57% and 9.77% and 4.69 and 4.45%. The studied samples showed  $\omega$ -6/ $\omega$ -3, hypocholesterolemic/hypercholesterolemic (HH) and thrombogenicity (IT) ratios as favorable nutritional quality indices. Only the polyunsaturated/saturated (P/S) ratio was lower than the reference value. The values found for the total volatile bases (BVT) were lower than the reference values for all the analysis, along the storage. In relation to Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS), values showed low concentrations of degradation products of lipids, not characterizing the oxidative rancidity, after 45 days of storage at -18°C.

Keywords: piranha; *Pygocentrus nattereri*, lipid profile, nutritional quality, heat treatment

### **LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1 – Características físicas (em g) da piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense..... 49
- Tabela 2 – Composição centesimal (g/100g, expressa em base úmida) do tecido muscular do filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense..... 50
- Tabela 3 – Perfil de ácidos graxos do tecido muscular de filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense em percentual e em gramas de ácidos graxos por 100g de massa muscular..... 53
- Tabela 4 – Índices de qualidade nutricional da fração lipídica da piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), proveniente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense..... 56
- Tabela 5 – Bases Voláteis Totais (BVT) (mg N/100g) do tecido muscular do filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense, armazenado em temperatura de -18°C..... 58

Tabela 6 – Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) (mg MDA/kg) do tecido muscular do filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense, armazenado em temperatura de -18°C..... 60

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1- <i>Pygocentrus nattereri</i> (Kner, 1858).....	22
Figura 2- Oxidação lipídica.....	29
Figura 3- Reação do teste de TBA do ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído..	34
Figura 4- Fluxograma da amostra <i>in natura</i> (sem tratamento térmico).....	40
Figura 5- Fluxograma da amostra com tratamento térmico.....	41
Figura 6- Método de determinação de substâncias reativas ao ácido Tiobarbitúrico (TBARS).....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva padrão de tetrametoxipropano (TMP) para determinação de TBARS.....	47
---	----

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Valores recomendados para a razão entre os ácidos graxos $\omega$ -6 e $\omega$ -3 na dieta.....	36
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Aldeído malônico ou Malonaldeído
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
BVT	Bases voláteis totais
CI	Conservation International do Brasil
DHA	Ácido docosahexaenóico
DMA	Dimetilamina
EPA	Ácido eicosapentaenóico
g	Gramas
HDL	High Density Lipoprotein
HH	Razão hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos
IA	Índice de aterogenicidade
IT	Índice de trombogenicidade
kg	Quilograma
LANARA	Laboratório Nacional de Referência Animal
LDL	Low Density Lipoprotein
MDA	Aldeído malônico ou Malonaldeído
mg	Miligrama
mL	Mililitro
MMA	Monometilamina
OTMA	Óxido de trimetilamina
P/S	Razão de ácidos graxos polinsaturados e saturados
PUFA	Ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa
TBA	Ácido tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico
TCA	Ácido tricloroacético
TEP	1,1,3,3-tetraetoxipropano
TMA	Trimetilamina

TMP	1,1,3,3-tetrametoxipropano
TXA2	Tromboxano A2
TXA3	Tromboxano A3
$\omega$ -3	Ômega-3
$\omega$ -6	Ômega-6
C14:0	Ácido mirístico
C15:0	Ácido pentadecanóico
C16:0	Ácido palmítico
C16:1 $\omega$ -7	Ácido palmitoleico
C17:0	Ácido margárico
C18:0	Ácido esteárico
C18:1 cis $\omega$ -9	Ácido oléico
C18:2 cis $\omega$ -6	Ácido linoléico
C18:3 $\omega$ -3	Ácido $\alpha$ - linolênico
C18:3 $\omega$ -6	Ácido $\gamma$ - linolênico
C20:0	Ácido araquídico
C20:1 $\omega$ -9	Ácido gadoléico
C20:2	Ácido 8,11-eicosadienóico
C20:3 $\omega$ -3	Ácido cis-11,14,17-eicosatrienóico
C20:3 $\omega$ -6	Ácido dihomogama-linoléico
C20:4 $\omega$ -6	Ácido araquidônico
C20:5 $\omega$ -3	Ácido eicosapentaenóico
C22:0	Ácido behenico ou docosanóico
C22:6 $\omega$ -3	Ácido docosahexaenoico
C23:0	Ácido tricosanóico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Considerações gerais.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Piranha.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3 Composição centesimal.....</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Ácidos graxos.....</b>	<b>23</b>
1.4.1 Fonte de ácidos graxos polinsaturados.....	25
1.4.2 Oxidação lipídica.....	26
<b>1.5 Bases voláteis totais (N-BVT).....</b>	<b>29</b>
<b>1.6 Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS).....</b>	<b>31</b>
<b>1.7 Qualidade nutricional da fração lipídica.....</b>	<b>34</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>38</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Material.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Métodos.....</b>	<b>39</b>
3.2.1 Tratamento das amostras.....	39

3.2.2 Composição centesimal.....	41
3.2.2.1 Umidade.....	41
3.2.2.2 Proteína.....	42
3.2.2.3 Resíduo mineral fixo.....	42
3.2.2.4 Lipídios totais.....	42
3.2.3 Composição em ácidos graxos.....	42
3.2.4 Qualidade nutricional da fração lipídica.....	44
3.2.5 Nitrogênio de bases voláteis totais (N-BVT).....	44
3.2.6 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	45
<b>3.3 Análise estatística.....</b>	<b>48</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Características físicas da piranha (Pygocentrus nattereri).....</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Composição centesimal.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3 Composição em ácidos graxos.....</b>	<b>52</b>
<b>4.4 Qualidade nutricional da fração lipídica.....</b>	<b>55</b>
<b>4.5 Bases voláteis totais (N-BVT).....</b>	<b>57</b>
<b>4.6 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....</b>	<b>59</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações gerais

O Pantanal é a maior área úmida situada na Bacia do Rio Paraguai no coração da América do Sul, entre os paralelos 15 e 22 sul e os meridianos 55 e 58 oeste. Com 365.000 km<sup>2</sup>, tendo uma área maior que a Grã-Bretanha. Aproximadamente 80% de sua extensão encontra-se no território brasileiro, o restante está distribuído entre a Bolívia e o Paraguai. O Pantanal é composto por um cinturão de planalto no entorno de uma planície de 140.000 km<sup>2</sup>. O ecossistema pantaneiro pode ser dividido em até 10 sub-regiões diferentes, cada uma com uma fisionomia, resultando de uma interação única dos fatores edáficos, hidrológicos e biogeográficos (LOURIVAL; HARRIS; MONTAMBAULT, 2000).

Conforme Hasenclever et al. (2002) da porção brasileira, localizada na região Centro-Oeste, 47,77% desta área pertencem ao Estado de Mato Grosso (MT) e 52,23% ao Estado de Mato Grosso do Sul (MS). Dessa área, cerca de 64% correspondem a planaltos e 36% a planícies.

O Pantanal abriga pelo menos 3.500 espécies de plantas, 264 de peixes, 652 de aves, 102 de mamíferos, 177 de répteis e 40 de anfíbios, porém os níveis de endemismo lá encontrados, não são tão pronunciados como os do cerrado. A fauna do Pantanal é em grande parte derivada do Cerrado, com influências amazônicas. Mesmo assim, existem indicações que muitas das espécies de água doce do Pantanal permanecem desconhecidas. Um dos aspectos mais interessantes do Pantanal é a alta densidade de diversas espécies dos grandes vertebrados, essa quantidade não é encontrada em nenhum outro lugar do continente. Inventários feitos pelo Instituto Conservation International do Brasil (CI) revelaram densidades médias de até 4,3 jacarés, 1,8 capivaras e 0,3 cervos por km<sup>2</sup>. Isto proporciona um enorme potencial para ecoturismo e manejo de vida silvestre (LOURIVAL; HARRIS; MONTAMBAULT, 2000).

A região tem grande importância como local de desova para muitas espécies comerciais de peixes de água doce. Estas características são responsáveis pela inclusão do Pantanal como “Patrimônio Nacional” na Constituição Brasileira de 1988, e pela

inclusão da área na Convenção RAMSAR de Áreas Úmidas de Importância Internacional. A pesca, uma das principais atividades econômicas do Pantanal e de toda a Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso do Sul, é realizada nas modalidades profissional artesanal, esportiva e de subsistência (CATELLA, 2003; 2004; RESENDE et al., 2006; ZUNTINI et al., 2004).

Estudos realizados visando avaliar o nível de exploração dos estoques pesqueiros das principais espécies como o barbado (*Pinirampus pirinampu* e *Luciopimelodus* Pat), cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*), dourado (*Salminus maxillosus*), jaú (*Paulicea luetkeni*), jurupensém (*Sorubim* cf *lima*), jurupoca (*Hemisorubim platyrhynchos*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), piavuçu (*Leporinus macrocephalus*), pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), piranha (*Pygocentrus nattereri* e *Serrasalmus* spp), piraputanga (*Brycon hilari*), curimatá (*Prochilodus lineatus*), tucunaré (*Cichla* SP) e para as demais espécies não discriminadas reunidas em “outras espécies”, capturadas pela pesca profissional artesanal e esportiva entre 1994 e 1999 no Pantanal sul-matogrossense, sugeriram que os estoques encontravam-se, em sua maioria, subexplorados nesse período (CATELLA, 2001, 2003; CATELLA; ALBUQUERQUE; CAMPOS, 2002).

O pescado e seus produtos são reconhecidamente importantes alternativas alimentares para a população humana, pois representam fontes de proteínas de alta qualidade e boa digestibilidade, lipídios, minerais e vitaminas lipossolúveis (CHANDRASHEKAR; DEOSTHALE, 1993; ISMAIL; IKRAM, 2004; ARANNILEWA et al., 2005). E podem ainda constituírem-se como boas fontes de ácidos graxos polinsaturados, especificamente os da série ômega-3, que são importantes para a promoção e manutenção da saúde (ROSE; CONNOLLY, 1999; LARSSON et al., 2004; HARRIS, 2005).

Entre os produtos de origem animal, o peixe é o mais susceptível ao processo de deterioração devido, entre outros fatores, ao pH próximo à neutralidade, à riqueza em lipídios polinsaturados e à ação proteolítica de enzimas naturalmente presentes no pescado. As reações autolíticas que influenciam as características sensoriais ocorrem no músculo do pescado imediatamente após a sua morte (REDDY; SRIKAR, 1991; ALMEIDA et al., 2005).

O congelamento é um processo largamente utilizado para preservação dos peixes, tanto no ambiente doméstico, quanto no comercial, entretanto, o mesmo não impede mudanças físico-químicas e biológicas na estrutura muscular do pescado, as quais podem comprometer a qualidade sensorial e funcional (ANESE; GORMLEY, 1996; HUIDOBRO et al., 1998). Alterações como desnaturação protéica, diminuição da água livre, formação de cristais de gelo, oxidação e hidrólise de lipídios, interações lipídio-proteínas e proteína-carboidrato e formação de ácidos graxos livres podem ocorrer em pescados congelados (SGARBIERI, 1996; UNDELAND et al., 1998).

O crescimento da aqüicultura brasileira é resultado da maior demanda do produto decorrente de sua maior aceitação no mercado e da imagem favorável propagada pelos profissionais da área da saúde. Nesse sentido, algumas pesquisas relacionam hábitos alimentares, níveis de colesterol e de triacilgliceróis no sangue a doenças cardiovasculares (HUTTER; LANG, 1996; SINCLAIR, 1953).

As embalagens dos alimentos trazem rótulos com apresentação da informação nutricional, de acordo com o estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, por meio da Resolução RDC n° 360, de 23 de dezembro de 2003, (ANVISA, 2003) e isso permite 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 conteúdo nutricional dos alimentos após o preparo não estão disponíveis aos consumidores, e são pouco conhecidas.

Os processos de cozimento 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, produz diversas modificações nos componentes químicos do produto in natura, incluindo composição de ácidos graxos, teores de vitaminas, conteúdo de colesterol, teores e forma das proteínas (BADIANI et al., 2002; POTTER; HOTCHKISS, 1995; ROSA, 2003).

A velocidade com que o pescado se deteriora está relacionada com diversos parâmetros. A compreensão dos diversos fatores pode ser medida por diferentes

métodos sensoriais e físico-químicos. Em geral a velocidade de deterioração depende das condições de armazenamento, sendo mais rápida no pescado pequeno, maior para o pescado com alto teor de lipídios, também é maior em peixe cartilaginoso do que em peixe ósseo. Assim, têm-se diversos fatores a considerar e muitos ainda continuam no nível de hipóteses (HUSS, 1998).

A utilização de biossensores para avaliar a qualidade dos alimentos vem sendo estudada e utilizada pelo setor industrial. Assim, encontram-se vários trabalhos desenvolvidos com a aplicação de biossensores em diferentes áreas (DRAISCI et al., 1998; GHOSH et al., 1998; LIMA; SOUZA; ANGNES, 1999; SHEN; YANG; PENG, 1996; VENUGOPAL et al., 2000).

As alterações bioquímicas, físico-químicas e microbiológicas que ocorrem no pescado após serem sacrificados dependem de vários fatores. Entre eles, o modo de abate, a concentração de enzimas endógenas e a contaminação microbiana. O manejo dos peixes no momento do sacrifício, e as condições de armazenagem são efeitos importantes ao avaliar as qualidades microbiológicas, químicas e sensoriais das espécies (OZOGUL; OZOGUL, 2004).

Segundo Sikorski, Kolakowska e Burt (1990), as questões básicas que afetam a qualidade do pescado são os fatores indutores do metabolismo anaeróbio, estado de acidez muscular, contagem inicial das bactérias e temperatura.

Apesar da diversidade da ictiofauna e do potencial comercial de muitas espécies nativas, o Brasil ainda é muito carente de dados de composição química e do efeito da estocagem sob congelamento sobre a constituição da carne de peixe. Dessa forma, pesquisas nessa área revestem-se de grande importância, pois fornecem informações imprescindíveis para o manejo nutricional desse alimento para a indústria de processamento de pescado e para a piscicultura intensiva. Assim como os trabalhos que relatam o efeito de algum procedimento térmico (cozimento) sobre a estabilidade dos ácidos graxos também são imprescindíveis e escassos.

## 1.2 Piranha

Peixes de escamas, de água doce, ocorrem no Brasil várias espécies pertencentes aos gêneros *Serrasalmus*, *Pygocentrus* e *Pigopristis*. Possui corpo chato, em formato discóide, com movimentos rápidos e na maioria das vezes em grupo. O tamanho varia entre 18 e 45 cm, os dentes da piranha são pequenos, porém possuem mandíbulas adaptadas e de alto poder de corte que funcionam como navalhas (SANTOS et al., 2004).

Seu comportamento agressivo pode ser considerado muitas vezes exagerado, pois apesar de ser um peixe predador, sua dieta consiste de pequenos peixes, pássaros e animais que caem dentro d'água que elas habitam. O nome piranha é derivado do Tupi-guarani; originado da composição das palavras 'pirá', significando 'peixe', e 'ranha', significando 'dente' (SANTOS et al., 2004).



**Figura 1** - *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858).  
Fonte: Santos et al. (2004).

### **1.3 Composição centesimal**

A composição centesimal representa o conhecimento em porcentagem do constituinte de umidade, proteína, lipídios e cinza. O equilíbrio entre esses constituintes e sua variabilidade após a morte tem influência na qualidade dos peixes e representa fator importante para a indústria e consumidores (LOVE, 1992).

Análises mostram que a composição química dos peixes é bastante variável, indicando inclusive variações entre indivíduos da mesma espécie. Essas diferenças são influenciadas por fatores intrínsecos, como desova e migração, e fatores extrínsecos, como a escassez de alimentos (HUSS, 1998).

Os músculos dos peixes apresentam teores entre 50 a 80% de umidade, tendo assim, a água como participante de diversas reações no tecido muscular, conferindo propriedades reológicas ao mesmo (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1990).

### **1.4 Ácidos graxos**

Os lipídios são um grupo heterogêneo de moléculas orgânicas insolúveis em água (hidrofóbicas). Devido a sua insolubilidade em soluções aquosas, os lipídios corporais são encontrados geralmente compartimentalizados, como no caso de lipídios associados a membranas e gotículas de triacilgliceróis nos adipócitos (que são os mais abundantes no corpo humano e em alimentos), ou ainda transportados pelo plasma em associação a proteínas em forma de partículas lipoprotéicas. Os lipídios fornecem a barreira hidrofóbica que permite a partição do conteúdo aquoso das células e estruturas subcelulares (BRUSCHI, 2001).

São pouco solúveis em água e formam um grupo heterogêneo de compostos relacionados aos ácidos graxos. São constituintes importantes da dieta, não só pelo seu elevado valor energético como também, pelas vitaminas lipossolúveis A, D, E e K, e ácidos graxos essenciais, ácido linoléico e alfa linolênico, encontrados nas gorduras dos alimentos (CHAMPE; HARVEY, 2000; PRATT; CORNELEY, 2006).

Algumas vitaminas lipossolúveis possuem funções reguladoras ou de coenzimas, e as prostaglandinas e os hormônios esteróides desempenham papéis importantes no controle da homeostasia corporal. Sendo assim, não surpreende que deficiências ou desequilíbrios no metabolismo lipídico possam levar a alguns dos principais problemas clínicos encontrados pelos médicos, a arteriosclerose e a obesidade (STANBY, 1990).

Entretanto, a composição dos lipídios marinhos é bem mais complexa que a dos lipídios de animais e plantas terrestres. A longitude da cadeia carbônica oscila geralmente entre 14 a 24 átomos de carbono, podendo conter ou não várias insaturações em sua cadeia. Dentro destes ácidos graxos polinsaturados, se destacam principalmente os da família ômega-3 ( $\omega$ -3) e ômega-6 ( $\omega$ -6), aos quais são atribuídos vários efeitos benéficos à saúde humana. Alguns destes ácidos graxos, como alguns aminoácidos encontrados no pescado, são essenciais, não sendo sintetizados pelo organismo, sendo sua única fonte a alimentação (BRUSCHI, 2001).

Os ácidos graxos polinsaturados denominados  $\omega$ -6, como o ácido linoléico, reduzem os níveis de colesterol plasmático, tanto o colesterol-LDL (Low Density Lipoprotein) quanto o colesterol-HDL (High Density Lipoprotein). Estes ácidos são encontrados em óleos vegetais, incluindo os óleos de milho, açafrão, soja e girassol (CHAMPE; HARVEY, 2000).

Ainda segundo Champe e Harvey (2000) dietas ricas em gorduras contendo ácidos graxos polinsaturados denominados  $\omega$ -3, por exemplo o ácido linolênico, promovem uma redução nos níveis de triacilgliceróis plasmáticos e inibem a conversão de ácido araquidônico (C20:4  $\omega$ -6) em tromboxano A2 (TXA2), que é trombogênico, e aumentam a síntese de tromboxano A3 (TXA3), que é menos

trombogênico que o A2, pelas plaquetas. Esses ácidos graxos são encontrados em óleos de peixes, como o carapau, anchovas, salmão, sardinhas e arenque.

Gorduras monoinsaturadas encontradas no azeite de oliva e óleo de canola são tão efetivas quanto às gorduras polinsaturadas em reduzir o colesterol no sangue. Estas gorduras diminuem o colesterol-LDL, mas não alteram os níveis de colesterol-HDL (PRATT; CORNELEY, 2006).

#### 1.4.1 Fonte de ácidos graxos polinsaturados

O conteúdo lipídico do pescado varia entre as espécies e com a época do ano, sendo sensivelmente menor após a desova devido à mobilização de lipídios para a mesma (ITÔ; SANCHES; SILVA, 1969; ROMERO et al., 1996; BANDARRA et al., 1997; GÁMEZ-MEZA et al., 1999); nesse caso, uma relação inversa entre os lipídios e a umidade é observada no pescado. No caso da sardinha brasileira (*Sardinella brasiliensis*), Itô et al. (1969) relataram variação lipídica de 1,6 a 7,1 g/100g (valores ascendentes do verão para o outono, com máximo em abril/maio, decréscimo até outubro e novamente ascendente até o fim do ano) e Luzia et al. (2003), 4,00 e 10,62 g/100g, no verão e inverno, respectivamente. Silva, Kuga e Mancini-Filho (1993) relataram lipídios totais entre 2,23 e 3,54 g/ 100 g.

A fração lipídica do pescado marinho chama a atenção pelo perfil rico em certos ácidos graxos polinsaturados (com até 6 insaturações) de cadeia longa (com até 22 átomos de carbono). São referidos como LCPUFA (long chain polyunsaturated fatty acids, ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa) ou simplesmente PUFA. Esses ácidos graxos dividem-se em duas séries: uma derivada de sucessivas elongações e dessaturações, a partir do ácido graxo essencial linoléico (C18:2); e, a outra, formada por processos similares a partir do ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3). A série formada a partir do ácido linoléico é chamada ômega-6, enquanto a oriunda do ácido  $\alpha$ -linolênico, é dita ômega-3. As duas séries competem entre si pelas mesmas enzimas, cujos produtos finais são os eicosanóides (UYAU; VALENZUELA, 2000).

Os ácidos graxos polinsaturados da família  $\omega$ -3 dão origem a eicosanóides com maior atividade vasodilatadora e menor efeito agregador de plaquetas e os da família  $\omega$ -6 originam os eicosanóides com efeitos inversos (ou seja, menor vasodilatação e maior agregação de plaquetas). O mais importante representante da série  $\omega$ -6 é o ácido araquidônico (C20:4); em relação à série  $\omega$ -3 são os ácidos eicosapentaenóico (EPA, C20:5) e docosahexaenóico (DHA, C22:6). A competição dos PUFA  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 pela  $\Delta$ -6 dessaturase é da maior importância, por ser controlada pela interação entre hormônios e dieta, incluindo a proporção entre os ácidos linoléico (C18:2) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3) (UAUY; VALENZUELA, 2000).

O EPA e o DHA correspondem em cerca de 15% a 25% do óleo de peixe. Tanto o EPA quanto o DHA podem aliviar desordens devidas à produção excessiva de eicosanóides pró-inflamatórios e agregadores de plaquetas, ao modularem a síntese de ácido araquidônico e reduzirem a colesterolemia e lipoproteínas de baixa densidade (LDL) séricas (VENUGOPAL; SHAHIDI, 1996). Enquanto o EPA está mais relacionado à prevenção das doenças cardiovasculares, o DHA é mais efetivo nos processos de neurogênese, sendo mais importante para o feto e o lactente (UAUY; VALENZUELA, 2000).

A primeira evidência sobre a importância dos PUFA  $\omega$ -3 veio com a observação de que os esquimós, apesar de tradicionalmente consumirem grandes quantidades de óleo de mamíferos e peixe “gordo” marinhos, tinham menor tendência à doença coronariana (GROOM, 1993). As fontes de EPA e DHA são o fitoplâncton, a base de toda a cadeia alimentar marinha (CONNOR, 1997).

#### 1.4.2 Oxidação lipídica

O lipídio é a principal fonte de energia para os animais. Nos peixes, a quantidade é muito variável, mas em geral, peixes fluviais e lacustres apresentam tendência de ter maior quantidade de lipídio do que os peixes marinhos (CONTRERAS-GUZMAN, 1994).

Os lipídios dividem-se em dois grupos: o triacilglicerol e os fosfolipídios, e colesterol. O desenvolvimento da oxidação das gorduras em peixes depende da temperatura de estocagem, com o passar do tempo ocorre o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis. Love (1992) relata que o sabor indesejável observado no bacalhau foi devido a presença do cis-4-heptanal resultado da oxidação de ácidos graxos polinsaturados. O que se observa é que o alto teor de ácidos graxos insaturados mesmo em espécies magras como o bacalhau pode ocasionar problemas na qualidade com relação à oxidação da gordura.

O efeito da temperatura e do tempo de estocagem sobre o desenvolvimento da rancidez oxidativa e hidrolítica tem sido objeto de várias pesquisas para a determinação da qualidade e vida útil do pescado (AUBOURG; RODRIGUEZ; GALLARDO, 2005; AUBOURG; UGLIANO, 2002; ARO et al. 2005; AUBOURG, 1999; JESUS, 1999).

Estudos também foram realizados para avaliar a ação de compostos antioxidantes (vitamina E) na estabilidade de filés congelado e refrigerado de truta (JITTINANDANA et al. 2006). Eles verificaram que alimentando as trutas com teor de 5000 mg/kg deste antioxidante observa-se acentuada melhoria na qualidade dos filés, compensando o aumento no custo da ração.

O interessante é que para transformar o pescado em um produto de qualidade, primeiramente a matéria-prima deve ter qualidade. Foi pensando nisso que Losada et al. (2006) avaliaram a qualidade da sardinha antes e depois de ser processada a quente, acondicionada em recipiente hermeticamente fechado. Os autores estocaram a sardinha de 2 a 5 dias em dois tipos de gelo, em escamas e em pequena partícula (triturado), processaram e avaliaram a rancidez do material enlatado, concluindo que a sardinha tratada com o gelo em partícula inibiu mais eficientemente o processo de oxidação, por consequência obtendo-se um produto de melhor qualidade.

Lipídios estão sujeitos à ação de espécies químicas altamente reativas, como oxigênio, radicais livres ou enzimas (principalmente lipoxigenases). Como resultado dessas reações, formam-se hidroperóxidos instáveis, que tendem a se decompor em

radicais peróxi ou alcóxi. Esta fase inicial do evento é conhecida como peroxidação lipídica. Os peróxidos, por sua vez, oxidam as substâncias lipídicas ou se convertem a compostos carbonílicos, mais estáveis, sendo o principal deles o aldeído malônico (AM). Tais compostos carbonílicos formados são genericamente denominados substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico - TBARS (**thio**barbituric **a**cid **r**eacting **s**ubstances). O AM pode interagir com outros compostos tais como aminas, nucleosídeos, ácidos nucleicos, proteínas, aminoácidos ou outros aldeídos, também produtos finais da oxidação lipídica (SHINMOTO; DOSAKO; NAKAJIMA, 1992; AUBOURG, 1993; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

A peroxidação lipídica é um fenômeno inevitável, intimamente ligada à rancidez e capaz de propagar-se por reação em cadeia. Tal reação em cadeia também é dita autooxidação, porém necessita de um catalisador que converta o oxigênio triplete em singlete. Isto pode ocorrer via radiações, ou por agentes redutores, enzimáticos ou não. Uma vez iniciada por algum catalisador, o fenômeno, aí sim, torna-se auto-oxidativo, visto que os produtos da reação catalisarão novas reações, em geral descritas em termos de iniciação, propagação e término (SIMEONIDOU; GOVARIS; VARELTZIS, 1998).

Na iniciação ocorre a subtração de um átomo de hidrogênio de um grupo metilênico (LH) entre duas duplas ligações cis de um ácido graxo insaturado, com a formação de um radical alílico estável com deslocamento de elétrons ao longo de três átomos de carbono. Na fase de propagação, o radical lipídico (L\*) formado na iniciação reage com oxigênio molecular para formar radicais peroxila (LOO\*) que, por sua vez, reagirão com as cadeias laterais de outras moléculas de ácidos graxos polinsaturados, formando hidroperóxidos lipídicos (LOOH) e radicais lipídicos (L\*), estes últimos sofrendo uma estabilização de ressonância que resulta numa mistura de hidroperóxidos isoméricos contendo grupos de dienos conjugados (KUBOW, 1992).

Os hidroperóxidos recém-formados podem subtrair átomos de hidrogênio de outras cadeias laterais de ácidos graxos polinsaturados e assim propagar a reação. A subtração de átomos de hidrogênio por radicais peroxila é o passo mais lento e limitante da propagação. O fenômeno entra em fase de término com a remoção de

radicais livres, seja pela combinação de radicais formando polímeros não-radicalares (importante em baixas concentrações de oxigênio no interior do sistema lipídico) ou pela presença de hidrogênio ou outro doador de elétrons (anti-oxidantes) (KUBOW, 1992), todo o processo de oxidação lipídica está representado na Figura 2.

É reconhecida na oxidação de ácidos graxos insaturados a formação de aldeído malônico, principal produto secundário na oxidação lipídica, considerado potencialmente cancerígeno e/ou mutagênico. Por mecanismos semelhantes, o colesterol também pode ser concomitantemente oxidado, formando óxidos com propriedades citotóxicas, aterogênicas, cancerígenas e mutagênicas. A oxidação do colesterol é melhor observada no processamento e/ou estocagem (MORALES-AIZPURÚA; TENUTA-FILHO, 2002).

Iniciação	$X^* + LH \rightarrow L^* + XH$
Propagação	$L^* + O_2 \rightarrow LOO^*$ $LOO^* + LH \rightarrow L^* + LOOH$
Término	$LO^* + LO^*$ $LOO^* + LOO^*$ } Polímeros Não Radiculares $L^* + L^*$ $LOO^* + L^*$

**Figura 2** – Oxidação lipídica. X\*= Espécie química altamente reativa; LH= Ácido graxo insaturado; L\*= Radical lipídico; LOO\*= Radical peroxila; LOOH= Hidroperóxido lipídico; LO\*= Radical alcóxila. Fonte: Kubow (1992)

### 1.5 Bases voláteis totais (N-BVT)

A carne do pescado apresenta alto conteúdo de nitrogênio protéico e não protéico. Em pescado magro, o nível de bases voláteis totais, é resultante de processo autolítico que age na hidrólise das proteínas, no desdobramento enzimático endógeno da creatinina e do óxido de trimetilamina (OTMA), este último não está presente em peixes de água doce. As enzimas endógenas são as principais responsáveis pela perda do frescor nos primeiros momentos post-mortem,

além do que o baixo conteúdo de glicogênio no tecido muscular conduz a um valor de pH geralmente acima de seis. Nos dias seguintes, o principal responsável pela perda do frescor são as enzimas produzidas pelas bactérias. Por outro lado, em peixes de água doce, onde o OTMA não está presente, espera-se um nível de bases voláteis geralmente baixo e o principal responsável pelo aumento do pH vem do processo de deterioração conduzido pela ação das enzimas exógenas das bactérias específicas de deterioração (HUSS, 1997; GRAM e HUSS, 1996; KYRANA; LOUGOVOIS, 2002).

As bases voláteis totais são formadas pelo amoníaco (amônia), trimetilamina (TMA), dimetilamina (DMA) e monometilamina (MMA). O composto mais acentuado é o amoníaco produzido principalmente pelas enzimas endógenas e de origem bacteriana (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; PAN, 1990).

Peixes marinhos e peixes de água doce de acordo com Contreras-Guzman (1994) quando armazenados em gelo apresentam evolução no teor de BVT diferentemente. A comparação entre essas espécies mostra que nem sempre as espécies de água doce alcançam o limite de aceitação do pescado de 30 mg N/100g durante o período de estocagem (CONNELL, 1995).

Porém, esse valor nem sempre é o mesmo para todas as espécies, o que torna importante a realização de estudos para determinar o nível para cada uma delas. Esse limite internacional foi adotado pelo Governo Brasileiro (BRASIL, 1980), acima desse limite o pescado não está apto ao consumo (SÃO PAULO, 1991). O método quantifica, além das bases já presentes no pescado fresco, produtos da degradação microbiológica e/ou autolítica de compostos nitrogenados.

As principais bases nitrogenadas envolvidas são amônia, MMA, DMA e TMA, encontradas no músculo do pescado em proporções variáveis segundo a espécie e o estado de deterioração da amostra. O pH do músculo encontra-se entre 7,0 e 7,5 (exceto em avançado estado de deterioração) e, sob tais condições, estes compostos, que em um pH elevado são gases à temperatura ambiente, encontram-se em sua forma iônica e são completamente solúveis em água. O método fundamenta-se na elevação do pH para levar os compostos nitrogenados à sua

forma não-iônica, volátil. No método por destilação, o pH da solução deve ser de no mínimo 10,6 para que as bases estejam 99% livres, o que se consegue com adição de solução de hidróxido de sódio ao extrato de músculo de pescado em ácido tricloroacético previamente obtido (GIANNINI, 2003).

Segundo Davis (1995) o método de quantificação do N-BVT é preconizado nos procedimentos de fiscalização da qualidade do pescado por diversos organismos oficiais, como o LANARA – Laboratório Nacional de Referência Animal (BRASIL, 1981), Instituto Adolfo Lutz (1985), AOAC - Association of Official Analytical Chemists (1980) e Analytical Methods Committee (1979), sendo a técnica não-sensorial mais usada na garantia de qualidade industrial.

Como as bases voláteis totais incluem a amônia, que está presente no pescado fresco, os valores iniciais são bem acima de zero. O músculo branco de pescado magro, por exemplo, apresenta N-BVT ao redor de 20 mg/ 100 g. À medida que o pescado se degrada, há aumento exponencial no valor de N-BVT e da contagem bacteriana (DAVIS, 1995).

## **1.6 Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS)**

Um dos índices mais utilizados para verificar a qualidade do pescado é o índice de TBA. Osawa, Felício e Gonçalves (2005) revisaram vários métodos para determinação do TBA, bem como os valores do índice TBA com relação à análise sensorial. Foi constatado que para peixes congelados, com índices menores do que 0,6 mg/kg os exemplares eram considerados não rancificados, entre 0,7 a 1,4 de qualidade aceitável e maiores do que 1,5 apresentavam-se ligeiramente rancificados. Contudo, os valores de TBA variam bastante, pois dependem do perfil de ácidos graxos e das limitações dos testes.

Diferentemente do N-BVT (Nitrogênio das Bases Voláteis Totais), que é um índice com força legal, valores de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido TioBarbitúrico) não foram ainda estabelecidos, acima dos quais o pescado está oxidado sob o ponto de vista lipídico e/ou impróprio ao consumo.

O teste de TBARS é vastamente utilizado para avaliar peroxidação lipídica em produtos cárneos frescos e congelados, mas não serve para produtos fritos nem liofilizados. TBARS são produzidas em quantidades consideráveis a partir de ácidos graxos contendo três ou mais insaturações. O fundamento teórico proposto para o método é a formação de um cromógeno róseo a partir da condensação de duas moléculas de ácido tiobarbitúrico (TBA) com uma de aldeído malônico (WILKINSON et al., 2001), muito embora possa haver a formação de cromógenos alaranjados ou amarelos por interferência de outros compostos (GUILLÉN-SANS; GUZMÁN-CHOZAS, 1998).

A reação ocorre em meio ácido (pH 1-2) e alta temperatura (cerca de 100°C) visando a aumentar sua velocidade e sensibilidade. Como padrão para análise quantitativa usa-se o 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP), que libera etanol e aldeído malônico após hidrólise ácida. Outros aldeídos não provenientes da degradação lipídica (acetaldeído e produtos de reações de Maillard) podem reagir com o TBA, especialmente quando a concentração de aldeído malônico é pequena. Sacarose e glicose, dentre outros açúcares, podem apresentar sinergismo na formação de TBARS, desta forma superestimando o resultado do teste. Além disto, o aldeído malônico pode não reagir com o TBA estando complexado com outros compostos (SILVA et al., 1999).

Mesmo com as limitações inerentes, a determinação de TBARS é a mais empregada em estudo sobre pescado, tanto pela simplicidade quanto pela eficiência com que se correlaciona com os eventos oxidativos lipídicos.

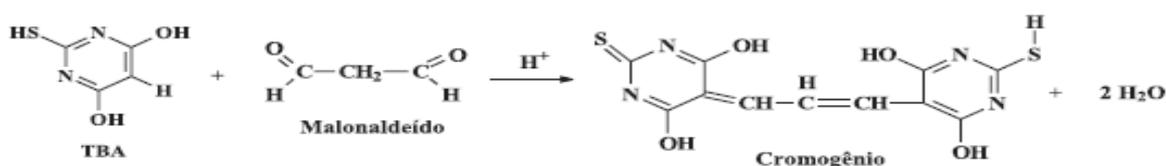
Dentre os diversos protocolos possíveis para a aplicação do método, a extração da amostra é feita em ácido tricloroacético (TCA) previamente à reação com TBA, o que parece ser o mais adequado por evitar a exposição da matriz cárnea diretamente ao tratamento térmico. Interferências por proteínas, pigmentos,

aldeído fórmico e íons metálicos parecem desprezíveis (FERNÁNDEZ; PÉREZ-ÁLVAREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1997). O tempo de aquecimento entre a adição do reativo (TBA) e a amostra varia entre 5 e 60 minutos (BENZIE, 1996).

Apesar de suas limitações, o método mais usual na avaliação da oxidação de lipídios em carnes e produtos cárneos é o teste de TBA, devido à sua simplicidade e rapidez (GRAY, 1978; TARLADGIS; PEARSON; DUGAN, 1962; RAHARJO; SOFOS, 1993). O teste de TBA quantifica o malonaldeído (MDA) ou aldeído malônico, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos polinsaturados, formado durante o processo oxidativo – o MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3. É um teste altamente empírico e foi sugerido primeiramente por Patton, Keeney e Kurtz em 1951 para leites e produtos lácteos (CECCHI, 1999; MEHLENBACHER, 1960).

A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído (Figura 3), produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (de acordo com a metodologia, esse comprimento de onda pode variar, situando-se ao redor de 500 a 550 nm). A formação do composto TBA-MDA, na proporção de 2:1, é possivelmente iniciada pelo ataque nucleofílico, envolvendo o carbono 5 do TBA e o carbono 1 do MDA, seguido de desidratação e reação similar subsequente do composto intermediário com uma segunda molécula de TBA, na proporção de 1:1 (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005).

A quantificação de malonaldeído é feita a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas de malonaldeído. Os padrões mais freqüentemente utilizados são 1,1,3,3-tetrametoxipropano (TMP) e 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) que, nas condições ácidas do teste, sofrem hidrólise, resultando na liberação do malonaldeído. Os resultados são expressos em unidades de absorvância por unidade de massa de amostra ou em “valor de TBA” ou “número de TBA”, definidos como a massa, em mg, de malonaldeído por kg de amostra (ANGELO, 1996; SINNHUBER; YU, 1958; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; ROBARDS; KERR; PATSALIDES, 1988).



**Figura 3.** Reação do teste de TBA do ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído.

Particularmente para carnes, pescados e derivados, a informação do número de TBA é bastante relevante. Processos envolvidos na elaboração de produtos cárneos que incluam moagem, mistura e cozimento, favorecem a formação do malonaldeído, sendo fundamental o emprego do teste na avaliação da qualidade do produto final (GRAY, 1978; SQUIRES et al., 1971; RAHARJO; SOFOS, 1993; HAMILTON; ROSSELL, 1986). Já para pescados e produtos à base de peixe, o teste é um dos mais adequados na predição da rancidez, apesar da reação não ser específica e estar sujeita à ação de interferentes (ALDOMÁS et al., 1986).

### 1.7 Qualidade nutricional da fração lipídica

Os índices de aterogenicidade (IA) e de trombogenicidade (IT) indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária, isto é, quanto menores os valores de IA e IT, maior é quantidade de ácidos graxos anti-aterogênicos presentes em determinado óleo/gordura e conseqüentemente, maior é o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas (TURAN; SÖNMEZ; KAYA, 2007).

Apesar dos ácidos graxos saturados possuírem a característica de elevar os níveis de LDL-colesterol e reduzir os níveis de HDL-colesterol (o que contribui para a elevação dos riscos de doença coronariana), estes ácidos, no entanto, não apresentam o mesmo efeito hipercolesterolêmico, e dentre estes os que apresentam maior poder hipercolesterolêmico ou aterogênico são os ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) e láurico (12:0), em ordem decrescente de atividade. O ácido esteárico (18:0), apesar de saturado, parece não possuir efeito sobre as lipoproteínas sanguíneas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005; DRISKELL, 2006).

Alimentos que apresentam a razão de ácidos graxos polinsaturados e saturados (P/S) abaixo de 0,45 têm sido considerados como indesejáveis à dieta pelo Department of Health and Social Security (1984), por sua potencialidade na indução do aumento de colesterol sanguíneo. No entanto, o índice P/S avaliado isoladamente tem recebido restrições, uma vez que não considera os efeitos metabólicos dos ácidos graxos monoinsaturados (LIRA et al.,2004).

Conforme Emken, Adlof e Gulley (1994) os ácidos graxos das famílias  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 competem pelas enzimas envolvidas nas reações de dessaturação e alongamento da cadeia. Embora essas enzimas tenham maior afinidade pelos ácidos da família  $\omega$ -3, a conversão do ácido alfa-linolênico em AGPI-CL é fortemente influenciada pelos níveis de ácido linoléico na dieta. Assim, a razão entre a ingestão diária de alimentos fontes de ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 assume grande importância na nutrição humana, resultando em várias recomendações que têm sido estabelecidas por autores e órgãos de saúde, em diferentes países (SCIENTIFIC REVIEW COMMITTEE, 1990; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995; NORDIC COUNCIL OF MINISTERS, 1996; SIMOPOULOS, 1999; KRIS-ETHERTON et al., 2000; CHARDIGNY; BRETILLON; SÉBÉDIO, 2001; SCHAEFER, 2002).

Os valores relacionados no Quadro 1 evidenciam a tendência de convergência da razão entre os ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 para o intervalo de 4:1 a 5:1. As razões de 2:1 a 3:1 têm sido recomendadas por alguns autores, por possibilitar uma maior conversão do ácido alfa-linolênico em DHA, que alcança o seu valor máximo em torno de 2,3:1, conforme demonstrado por Masters (1996). Assim, as razões entre 2:1 e 4:1 têm maior importância para pessoas com hábitos alimentares que resultam em uma baixa ingestão de EPA e DHA.

**Quadro 1.** Valores recomendados para a razão entre os ácidos graxos  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 na dieta.

País ou Instituição	Razão $\omega$ -6/ $\omega$ -3	Referências
Canadá	4:1 – 10:1	SRC (1990)
EUA	2:1 – 3:1	Simopoulos; Leaf; Salem (1999)
EUA	4:1	Schaefer (2002)
França	5:1	Chardigny et al.(2001)
Japão	2:1 – 4:1	Kris-Etherton et al.(2000)
Suécia	5:1	NCM (1996)
WHO/FAO	5:1 – 10:1	WHO (1995)

WHO= World Health Organization; FAO= Food and Agriculture Organization; SRC= Scientific Review Committee; NCM= Nordic Council of Ministers;  $\omega$ -6=ômega 6,  $\omega$ -3=ômega 3.

Estudos cinéticos efetuados em humanos, que foram submetidos a dietas com razões  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 entre 6:1 e 8:1, demonstraram que a conversão do ácido alfa-linolênico em EPA e DHA varia de 8% a 21% e de 0% a 9%, respectivamente, sendo observado um nível maior de conversão nas mulheres (EMKEN; ADLOF; GULLEY, 1994; BURDGE; WOOTTON, 2002; BURDGE; JONES; WOOTTON, 2002). Essa diferença tem sido atribuída à possível influência do estrogênio sobre a atividade das enzimas dessaturases (BURDGE; JONES; WOOTTON, 2002).

Estima-se que a razão  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 na dieta das pessoas que viveram no período que antecedeu a industrialização, estava em torno de 1:1 a 2:1, devido ao consumo abundante de vegetais e de alimentos de origem marinha, contendo ácidos graxos  $\omega$ -3. Com a industrialização, ocorreu um aumento progressivo dessa razão, devido, principalmente, à produção de óleos refinados oriundos de espécies oleaginosas com alto teor de LA (ácido linoléico) e à diminuição da ingestão de frutas e verduras, resultando em dietas com quantidades inadequadas de ácidos graxos  $\omega$ -3. Nas últimas décadas tem-se determinado, em diversos países, que a ingestão média de ácidos graxos resulta em relações  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 que estão entre 10:1 a 20:1, ocorrendo registros de até 50:1 (SIMOPOULOS, 2002; 2004).

A necessidade de diminuir a razão  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 nas dietas modernas também tem sido sugerida pelos resultados de alguns estudos clínicos realizados na década de 90. Entre esses destacam-se: a diminuição de 70% na taxa de mortalidade em pacientes com doença cardiovascular, quando a razão LA/LNA (ácido

linoléico/ácido alfa linolênico) na dieta foi de 4:1; a redução nas inflamações decorrentes da artrite reumatóide, quando a razão  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 da dieta esteve entre 3 a 4:1, condição que foi alcançada pela suplementação com EPA, DHA e LNA; a diminuição dos sintomas decorrentes da asma, quando a razão  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 da dieta esteve ao redor de 5:1, sendo que em 10:1 os sintomas foram intensificados (BROUGHTON et al., 1997; JAMES; CLELAND, 1997; LORGERIL et al., 1994).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade nutricional do tecido muscular (filé) da piranha, espécie *Pygocentrus nettereri*, proveniente da pesca extrativista artesanal do Rio Miranda, na região do pantanal sul-mato-grossense, determinando a composição em ácidos graxos e verificando o efeito da estocagem e processamento no estado de conservação das amostras.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar a composição centesimal (umidade, proteínas, lipídios totais e cinzas) no tecido muscular (filé) da piranha in natura e submetida a tratamento térmico e seus respectivos rendimentos;

- Analisar a composição em ácidos graxos da fração lipídica do tecido muscular (filé) da piranha in natura e processada;

- Realizar a determinação de Bases Voláteis Totais (BVT) e de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) no tecido muscular (filé) das amostras do peixe estudado in natura, para verificar mudanças na formação de compostos nitrogenados protéicos e não protéicos e de produtos de oxidação lipídica, com o tratamento térmico e estocagem;

- Avaliar a qualidade nutricional dos lipídios totais, determinando-se: Índice de Aterogenicidade (IA), Índice de Trombogenicidade (IT), Razão Hipocolesterolêmicos/Hipercolesterolêmicos (HH), e Razão Polinsaturados/Saturados (P/S) e Razão Ômega-6/Ômega-3 ( $\omega$ -6/ $\omega$ -3).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Material**

Foram capturados 30 espécimes de Piranha (*Pygocentrus nattereri*), no Rio Miranda, na região do pantanal de Mato Grosso do Sul, no mês de Fevereiro de 2009. Os espécimes foram eviscerados e pesados, congelados à temperatura de -18°C e estocados em freezer até o início do experimento, o qual consistiu em aplicar o processamento térmico em 18 espécimes.

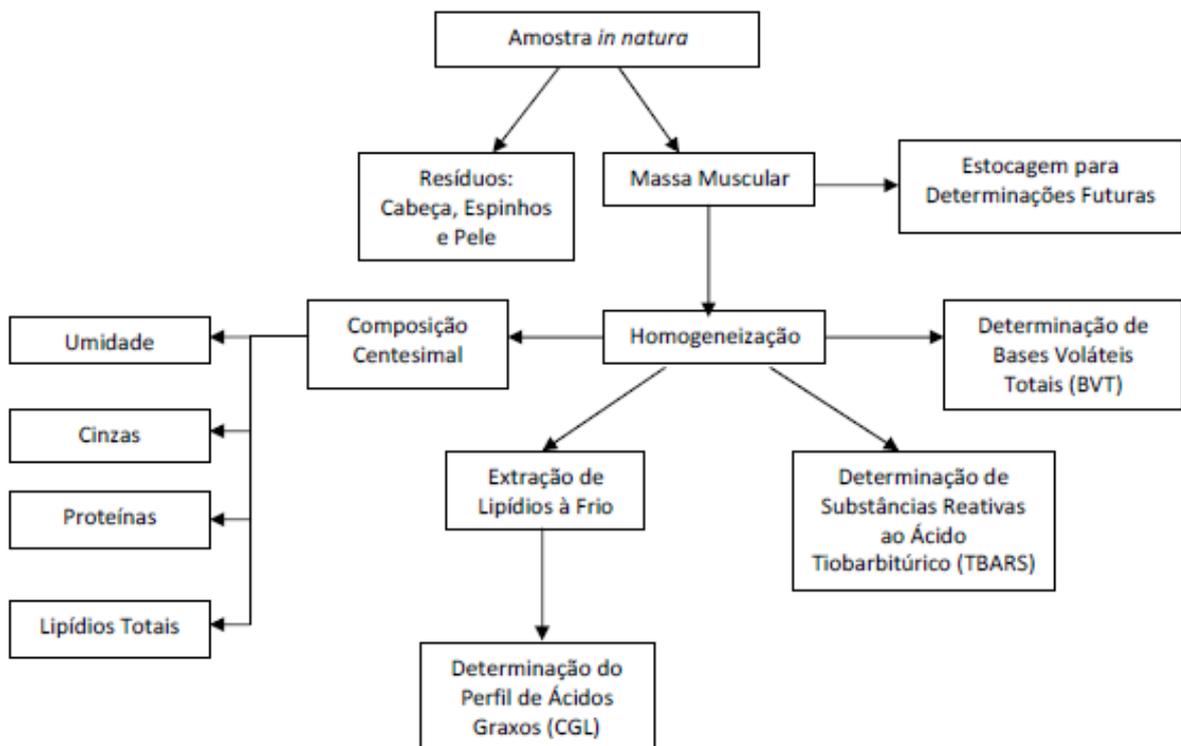
### **3.2 Métodos**

#### **3.2.1 Tratamento das amostras**

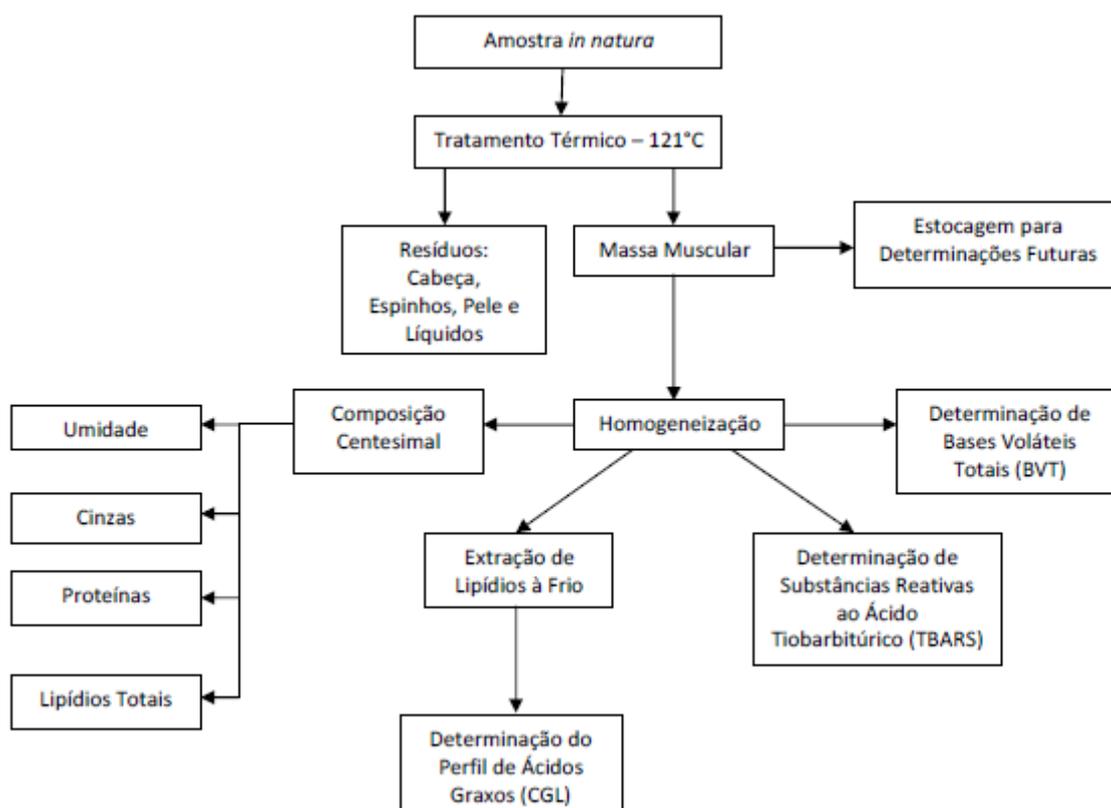
O tratamento térmico foi realizado após acondicionar cada espécime, ainda congelado, em papel alumínio, levando-se em seguida ao aquecimento em autoclave até a temperatura de 121°C. Ao atingir essa temperatura a autoclave foi imediatamente desligada e deixada resfriar normalmente, perfazendo um tempo total do ciclo da autoclave de 15 minutos. Após o resfriamento foram separadas as cabeças dos troncos; estes foram separados em pele, espinhos e tecido muscular (filé), o qual foi triturado e homogeneizado.

Em 6 outros peixes foi repetido o processo sem o tratamento térmico, isto é, a retirada do freezer de estocagem e transferência para um refrigerador por 24 horas para que houvesse o descongelamento dos mesmos. Logo após foram separadas as cabeças, peles, espinhos e a massa muscular.

A massa muscular de cada tratamento foi homogeneizada e submetida às seguintes determinações: análise da composição centesimal, análise da composição em ácidos graxos da fração lipídica por cromatografia gasosa, determinação do nitrogênio das bases voláteis totais (N-BVT) e determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Para essas duas últimas análises foram utilizadas também amostras de massa muscular estocada em temperatura de freezer (-18°C) durante período de 45 dias, a fim de avaliar sua estabilidade nessa condição de estocagem (Figura 4 e Figura 5).



**Figura 4** – Fluxograma da amostra in natura (sem tratamento térmico)



**Figura 5** – Fluxograma da amostra com tratamento térmico

### 3.2.2 Composição centesimal

#### 3.2.2.1 Umidade

A determinação de umidade foi realizada através de método gravimétrico, em estufa a 105°C, seguindo o procedimento descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

### 3.2.2.2 Proteína

O teor de proteínas foi determinado através do método micro Kjeldahl empregando o fator 6,25 para converter o nitrogênio total em proteínas, de acordo com o preconizado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1992).

### 3.2.2.3 Resíduo mineral fixo

A fração de resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinada através do método gravimétrico após carbonização e incineração da amostra em mufla à temperatura entre 500 e 550°C (BRASIL, 2005).

### 3.2.2.4 Lipídios totais

A quantificação da fração lipídica foi realizada por gravimetria, utilizando o método de extração a quente com extrator de Soxhlet e éter de petróleo (PE 30-60º) conforme procedimento descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

### 3.2.3 Composição em ácidos graxos

A extração dos lipídios para a determinação da composição em ácidos graxos foi realizada através de extração a frio seguindo a metodologia de Bligh e Dyer (1959), observando-se as recomendações de proporcionalidade entre os solventes, metanol, clorofórmio e água (2:1:0,8) para que se obtivesse uma extração eficiente.

A fração lipídica obtida foi submetida à saponificação com NaOH metanólico e seguido de esterificação com uma mistura de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e NH<sub>4</sub>Cl em metanol e transferidos para hexano, conforme método proposto por Hartman e Lago (1973) modificado por Maia e Rodriguez-Amaya (1993). Os ésteres metílicos dos ácidos graxos foram analisados em cromatógrafo gasoso (Shimadzu, modelo GC-2010) com detector de ionização de chama, injetor "Split/Splitless" e coluna capilar de sílica fundida com fase estacionária de polietilenoglicol (Carbowax 20M, 30 m x 0,25 mm, Quadrex) seguindo as seguintes condições cromatográficas: temperatura do injetor 250°C; temperatura do forno 80°C durante 3 minutos, programado para aquecimento a 10°C/min. até 120°C seguido de aquecimento a 3°C/min. até 240°C, permanecendo nesta temperatura por 13 minutos; temperatura do detector 250°C, gás de arraste hidrogênio com fluxo de 1 mL/min. e volume da injeção 1 µL.

Para identificação dos ácidos graxos compararam-se os tempos de retenção com os dos padrões de ésteres metílicos (SUPELCO, F.A.M.E. mix C12:0 a C24:0, Sigma-Aldrich), quantificando-os através da normalização de área e expressando os resultados em percentual de área de cada ácido graxo em relação à área total destes. A transformação da porcentagem de área para g/100g de tecido muscular foi feita multiplicando pelo teor da fração lipídica total e fatores de conversão para peixes magro e gordo, segundo Holland et al. (1994).

As análises de composição centesimal e de ácidos graxos foram realizadas em todas as amostras (sem processamento térmico e com processamento térmico) em triplicata.

### 3.2.4 Qualidade nutricional da fração lipídica

Através dos dados do perfil lipídico a qualidade nutricional da fração lipídica foi avaliada por três índices a partir dos dados de composição em ácidos graxos, empregando os seguintes cálculos: Índice de Aterogenicidade (IA) (1); Índice de Trombogenicidade (IT) (2), segundo (ULBRICHT; SOUTHGATE, 1991), em que AGMI = todos os ácidos monoinsaturados; e razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) (3), segundo Santos-Silva et al. (2002).

Onde:

$$(1) - (IA) = \frac{[(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)]}{(\Sigma AGMI + \Sigma \omega 6 + \Sigma \omega 3)}$$

$$(2) - (IT) = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{[(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma \omega 6 + (3 \times \Sigma \omega 3) + (\Sigma \omega 3 / \Sigma \omega 6))]}$$

$$(3) - (HH) = \frac{(C18:1\omega 9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:5\omega 3 + C22:6\omega 3)}{(C14:0 + C16:0)}$$

### 3.2.5 Nitrogênio de bases voláteis totais (N-BVT)

O método utilizado baseou-se no indicado pelo LANARA (BRASIL, 1981), que utiliza a destilação em meio alcalino por arraste a vapor. Em 10g de massa muscular são acrescentados 30 mL de ácido tricloroacético a 5,0% e a mistura depois de homogeneizada em processador por 1 minuto é passada através de papel de filtro analítico qualitativo. Em 10 mL do filtrado foi adicionado 1,0g de óxido de magnésio e a seguir submetido à destilação. O destilado foi recebido em erlenmeyer contendo 16 mL de ácido bórico saturado e indicador misto de vermelho de metila e verde de bromocresol, e titulado com ácido sulfúrico 0,1N até viragem do indicador. Para o cálculo do teor de N-BVT em mg N/100g foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{BVT} = \frac{14 \times (300 + A) \times V \times Fc \times N \times 100}{V_a \times p}$$

Onde:

N = Normalidade da solução do ácido sulfúrico;

V = mL de ácido sulfúrico gastos na titulação;

Fc = fator de correção da solução de ácido sulfúrico;

V<sub>a</sub> = volume de alíquota em mL;

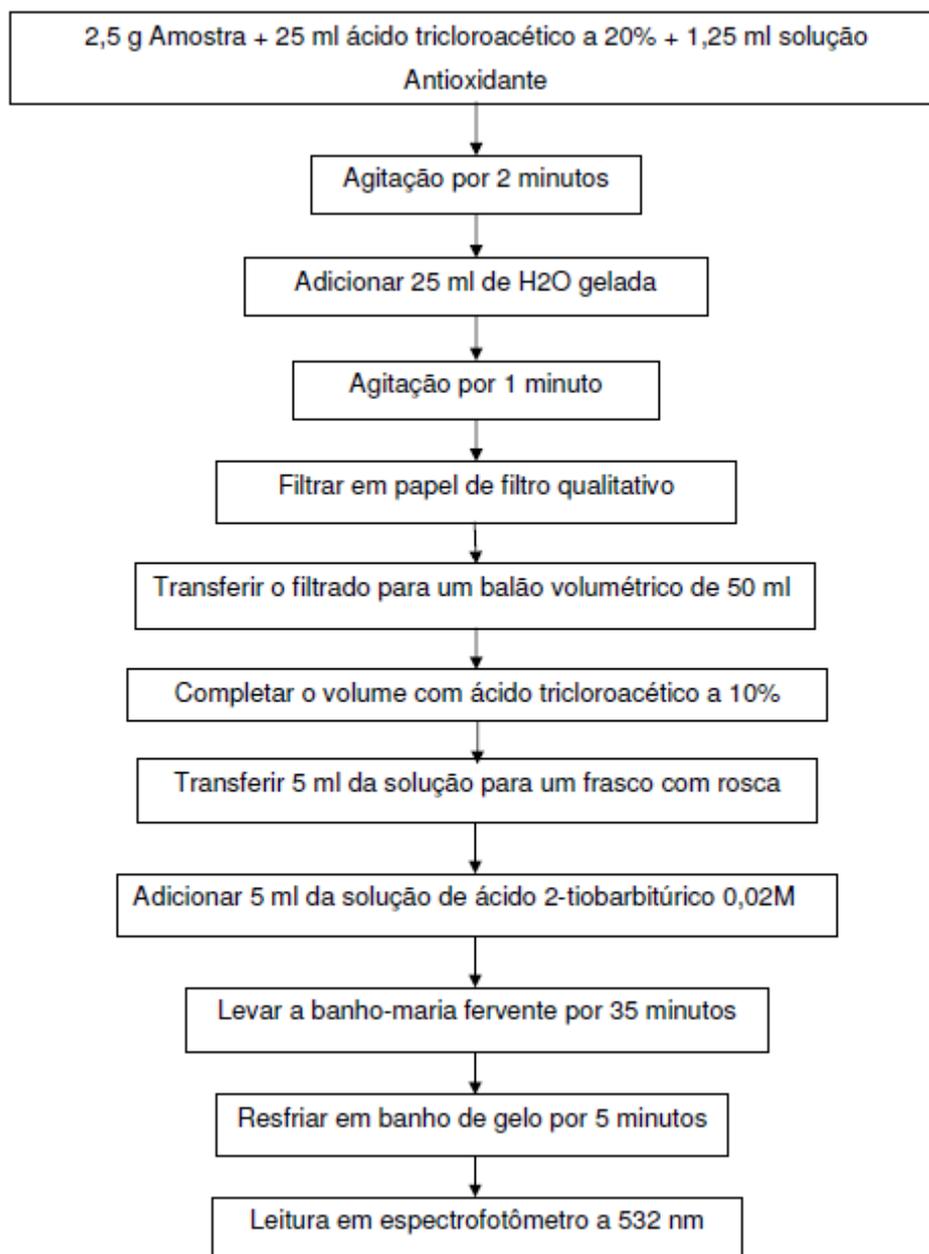
p = massa da amostra em gramas;

A = conteúdo de água contida na amostra em g/100g.

### 3.2.6 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Foi utilizado o método descrito no Handbook of food analytical chemistry (2005), que envolve a extração da amostra (2,5g) em ácido tricloroacético a 10% (p/v), filtração com papel de filtro qualitativo, reação com ácido tiobarbitúrico e leitura em espectrofotômetro a 532nm, conforme a Figura 6.

A curva padrão foi obtida utilizando seis alíquotas (0,25 mL, 0,50 mL, 1,00 mL, 1,5 mL, 2,0 mL e 2,5 mL) de tetrametoxipropano (TMP) em concentração de 0,2 mM, que foram colocadas em balões volumétricos de 50 mL cada e seu volume completado com ácido tricloroacético a 10%, destas soluções foram retiradas alíquotas de 5 mL e transferidos para tubos com rosca e adicionado a eles 5 mL de ácido 2-tiobarbitúrico a 0,02M. Os tubos fechados foram levados a banho-maria fervente por 35 minutos e resfriados imediatamente em banho de gelo por 5 minutos, após o resfriamento foi feita leitura em espectrofotômetro a 532 nm. A curva padrão obtida está apresentada no Gráfico 1.



**Figura 6** – Método de determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).

O cálculo utilizado para determinação da quantidade de TBARS na amostra está representado abaixo:

$$\text{TBARS} = \frac{[(1/\text{ICP}) \times \text{Mol MA} \times \text{FD} \times 10^6 \times (100/\text{recuperação } \%)]}{m} \times A_{532}$$

Onde:

ICP= Inclinação da Curva Padrão

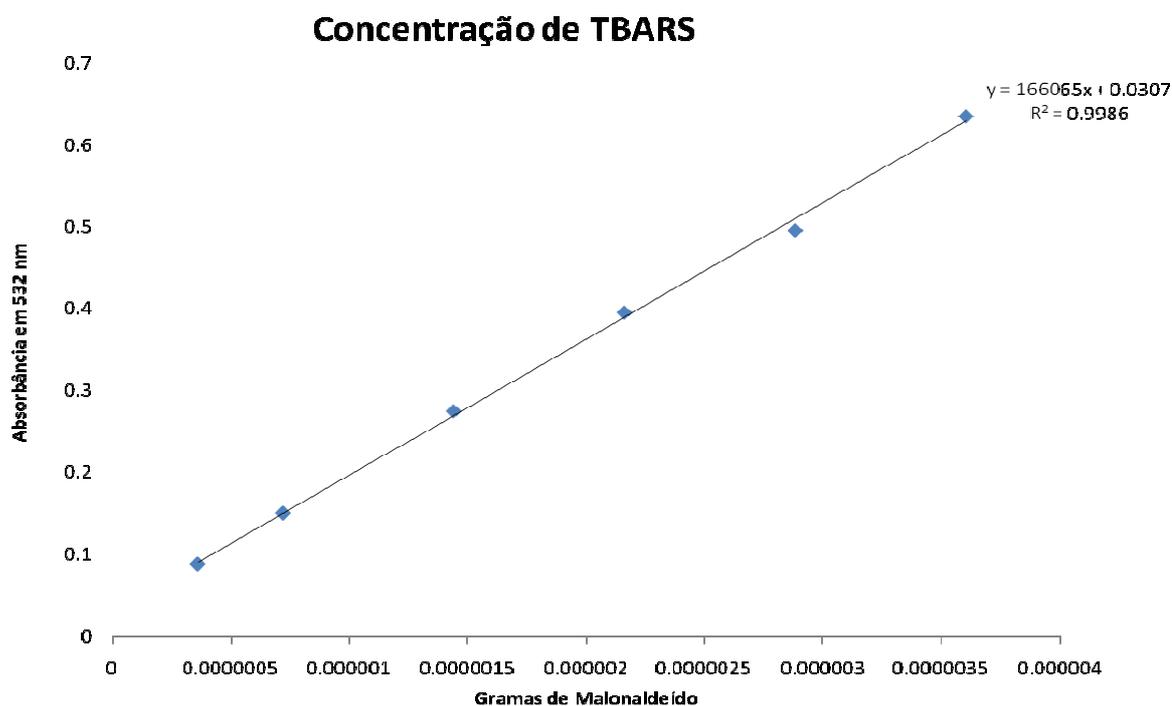
Mol MA (Malonaldeído) = 72,03 g/mol

$10^6$  = fator conversão para mg de MA/kg de amostra

FD= Fator de Diluição

$A_{532}$  = Valor obtido da leitura da absorvância em espectrofotômetro a 532 nm

m = Massa da amostra em gramas



**Gráfico 1** – Curva padrão de tetrametoxipropano (TMP) para determinação de TBARS.

Foi realizado o ensaio de recuperação para promover a validação do método analítico utilizado, que consistiu em adicionar em porções de 2,5g de amostra três alíquotas conhecidas (0,75mL, 1,50mL e 2,25mL) do padrão utilizado (TMP) refazendo todo o método de determinação de TBARS descrito anteriormente e finalizando com a leitura em espectrofotômetro a 532 nm.

O cálculo utilizado para determinação da recuperação do método está representado abaixo:

$$\text{Rec\%} = \frac{[\text{Absorvância da amostra + TMP}] - [\text{Absorvância amostra}]}{[\text{Absorvância TMP}]} \times 100$$

### **3.3 Análise estatística**

Os valores da composição centesimal e da composição de ácidos graxos foram submetidos à estatística descritiva e a análise de variância, com nível de significância de 5% em todas as análises. Utilizou-se o software BioEstat, versão 5.0 (AYRES et al., 2007).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características físicas da piranha (*Pygocentrus nattereri*)

Na Tabela 1, estão apresentadas as características físicas quanto ao peso total, peso da massa muscular, peso da carcaça, peso do resíduo, perda e rendimentos em percentual, do processamento das amostras de piranha, com tratamento térmico e sem tratamento térmico.

**Tabela 1** – Características físicas (Peso em g) e rendimento (%) da piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense.

Parâmetros	Piranha		
	CTT <sup>1</sup>	STT <sup>2</sup>	
Peso Total	Média ± DP*	299,26 ± 120,03	226,06 ± 0,83 NS <sup>5</sup>
	Máx. – Mín.	485,33 – 137,60	227,06 – 224,99
	CV%	40,11	0,37
Peso Massa Muscular	Média ± DP	143,95 ± 66,32	104,41 ± 0,38 NS
	Máx. – Mín.	256,34 – 39,28	104,86 – 103,94
	CV%	46,07	0,37
Peso Carcaça <sup>3</sup>	Média ± DP	135,55 ± 53,25	113,91 ± 0,52 NS
	Máx. – Mín.	218,33 – 58,59	114,88 – 113,31
	CV%	39,29	0,46
Peso Resíduo <sup>4</sup>	Média ± DP	12,32 ± 7,64	-----
	Máx. – Mín.	32,40 – 2,86	-----
	CV%	61,97	-----
Perda	Média ± DP	7,44 ± 4,81	7,74 ± 0,36 NS
	Máx. – Mín.	20,23 – 0,17	8,38 – 7,32
	CV%	64,63	4,62
Rendimento Massa Muscular	Média ± DP	46,86 ± 7,71	46,14 ± 0,09 NS
	Máx. – Mín.	53,54 – 27,51	46,20 – 46,00
	CV%	16,46	0,19

\*Valores médios ± desvio padrão; <sup>1</sup>n=18; <sup>2</sup>n= 6; <sup>3</sup>Cabeça, pele, escamas e espinhos; <sup>4</sup>Líquido recolhido após tratamento térmico; <sup>5</sup>NS= Não Significativo (p>0,05).

## 4.2 Composição centesimal

A Tabela 2 apresenta os resultados da composição centesimal do tecido muscular da piranha, demonstrando um valor mais elevado para os parâmetros umidade e lipídios (76,52 e 8,70g/100g respectivamente) presentes nas amostras que não passaram pelo tratamento térmico; essa diferença provavelmente ocorreu pela perda de líquido no processamento térmico. A perda de líquido proporcionou o aumento da concentração de proteínas (27,04g/100g) nas amostras que passaram pelo tratamento térmico. Os valores de umidade encontrados são semelhantes aos encontrados por Guinazi et. al.(2006) que analisaram peixes de água doce.

**Tabela 2** – Composição centesimal (g/100g, expressa em base úmida) do tecido muscular do filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense.

Parâmetros	Piranha		
	CTT <sup>1</sup>	STT <sup>2</sup>	
Umidade	Média ± DP*	69,78 ± 0,32	76,52 ± 1,19
	Máx. – Mín.	70,13 – 69,50	77,89 – 75,74
	CV%	0,46	1,56
Proteína	Média ± DP	27,04 ± 0,27	14,13 ± 0,30
	Máx. – Mín.	27,27 – 26,75	14,45 – 13,85
	CV%	0,98	2,14
Lipídios	Média ± DP	2,44 ± 0,88	8,70 ± 0,28
	Máx. – Mín.	3,75 – 1,87	8,94 – 8,40
	CV%	36,03	3,17
Cinzas	Média ± DP	1,13 ± 0,07	1,38 ± 0,02
	Máx. – Mín.	1,21 – 1,08	1,40 – 1,36
	CV%	6,01	1,45
VET**	Média ± DP	126,20 ± 0,41	134,86 ± 3,31
	Máx. – Mín.	126,68 – 125,93	136,82 – 131,04
	CV%	0,33	2,45

\*Valores médios de triplicata ± desvio padrão; \*\*VET = Valor Energético Total expresso em kcal/100g (proteínas = 4 kcal/g; gorduras = 9 kcal/g); <sup>1</sup>n=18; <sup>2</sup>n= 6; NS= Não Significativo (p>0,05).

Desta forma pode-se observar que o método de tratamento térmico influenciou nos percentuais de umidade, lipídios totais e proteínas, e esses resultados confirmam os valores obtidos por Ferreira et al. (2007), para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757), nesses parâmetros.

Assim, com o tratamento térmico e com a perda de umidade pelo processamento, houve aumento do teor de proteínas ( $p = 0,0004$ ) e diminuição do teor de lipídios ( $p = 0,0002$ ), relativamente aos valores encontrados para a amostra in natura de piranha analisada, sendo observado que durante o processamento do filé da piranha com calor, houve perda de lipídios pela sua incorporação ao líquido residual eliminado com a cocção; e elevação do teor protéico da massa de peixe. Trabalhos com pescado relatam que os processos de cozimento podem alterar as características dos produtos in natura, ocorrendo inicialmente a perda de água, que promove a concentração (aumento no teor) dos nutrientes e também perdas desses nutrientes para o meio de cocção (redução no teor) (BADIANI et al., 2002; POTTER; HOTCHKISS, 1995; ROSA, 2003).

O calor pode provocar diversas modificações nos componentes químicos do produto in natura; e assim, o teor de lipídios diminuiu com o tratamento térmico, pela perda de líquido, o das proteínas aumentou pela alteração de sua forma quando submetidas ao calor, uma vez que temperatura acima de 50°C provoca a desnaturação protéica e a solubilidade tende a diminuir pela exposição dos grupos hidrofóbicos, mudando a capacidade de se ligar à água (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004), sendo observado, então, que o teor desse nutriente aumentou na massa cozida da piranha.

Então, ao considerar que o tecido muscular das amostras que não passaram pelo processo térmico teve valores maiores para lipídios que o das amostras que passaram pelo processo térmico ( $8,77 \pm 0,27\text{g}/100\text{g}$  e  $2,07 \pm 0,88\text{g}/100\text{g}$ , respectivamente), foram obtidos resultados que segundo Ackman (1989) colocariam as amostras em classificações diferentes, pois considera peixes com alto teor de gordura aqueles que possuem percentual maior que 8g/100g e de baixo teor de gordura aqueles com percentual entre 2 e 4g/100g. Essa classificação permite a escolha de dietas de acordo com as necessidades em nutrientes, como aquelas que

visam a redução de calorias em função de baixo teor de gordura e alto conteúdo em proteínas, bem como as que visam a redução de colesterol sanguíneo em função de médio e alto teor de gordura com consideráveis quantidades de ácidos graxos polinsaturados.

### 4.3 Composição em ácidos graxos

A análise da composição em ácidos graxos está representada na Tabela 3, verificou-se que o ácido palmítico (C16:0) seguido pelo oléico (C18:1  $\omega$ -9) estão presentes em maiores concentrações nas amostras com tratamento térmico (21,53 e 20,67%) e sem tratamento térmico (28,49 e 25,90%) sendo que os dois outros ácidos graxos com maior abundância são o esteárico (C18:0) e o palmitoléico (C16:1  $\omega$ -7) com valores de 5,92 e 4,45%, para as amostras tratadas com calor e 6,19 e 5,40% para as amostras não submetidas ao calor.

Esse perfil de ácidos graxos foi observado no trabalho de Luzia et al. (2003) que encontraram predominância do ácido palmítico nas análises de peixes curimatá (*Prochilodus* spp.) e tilápia (*Oreochromis* spp.), ambos de água doce.

O alto teor do ácido graxo saturado C16:0 (ácido palmítico), por ser este, menos reativo quanto à oxidação do que os ácidos insaturados (FENNEMA, 1984; RIBEIRO; SERAVALLI, 2005) pode conferir à fração lipídica do filé de piranha boa estabilidade quanto à oxidação; no entanto, observou-se a predominância do total de ácidos graxos insaturados nas amostras analisadas, independentemente do tratamento térmico, porém a concentração desses ácidos é consideravelmente maior ( $P < 0,05$ ) na amostra que não passou pelo tratamento térmico.

**Tabela 3** – Perfil de ácidos graxos do tecido muscular de filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense em percentual e em gramas de ácidos graxos por 100g de massa muscular.

Ácidos Graxos	Piranha			
	Média ± DP*			
	%		g/100g	
	CTT	STT	CTT	STT
<b>C14:0</b>	1,36 ± 0,10	1,64 ± 0,05 NS	0,02 ± 0,00	0,13 ± 0,00
<b>C15:0</b>	0,55 ± 0,02	0,42 ± 0,01 NS	0,01 ± 0,00	0,21 ± 0,13
<b>C16:0</b>	21,53 ± 0,47	28,54 ± 0,20	0,40 ± 0,01	2,25 ± 0,02
<b>C16:1 ω-7</b>	4,45 ± 0,20	5,40 ± 0,12	0,08 ± 0,00	0,42 ± 0,01
<b>C17:0</b>	1,04 ± 0,02	0,89 ± 0,02 NS	0,02 ± 0,00	0,07 ± 0,00
<b>C18:0</b>	5,92 ± 0,15	6,17 ± 0,11	0,11 ± 0,00	0,49 ± 0,01
<b>C18:1 cis ω-9</b>	20,67 ± 0,51	26,36 ± 1,37	0,38 ± 0,01	2,08 ± 0,11
<b>C18:2 cis ω-6</b>	3,67 ± 0,10	3,28 ± 0,05 NS	0,07 ± 0,00	0,26 ± 0,00
<b>C18:3 ω-3</b>	3,26 ± 0,22	4,91 ± 0,16	0,06 ± 0,00	0,39 ± 0,01
<b>C18:3 ω-6</b>	0,21 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<b>C20:0</b>	0,16 ± 0,01	0,03 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<b>C20:1 ω-9</b>	1,07 ± 0,03	1,04 ± 0,03 NS	0,02 ± 0,00	0,08 ± 0,00
<b>C20:2</b>	0,37 ± 0,04	0,29 ± 0,01 NS	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<b>C20:3 ω-3</b>	1,80 ± 0,18	1,84 ± 0,10 NS	0,03 ± 0,00	0,15 ± 0,01
<b>C20:3 ω-6</b>	0,40 ± 0,01	0,41 ± 0,01 NS	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00 NS
<b>C20:4 ω-6</b>	0,41 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,04 ± 0,00
<b>C20:5 ω-3</b>	0,66 ± 0,03	0,95 ± 0,03	0,01 ± 0,00	0,07 ± 0,00
<b>C22:0</b>	0,07 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00 NS
<b>C22:6 ω-3</b>	1,85 ± 0,22	2,07 ± 0,13 NS	0,04 ± 0,00	0,16 ± 0,01
<b>C23:0</b>	0,10 ± 0,01	0,02 ± 0,02 NS	0,00 ± 0,00	0,01 ± 0,01 NS
<b>NI</b>	30,45 ± 1,24	14,94 ± 1,56	0,56 ± 0,02	1,18 ± 0,11
<b>Σ Saturados</b>	29,23 ± 2,42	37,71 ± 0,24	0,54 ± 0,05	2,98 ± 0,02
<b>Σ Insaturados</b>	38,82 ± 0,25	48,64 ± 1,56	0,72 ± 0,02	3,73 ± 0,11
<b>Σ Monoinsaturados</b>	26,18 ± 0,62	32,94 ± 1,84	0,48 ± 0,01	2,59 ± 0,11
<b>Σ Polinsaturados</b>	12,64 ± 0,41	14,50 ± 0,14	0,23 ± 0,21	1,14 ± 0,01
<b>Σ ω-6</b>	4,69 ± 0,10	4,45 ± 0,06	0,09 ± 0,00	0,35 ± 0,01
<b>Σ ω-3</b>	7,57 ± 0,29	9,77 ± 0,05	0,14 ± 0,01	0,77 ± 0,01

\*Valores médios de triplicata ± desvio padrão; NS = Não Significativo ( $p > 0,05$ ); NI = Não Identificados

Dentre os ácidos graxos não identificados apresentados na Tabela 3, houve significativamente, uma grande diferença, ao comparar os valores encontrados para amostras com (30,45%) e sem tratamento térmico (14,94%), sugerindo que na fase inicial e intermediária da reação de peroxidação dos lipídios, sem entrar na etapa do término da deterioração que caracteriza a rancificação oxidativa, pelo efeito do calor, ocorreu a subtração de um átomo de hidrogênio de um grupo metilênico (LH) entre duas duplas ligações cis de um ácido graxo insaturado, com a formação de um radical livre estável com deslocamento de elétrons ao longo de três átomos de carbono. Na fase de propagação, o radical lipídico (L\*) formado na iniciação reage com oxigênio molecular para formar radicais peroxila (LOO\*) que, por sua vez, reagirão com as cadeias laterais de outras moléculas de ácidos graxos polinsaturados, formando hidroperóxidos lipídicos (LOOH) e radicais lipídicos (L\*) (Figura 2), estes últimos sofrem uma estabilização de ressonância que resulta numa mistura de hidroperóxidos isoméricos contendo grupos de dienos conjugados (KUBOW, 1992). Essas misturas isoméricas formadas não foram identificadas em função da indisponibilidade de padrões nas configurações cis ou trans dos ácidos graxos.

Observa-se também a predominância de ácidos graxos insaturados nas amostras analisadas, independentemente do tratamento térmico, porém a concentração desses ácidos é consideravelmente maior ( $p < 0,05$ ) na amostra que não passou pelo tratamento térmico.

Dos ácidos monoinsaturados encontrados nas amostras analisadas, o palmitoléico (C16:1  $\omega$ -7) e o oléico (C18:1 cis  $\omega$ -9) foram os ácidos graxos predominantes tanto no peixe in natura (com valores respectivamente, de 5,40 e 26,36%) quanto na sua forma processada (com valores respectivamente, de 4,45 e 20,67%). Níveis altos de ácido palmitoléico têm sido descritos como uma característica de peixes de água doce (MAIA; RODRIGUEZ-AMAYA; AMAYA-FARFAN, 1983; GUTIERREZ; SILVA, 1993; INHANMUNS; FRANCO, 2001; OLIVEIRA; AGOSTINHO; MATSUSHITA, 2003).

Teores de ácidos graxos polinsaturados encontrados em tecido muscular de piranha foram de 14,41%, para amostra crua e de 12,64%, para amostra processada

sob calor. Houve predominância dos polinsaturados da família  $\omega$ -6 (4,47 e 4,69%, respectivamente, para filé de piranha in natura e processada) e da família  $\omega$ -3 (9,66 e 7,57%, respectivamente, para filé de piranha in natura e processada), e dentre eles, os principais foram o linoléico (C18:2 cis  $\omega$ -6) e o  $\alpha$ -linolênico (C18:3  $\omega$ -3) com percentuais, para piranha sem e com tratamento térmico, respectivamente de 3,28 e 3,67 e de 4,91 e 3,26%.

Embora peixes de água doce normalmente contenham mais ácidos polinsaturados da família  $\omega$ -6 e peixes de origem marinha sejam mais ricos em ácidos da família  $\omega$ -3, especialmente EPA e DHA (HALILOGLU et al., 2004; ÇELIK; DILER; KÜÇÜKGÜLMEZ, 2005; RAMOS FILHO et al., 2008), as amostras de piranha estudadas apresentaram alto conteúdo de ácidos da família  $\omega$ -3, podendo potencialmente, como opção alimentar, contribuir para a prevenção de doenças cardiovasculares.

#### **4.4 Qualidade nutricional da fração lipídica**

A Tabela 4 apresenta os resultados da qualidade nutricional da fração lipídica da espécie estudada. Não houve diferença significativa entre a razão P/S das amostras estudadas, mas todas estão abaixo do recomendado pelo “Department of Health and Social Security” da Inglaterra (1984), segundo o qual a razão P/S, não deve ser inferior a 0,45, que se traduz em uma dieta pouco saudável, principalmente em relação às doenças cardiovasculares.

Porém esse índice não deve ser avaliado isoladamente, pois está baseada apenas na estrutura química dos ácidos graxos saturados hipercolesterolêmicos ignorando a ação dos ácidos graxos monoinsaturados (LIRA, 2004).

**Tabela 4** – Índices de qualidade nutricional da fração lipídica da piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), proveniente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense.

Piranha	P/S	$\omega$ -6/ $\omega$ -3	HH	IA	IT
CTT	0,41	0,62	1,33	0,70	0,72
STT	0,38 NS	0,46 NS	1,24 NS	0,75 NS	0,73 NS

P/S = Polinsaturados/Saturados;  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 =  $\Sigma$  da série Ômega 6/  $\Sigma$  da série Ômega 3; HH =  $\Sigma$  Hipocolesterolêmicos/  $\Sigma$  Hipercolesterolêmicos; IA = Índice de Aterogenicidade; IT = Índice de Trombogenicidade; NS = Não Significativo ( $p > 0,05$ ).

Não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os índices IA e IT (que relacionam, respectivamente, os ácidos pró e antiaterogênicos e pró e antitrombogênicos) nas amostras analisadas, ao comparar amostras com e sem tratamento térmico. Ramos Filho et al. (2008) determinaram os índices (IA e IT) em 4 espécies de peixes da região pantaneira e obtiveram, respectivamente, os seguintes resultados, 0,54 e 0,59 para o cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*); 0,49 e 0,33 para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*); 0,86 e 1,16 para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e 0,70 e 0,35 para o dourado (*Salminus maxillosus*). Valores mais baixos para IA e IT são desejáveis na dieta, indicando sua melhor qualidade nutricional como fator de redução do potencial de risco de incidência de doenças cardiovasculares (ULBRICHT; SOUTHGATE, 1991).

Rueda et al. (2001) determinaram os índices IA e IT para o peixe de água salgada sargo-picudo (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777), encontrando 0,51 e 0,24, respectivamente para o peixe criado em cativeiro e 0,53 e 0,35 para o selvagem. Turan et al. (2007) encontraram para espécie marinha raia-lenga (*Raja clavata*, L. 1758), 2,37 e 0,63 respectivamente.

Inversamente aos índices de aterogenicidade e trombogenicidade, para a razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH), quanto maior o índice HH, mais adequado nutricionalmente é o óleo ou a gordura, já que este índice está relacionado mais especificamente com o metabolismo do colesterol. Neste estudo, o valor de HH pouco diferiu entre as amostras. Ramos Filho et al. (2008) encontraram valores de 1,75 para o cachara (*Pseudoplatystoma*

fasciatum); 1,84 para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*); 1,66 para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e 1,49 para o dourado (*Salminus maxillosus*), sendo todos acima dos encontrados para o peixe piranha avaliado no presente estudo (1,24 - 1,33).

Valores da razão  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 abaixo de 4,0 sugerem quantidades desejáveis na alimentação humana para a prevenção de doenças cardiovasculares (DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY, 1994). Os resultados encontrados para o peixe estudado foram de 0,62 e de 0,46, respectivamente, para piranha com tratamento térmico e sem tratamento térmico. Esses resultados obtidos mostram que a espécie de peixe analisada pode ser considerada potencialmente saudável na dieta. A razão  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 observada no presente estudo é inferior ao de outras espécies de peixes oriundas da mesma região do pantanal (RAMOS FILHO et al., 2008), como o pacu e o pintado, que são peixes considerados nobres no cardápio da população local. Os resultados obtidos também foram inferiores a de outras espécies de peixes de água doce relatadas por Moreira et al. (2001).

Ao recomendar que, para a avaliação nutricional dos alimentos, a razão  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 seja menor que 10, que a ingestão de EPA+DHA seja de 0,3 a 0,5 g/dia (2000 kilocalorias) e que o consumo de alfa-linolênico seja de 0,8 a 1,0 g/dia (KRAUS et al., 2000; KRIS-ETHERTON, HARRIS, APPEL, 2003), a ingestão de 100g de piranha submetida ao tratamento térmico (que apresentou valores mais elevados para os ácidos graxos polinsaturados EPA e DHA do que a piranha in natura), representa 80% da recomendação mínima diária de EPA+DHA e 49% de alfa-linolênico recomendado. A cota dietética considerada como mínima para o ácido alfa-linolênico é atingida por cerca de 205g de filé de piranha.

#### **4.5 Bases voláteis totais (N-BVT)**

Com relação ao teor de N-BVT, os valores mostraram-se crescentes com o tempo de estocagem variando de 11,80 a 29,58 mgN/100g para a amostra que passou pelo processamento térmico e para a amostra que não passou pelo

processamento térmico com variação de 13,63 a 26,53 mgN/100g. Nota-se também pelos dados da Tabela 5 que a concentração de N-BVT não ultrapassou os 30 mg% durante os 45 dias de estocagem à temperatura de freezer (-18°C), valor este considerado pela legislação brasileira como limite máximo para rejeição do produto para consumo humano (BRASIL, 1980).

Em estudos sobre a qualidade da carpa (*Ctenophar idella*) estocada em gelo, Scherer et al. (2005), mostram que não houve diferença significativa no valor de N-BVT. Os dados confirmam assim que nos peixes de água doce, o N-BVT varia pouco, não alcançando o valor de 30 mgN/100g (CONTRERAS-GUZMAN, 1994; ALBUQUERQUE et al. 2004; SCHERER et al. 2006).

**Tabela 5** – Bases Voláteis Totais (BVT) (mg N/100g) do tecido muscular do filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense, armazenado em temperatura de -18°C.

Tempo (dias)		BVT - Piranha	
		CTT <sup>1</sup>	STT <sup>2</sup>
0	Média ± DP*	11,83 ± 0,01	13,63 ± 1,52 NS
	Máx. – Mín.	11,82 – 11,79	15,16 – 12,11
	CV%	0,13	11,19
7	Média ± DP	18,47 ± 1,56	15,84 ± 1,08 NS
	Máx. – Mín.	20,03 – 16,91	16,93 – 14,76
	CV%	8,45	6,85
14	Média ± DP	21,21 ± 1,54	18,84 ± 0,85 NS
	Máx. – Mín.	22,75 – 19,67	19,70 – 17,99
	CV%	7,26	4,54
21	Média ± DP	21,27 ± 1,53	19,55 ± 0,98 NS
	Máx. – Mín.	22,80 – 19,74	20,54 – 18,58
	CV%	7,19	5,01
45	Média ± DP	29,58 ± 0,89	26,53 ± 1,06 NS
	Máx. – Mín.	30,47 – 28,69	27,59 – 25,47
	CV%	3,01	4,00

\*Valores médios de triplicata ± desvio padrão; <sup>1</sup>n= 18; <sup>2</sup>n= 6; NS= Não Significativo (p>0,05).

Concordando ainda com a variação dos valores de N-BVT, podem ser observados resultados encontrados por Chytiri et al. (2004), com a truta (*Onchorrhynchus mykiss*) estocada em gelo, na forma inteira eviscerada e fileteada, procedente da piscicultura, que tiveram valores de N-BVT compreendidos entre 14,11 a 20,16 mgN/100g para a amostra inteira e 18,11 a 26,06 para os filés.

Para o tambaqui de cultivo armazenado em gelo por 30 dias, o N-BVT apresentou durante o tempo de estocagem valores entre 5,85 a 36,63 mgN/100g (ALMEIDA, 1998). Outro trabalho realizado com o matrinxã (*Brycon cephalus*), estocado em gelo, procedente de piscicultura, foi observado no décimo sexto dia 19,57 mgN/100g músculo, no vigésimo nono dia 33,33 mgN/100 g de músculo (BATISTA, 2002). Porém, em tilápia sacrificada por hipotermia e com gás carbônico, Albuquerque et al. (2004) não observaram variação nos valores durante 17 dias de estocagem em gelo, obtendo-se a média desses dados de 16 mgN/100g.

#### **4.6 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)**

A evolução da oxidação da gordura foi acompanhada pela alteração da concentração de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico, expressa em malonaldeído (mgMDA/kg), e os dados são mostrados na Tabela 6.

Os valores mostram que durante o período de estocagem a velocidade de oxidação foi lenta, mantendo-se estável ao longo do período de estudo com exceção da leitura no tempo 45 dias, quando os valores alcançaram os maiores pontos, o que já era esperado, pois existe a tendência de aumento dessas substâncias no decorrer da estocagem.

A qualidade lipídica manteve-se estável durante todo o período de experimento e com valores baixos de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, ao se confrontar com trabalhos realizados por Cakli et al. (2007), Grigorakis et al. (2004) e Ozogul et al. (2005) ao analisar a qualidade da enguia européia (*Anguilla anguilla*) estocada em gelo, com valores entre 0,07 a 0,08 mgMDA/kg.

Valores semelhantes foram reportados por Pereira e Tenuta-Filho (2005), para a sardinha comercializada em São Paulo, que relataram níveis médios de TBA de  $0,18 \pm 0,17$  e  $7,14 \pm 5,36$  mg de MDA/kg, respectivamente para a sardinha fresca e descongelada. As diferenças entre a sardinha e a piranha provavelmente refletem as más manipulações dos peixes pelos feirantes, aliados ao fato de que a sardinha apresenta alto teor de lipídio, rico em ácidos graxos polinsaturados (VISENTAINNER et al., 2000).

**Tabela 6** – Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) (mg MDA/kg) do tecido muscular do filé de piranha (*Pygocentrus nattereri*) com tratamento térmico (CTT) e sem tratamento térmico (STT), procedente do Rio Miranda na região do pantanal sul-mato-grossense, armazenado em temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Tempo(dias)		TBARS - Piranha	
		CTT <sup>1</sup>	STT <sup>2</sup>
0	Média $\pm$ DP*	3,31 $\pm$ 0,52	1,14 $\pm$ 0,36 NS
	Máx. – Mín.	3,83 – 2,79	1,50 – 0,78
	CV%	15,71	31,58
7	Média $\pm$ DP	3,99 $\pm$ 0,17	1,65 $\pm$ 0,55
	Máx. – Mín.	4,16 – 3,82	2,20 – 1,10
	CV%	4,26	33,33
14	Média $\pm$ DP	4,33 $\pm$ 0,36	2,01 $\pm$ 0,23
	Máx. – Mín.	4,69 – 3,97	2,24 – 1,78
	CV%	8,31	11,44
21	Média $\pm$ DP	4,82 $\pm$ 0,23	2,48 $\pm$ 0,75 NS
	Máx. – Mín.	5,05 – 4,59	3,23 – 1,73
	CV%	4,77	30,24
45	Média $\pm$ DP	7,86 $\pm$ 1,53	5,39 $\pm$ 1,82 NS
	Máx. – Mín.	9,39 – 6,33	7,21 – 3,57
	CV%	19,47	33,77

\*Valores médios de triplicata  $\pm$  desvio padrão; <sup>1</sup>n= 18; <sup>2</sup>n= 6; NS= Não Significativo ( $p>0,05$ ).

Como a qualidade nutricional e química do filé de piranha in natura e processado foi mantida ao longo da estocagem, sendo o estado de conservação monitorado por dois parâmetros de referência (TBARS e BVT) para controle da degradação de lipídios e proteínas vegetais e animais (BRASIL, 1980; CECCHI, 1999), não foi realizada ao final do experimento com 45 dias de estocagem, a análise da composição em ácidos graxos para verificar também possíveis alterações, uma vez que não foi detectada deterioração das amostras nos testes químicos realizados. Ocorreu, como relatado anteriormente, no processo da peroxidação lipídica, possivelmente a formação de mistura de isômeros que pela metodologia, não poderiam ser detectados/quantificados pela falta de padrões.

Sugere-se assim, em estudos posteriores, verificar a isomerização dos lipídios do tecido muscular da piranha, observando-se alteração na configuração da estrutura dos ácidos graxos com o processamento e estocagem e verificando-se a presença dos isômeros trans que nutricionalmente depõe contra a qualidade de um produto alimentício, pelos possíveis efeitos desses isômeros nas funções enzimáticas, formação de prostaglandinas, transporte e deposição de colesterol nas artérias, doenças cardíacas e câncer (TURATTI; GOMES; ATHIÉ, 2002).

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados experimentais obtidos, pode-se concluir que:

- O *Pygocentrus nattereri* mostrou ser boa fonte de proteínas tanto com tratamento térmico quanto sem o tratamento e alto teor de lipídios para as amostras in natura.
- Quanto ao total de ácidos graxos da fração lipídica da porção comestível das amostras de piranha analisadas foi encontrado maior percentual de ácidos graxos insaturados, com predominância de monoinsaturados, tanto para amostras com tratamento térmico quanto sem o tratamento.
- As amostras de piranha estudadas apresentaram alto conteúdo de ácidos graxos da família  $\omega$ -3, podendo potencialmente, como opção alimentar, contribuir para a prevenção de doenças cardiovasculares.
- Os índices  $\omega$ -6/ $\omega$ -3, HH e IT estão dentro dos padrões favoráveis quanto ao consumo humano.
- Em relação ao índice P/S, as amostras apresentaram valores pouco abaixo dos recomendados pelo DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY.
- Os valores encontrados para as Bases Voláteis Totais (BVT) ficaram abaixo dos valores de referência durante todas as análises realizadas, ao longo da estocagem.
- Em relação às substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico, valores mostraram concentrações baixas de produtos de degradação dos lipídios, não caracterizando a rancificação oxidativa, após 45 dias de estocagem.
- Com o processamento e estocagem, as amostras avaliadas mostraram que a velocidade de oxidação lipídica foi lenta e a formação de produtos de degradação da proteína foi baixa, mantendo-se a qualidade do produto, nas condições estudadas.

## REFERÊNCIAS

Ackman RG.. Nutritional composition of fats in seafoods. Prog Food Nutr Sci. 1989; 13(3-4):161-289.

Albuquerque WF, Zapata JF, Almeida RS. Estado de frescor, textura e composição muscular da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatida com dióxido de carbono e armazenada em gelo. Rev Cienc Agronom. 2004; 35(Número Especial): 264 - 271.

Aldomás M E, Giannini DH, Ciarlo AS, Boeri RL. Journal Sci. Food Agric. 1986; 37-54.

Almeida NM. Alterações *post-mortem* em *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), procedente da piscicultura e conservado em gelo. Manaus, INPA/UA, Dissertação. Mestrado em Ciência de Alimentos; 1998.

Almeida, N.M. *et al.* Determinação do índice de *rigor mortis* e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservados em gelo. Cienc Rural. Santa Maria, 2005; 35(3): 698-704;

Angelo, AJ St. Lipid oxidation on foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 1996; 36(3): 175-224.

Anese M, Gormley R. Effects of dairy ingredients on some chemical, physic chemical and functional properties of minced fish during freezing and frozen storage. Lebensm-Wiss.Technol. London, 1996; 29(1/2):151-157.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC n. 360 de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059>>. Acesso em: 23 mar.2004.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 12th ed. Washington, 1992, 1115 p.

Arannilewa ST. *et al.* Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodon galiaenus*). Afri J Biotech. 2005; 4(8):852-855.

Aro TL, Larmo PS, Backman CH, Kallio HP, Tahvonen RL. Fatty acids and fat-soluble vitamins in salted herring (*Clupea harengus*) products. J Agric Food Chem. 2005; 53(5):1482-1488.

Aubourg SP. Review: interaction of malondialdehyde with biological molecules - new trends about reactivity and significance. Int J Food Sci Technol. Oxford, 1993; 28: 323-335.

Aubourg SP. Lipid damage detection during the frozen storage of an underutilized fish species. Food Res Int. 1999; 32(7):497-502.

Aubourg SR, Rodriguez A, Gallardo JM. Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): effect of catching season and commercial presentation. Eur J Lipid Sci Technol. 2005; 107(5):316-323.

Aubourg SP, Ugliano M. Effect of brine pre-treatment on lipid stability of frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*). Eur Food Res Technol. 2002; 215(2):91-95.

Ayres M, Ayres Junior M, Ayres D L, Santos A AS. BioEstat versão 5.0: aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas. Belém: UFPA, 2007.

Badiani A, Stipa S, Bitossi F, Gatta PP, Vignola G, Chizzolini R. Lipid composition, retention and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by common culinary practices. *Meat Sci. Oxford*, 2002;60(2):169-186.

Bandarra NM, Batista I, Nunes ML, Empis JM, Christie WW. Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). *J Food Sci. Chicago*, 1997; 62(1): 40-42.

Batista GM. Alterações bioquímicas post-mortem de matrinxã *Brycon cephalus* (GUNTHER, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM. 2002; 111p.

Benzie IFF. Lipid peroxidation: a review of causes, consequences, measurement and dietary influences. *Int J Food Sci Nutr. London*, 1996; 47:233-261.

Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol.* 1959; 37(8):911-917.

Brasil. Regulamentação da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. RIISPOA. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasília. 1980; p.166.

Brasil. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. Pescado fresco. In: \_\_\_\_\_. Métodos analíticos oficiais para o

controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981. v. 2, cap.11.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

Burdge GC, Wootton SA. Conversion of alpha-linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in young women. *Br J Nutr.* 2002; 88(4):411-20.

Burdge GC, Jones AE, Wootton SA. Eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids are the principal products of alpha-linolenic acid metabolism in young men. *Br J Nutr.* 2002; 88(4):355-63.

Bruschi FLF. Rendimento, composição centesimal e perfil de ácidos graxos de pescados e seus resíduos. Monografia. Itajaí, Santa Catarina. 2001. 134p.

Broughton KS, Johnson CS, Pace BK, Liebman M, Kleppinger KM. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production. *Am J Clin Nutr.* 1997; 65(4):1011-7.

Cakli S, Kilinc B, Cadun A, Dincer T, Tolasa S. Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. *Food Control.* 2007; 18(5):391-397.

Catella AC. A Pesca no Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil: descrição, nível de exploração e manejo (1994 – 1999). 2001. 351 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) -- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA; Universidade do Amazonas – UA, Manaus, 2001. 351p.

Catella AC. A Pesca no Pantanal Sul: situação atual e perspectivas. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2003. 43p. (Documentos 48). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC48>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

Catella AC. Procedimentos para estimar o rendimento pesqueiro dos pescadores profissionais artesanais do Pantanal Sul. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2004. 3p. (Circular Técnica 53). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT53>>. Acesso em: 20 nov.2009.

Catella AC, Albuquerque FF, Campos FLR. Sistema de controle da pesca de Mato Grosso do Sul SCPESCA/MS 6 - 1999. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2002. 60p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 35). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP35>>. Acesso em: 20 nov.2009.

Cecchi HM. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. 212p.

Çelik M, Diler A, Küçükgülmez A. A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. Food Chemistry, v.92, 637-641, 2005.

Champe PC, Harvey RA, In: Bioquímica Ilustrada. Artmed Editora, Porto Alegre-RS, 2ª ed. 2000. 446p.

Chandrashekar K, Deosthale YG. Proximate composition, amino acid, mineral, and trace element content of the edible muscle of 20 Indian fish species. J Food Compos Anal. San Diego, 1993; 6(2):195-200.

Chardigny JM, Bretillon L, Sébédio JL. New insights in health effects of trans alpha-linolenic acid isomers in humans. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2001; 103(7):478-82.

Chytiri S, Chouliara I, Savvaidis IN, Kontominas MG. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiol.* 2004; 21(2):157-165.

Connell JJ. *Control of fish quality* (4th ed.). London: Fishing News Books Limited. 1995. 245p.

Connor WE. Do the n-3 fatty acids from fish prevent deaths from cardiovascular disease? *Am J Clin Nutr.* Bethesda, 1997; 66:188-189.

Contreras-Guzman ES. *Bioquímica de pescados e derivados*. Jaboticabal, FUNEP, 1994. 409p.

Davis HK. Quality and deterioration of raw fish. In: RUITER, A., ed. *Fish and fishery products: composition, nutritive properties and stability*. Wallingford: Cab International, 1995. cap.7, p.215-242.

Department of Health and Social Security. *Diet and cardiovascular disease. Report on Health and Social Subjects, n.28*. London: HMSO, 1984.

Department of Health and Social Security. *Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on Health and Social Subjects, n.46*. London: HMSO, 1994. 178p.

Draisci VR, Volpe L, Lucentini A, Cecilia RF, Palleschi G. Determination of biogenic amines with an electrochemical biosensor and its application to salted anchovies. *Food Chem.* 1998; 62 (2): 225-232.

Driskell JA. (ed.). Sports nutrition: fats and proteins. Boca Raton: CRC Press, 2006. 383 p.

Emken EA, Adlof RO, Gulley RM. Dietary linoleic acid influences desaturation and acylation of deuterium-labeled linoleic and linolenic acids in young adult males. *Biochim Biophys Acta*. 1994; 1213(3):277-88.

Fennema OR. Food chemistry. New York, Marcel Dekker, 1984. 991p.

Fernández J, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López JA. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chem*. 1997; *Kidlington*, 59(3):345-353.

Ferreira MW, Bressan MC, Souza XR, Vieira JO, Faria PB, Andrade PL. Efeito dos métodos de cocção sobre a composição química e perfil lipídico de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757). *Ciênc Agrotec*. 2007; (31/3): 798-803.

Gámez-Meza N, Higuera-Ciapara I, Calderón de La Barca AM, Vázquez-Moreno L, Noriega-Rodríguez J, Anguloguerrero O. Seasonal variation in the fatty acid composition and quality of sardine oil from *Sardinops sagax caeruleus* of the Gulf of California. *Lipids*. Champaign, 1999; 34(6):639-642.

Ghosh S, Sarked D, Misra TN. 1998. Development of an amperometric enzyme electrode biosensor for fish freshness detection. *Sensor and Actuators*. 1998; B 53: 58-62.

Giannini DH. Determinación de nitrógeno básico volátil (NBV) em pescado. Consideraciones generales. *Alimentaria*. Madrid, 2003; 40(343):49-54.

Gram L, Huss HH. Microbial spoilage of fish and fish products. *Int J Food Microbiol.* 1996; 33:121-137.

Gray JI. Measurement of lipid oxidation: A review. *J. Am. Oil Chem. Soc., Champaign*, 55:539-46, 1978.

Grigorakis K, Alexis M, Gialamas I, Nikolopoulou D. Sensory, microbiological, and chemical spoilage of cultured common sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: A seasonal differentiation. *Eur Food Res Technol*; 2004; 219(6):584-587.

Groom H. Oil-rich fish. *Nutr Food Sci.* 1993;Toller Lane, 6:4-8.

Guillén-Sans R, Guzmán-Chozas M. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in foods: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1998; Fort Lauderdale, 38(4):315-330.

Guinazi M, Moreira APB, Salaro AL, Castro FAF, Dalato M, Pinheiro-Sant'ana HM. Composição química de peixes de água doce frescos e estocados sob congelamento. *Acta Sci Technol.* 2006; Maringá, 28(2):119-124.

Gutierrez LE, Silva RCM. Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil. *Scientia Agricola.* 1993; 50(3): 478-483.

Haliloglu HI, Bayir A, Sirkecioglu AN, Aras NM, Atamanalp, M. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chem.* 2004; 86:55-59.

Hamilton RJ, Rossell JB, *Analysis of Oils and Fats*; Elsevier: Londres, 1986.

Handbook of Food Analytical Chemistry: Water, proteins, lipids, and carbohydrates. EUA. John Wiley e Sons, 2005. 606 p.

Harris WS. Extending the Cardiovascular Benefits of Omega-3 Fatty Acids. *Curr Atheroscler Reports*. Philadelphia, 2005; 7: 375-380.

Hartman L, Lago RCA. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab Pract London*. 1973; 22(8): 475-6.

Hasenclever L. *et al*. Aspectos econômicos da exploração dos recursos pesqueiros no pantanal. Conservation Strategy Fundation. Brasil, 2002. 18p. Disponível em: <[http://www.cpap.embrapa.br/pesca/online/PESCA2002\\_Hasenclever1](http://www.cpap.embrapa.br/pesca/online/PESCA2002_Hasenclever1)>. Acesso em: 15 jan.2010.

Holland B, Welch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA, Southgate DAT. McCance and Widdowson's. *The Composition of Foods*. Cambridge, UK, 1994. p. 8-9.

Huidobro A. *et al*. Hake muscle altered by frozen storage as affected by added ingredients. *J Food Sci*. Chicago, 1998; 63(4): 638-643.

Huss HH. Asseguramiento de la calidad de los products pesquero. *FAO Doc. Tec. Pesca* 334, 1997. 174p.

Huss HH. El pescado fresco: su calidad y câmbios de su calidad. *FAO Doc. Tec. De Pesca* n. 348, Roma, 1998. 202p.

Hutter CDD, Lang P. Multiple sclerosis: sunlight, diet, immunology and etiology. *Medical Hypotheses*. 1996; 46(1): 67-74.

Inhamuns AJ, Franco MRB. Composition of total, neutral and phospholipids in Mapará (*Hypophthalmus* sp) from the brazilian amazonian area. J Agricult Food Chem. 2001; 49: 4859-4863.

Ismail A, Ikram EHK. Effects of cooking practices (boiling and frying) on the protein and amino acids contents of four selected fishes. Nutr Food Sci. Charlton, 2004; 34 (2): 54-59.

Itô Y, Sanches L, Silva DR. Seasonal variation of the chemical composition of sardine. Contrib Inst Oceanogr. São Paulo, 1969; 6:1-8.

James ML, Cleland LG. Dietary n-3 fatty acids and therapy for rheumatoid arthritis. Semin Arthritis Rheum. 1997; 27(2):85-97.

Jesus RS. Estabilidade de "minced fish" de peixes amazônicos durante o congelamento. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, São Paulo, 1999. 105 p.

Jittinandana S, Kenney PB, Slider SD, Kamireddy N, Hankins JS. High dietary vitamin E affects storage stability of frozen-refrigerated trout fillets. J Food Sci. 2006; 71 (2):91-96.

Krauss RM. *et al.* American Heart Association Dietary Guidelines Revision 2000: A Statement for Healthcare Professionals From the Nutrition Committee of the American Heart Association. Circulation. 2000; 102:2284-2299.

Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: New recommendations from the American Heart Association. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 2003; 3:151-152.

Kris-Etherton PM, Taylor DS, Yu-Poth S, Huth P, Moriarty K, Fishell V.

Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am J Clin Nutr.* 2000; 71(1 Suppl):179S-88.

Kubow S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. *Free Rad. Biol. e Med.*, New York, 1992; v.12: 63-81.

Kyrana VR, Lougovois VP. Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice. *Int J Food Sci Technol.* 2002; 37: 319–328.

LANARA - Laboratório Nacional de Referência Animal. Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e seus ingredientes. Brasília. Ministério da Agricultura, 1981. 112p.

Larsson SC. *et al.* Dietary long-chain n-3 fatty acids for the prevention of cancer: a review of potential mechanisms. *Am J Clin Nutr.* Bethesda, 2004; 79: 935-945.

Lima AWO, Souza CP, Angnes L. 1999. Aplicações de biossensores na indústria de alimentos. *Boletim SBCTA.* 1999; 33(2): 173-183.

Lira GM, Mancini Filho J, Santana LS, Torres RP, Oliveira AC, Omena CMB, Silva Neta ML. Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió-AL. *Rev Bras Ciênc Farm.* 2004; 40(4): 529-37.

Lorgeril M, Renaud S, Mamelle N, Salen P, Martin JL, Monjaud I. Mediterranean alpha-linolenic acid rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet.* 1994; 343(8911):1454-9.

Losada V, Rodriguez A, Ortiz J, Aubourg SP. Quality enhancement of canned sardine (*Sardina pilchardus*) by a preliminary slurry ice chilling treatment. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2006; 108(7):598-605.

Lourival R, Harris M, Montambault JR. Introdução ao Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. in *A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil*. RAP Bulletin of Biological Assessment 18. Conservation International, Washington, DC. 2000.

Love MR. Biochemical dynamics and quality of fresh and frozen fish. In: George M Hall (editor). *Fish processing technology*. Blackie Academic & Professional, 1992. 1-26p.

Luzia LA, Sampaio GR, Castellucci CMN, Torres EAFS. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. *Food Chem*. Kidlington, 2003; 83:93-97.

Mahan LK, Escott-Stump S. Krause: Alimentos, nutrição & dietoterapia. 11<sup>a</sup> ed. São Paulo: Roca, 2005.

Maia EL, Rodriguez-Amaya DB. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. *Rev Instit Adolfo Lutz*. São Paulo, 1993; 53(1/2):27-35.

Maia EL, Rodriguez-Amaya DB, Amaya-Farfan J. Proximate, fatty acid and amino acid composition of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. *Food Chem*. 1983; 12:275-286.

Masters C. n-3 Fatty acids and the peroxisome. *Mol Cell Biochem.* 1996; 165(2):83-93.

Mehlenbacher VC. *The Analysis of Fats and Oils.* The Garrad Press: Illinois, 1960.

Morales-Aizpurúa IC, Tenuta-Filho A. Óxidos de colesterol: ocorrência em alimentos, formação e efeitos biológicos. *Rev. Bras. Ciênc Farm.* São Paulo, 2002; 38(4):431-442.

Moreira AB. *et al.* Fatty acid profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* fresh water fishes. *J Food Compos Analys.* 2001; 14: 565-574.

Nordic Council of Ministers. Nordic nutrition recommendations. *Scand J Nutr.* 1996; 40(4):161-5.

Oliveira ERN, Agostinho A A, Matsushita M. Effect of biological variables and capture period on the proximate composition and fatty acid composition of the dorsal muscle tissue of *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1829). *Braz Archiv Biology Technol.* 2003; 46(1):105-114.

Osawa CC, Felício PE, Gonçalves LAG. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Quim Nova.* 2005; 28(4):655-663.

Ozogul Y, Ozogul F. The effects of slaughtering methods on the freshness quality of rainbow trout. *Eur Food Res Technol.* 2004; 219(3):211-216.

Ozogul Y, Ozyurt G, Ozogul F, Kuley E, Polat A. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *Food Chem.* 2005; 92(4):745-751.

Pereira AAF, Tenuta-Filho A. Evaluation of conditions of consumption of the sardine *Sardinella brasiliensis*. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2005; 25(4):720-725.

Pereira RAC, Resende EK. Alimentação de *Gymnotus cf carapo* (Pisces: Gymnotidae) e suas relações com a fauna associada as macrófitas aquáticas no Pantanal, Brasil. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2006. 51p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 68). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP68>>. Acesso em: 14 nov. 2009

Potter NN, Hotchkiss JH. *Ciência dos Alimentos*. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 667 p.

Pratt CW, Corneley K. In *Bioquímica Essencial*. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro-RJ, Brasil. 2006. 716p.

Raharjo S, Sofos JN. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. *Meat Science* 35, 1993. pp. 145–169.

Ramos Filho MM, Ramos MIL, Hiane PA, Souza EMT. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2008; 28(2): 361-5.

Reddy GV, Srikar LN. Preprocessing ice storage on functional properties of fish mince protein. *J. Food Sci.* Chicago, 1991; 56(4): 965-968.

Resende EK. *et al.* Biologia da tuvira, *Gymnotus cf. carapo* (Pisces, Gymnotidae) no Baixo Rio Negro, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2006. 42p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 67). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP67>>. Acesso em: 17 nov.2009.

Ribeiro EP, Seravalli EAG. Química de alimentos. São Paulo: Edgard Blücher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184p.

Robards K, Kerr AF, Patsalides E. Rancidity and its measurement in edible oils and snack foods. *Analyst Vol. 113*: 213-222, 1988.

Romero PN, Robert CP, Masson SL, Luck UC, Buschmann AL. Composición en ácidos grasos y aporte de colesterol de conservas de jurel, sardina, salmón y atún al natural. *Arch Latinoam Nutr. Caracas*, 1996; 46(1):75-77.

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

Rose DP, Connolly JM. Omega-3 fatty acids as chemopreventive agents. *Pharmacol Ther. Oxford*, 1999; 83:217-244.

Rueda FM, Hernández MD, Egea MA, Aguado F, García B, Martínez FJ. Differences in tissue fatty acid composition between reared and wild sharpsnout sea bream, *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *Br J Nutr. Cambridge*, 2001; 86(5):617-622.

Santos GM, Mérona B, Juras AA, Jégu M. Peixes do baixo rio Tocantins: 20 anos depois da usina hidrelétrica Tucuruí. Brasília: Eletronorte, 2004. 216p.

Santos-Silva J, Bessa RJB, Santos-Silva F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livest Prod Sci.* 2002; 7723: 187-94.

São Paulo. Secretaria de Estado da Saúde. Código Sanitário: Decreto n° 12.342, de 27 de setembro de 1978: regulamento da promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde (revisto e atualizado até dezembro de 1990). 4.ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 1991. 412p.

Schaefer EJ. Lipoproteins, nutrition, and heart disease. *Am J Clin Nutr.* 2002; 75(2):191-212.

Scherer R, Augusti PR, Steffens C, Bochi VC, Hecktheuer LH, Lazzari R, Radunz-Neto J, Pomblum SCG, Emanuelli T. Effect of slaughter method on postmortem changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in ice. *J Food Sci.* 2005; 70(5):348-353.

Scherer R, Augusti PR, Bochi VC, Steffens C, Fries LLM, Daniel AP, Kubota EH, Neto JR, Emanuelli T. Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods. *Food Chem.* 2006; 99(1):136-142.

Scientific Review Committee. Nutrition recommendations. Ottawa: Canadian Government Publishing Centre, Supply and Services Canada; 1990.

Sgarbieri VC. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações. São Paulo: Varela, 1996.

Shen LQ, Yang LJ, Peng TZ. Amperometric determination of fish freshness by a hypoxanthine biosensor. *J Sci Food Agric.* 1996; 70: 298-302.

Shinmoto H, Dosako S, Nakajima I. Anti-oxidant activity of bovine lactoferrin on iron/ascorbate induced lipid peroxidation. *Biosci Biotechnol Biochem.* Tokyo, 1992; 56(12):2079-2080.

Sikorski ZE, Kolakowska A, Burt JR. Cambios bioquimicos y microbianos subsiguientes a la captura *In: Z. E. Sikorski (Ed.), Tecnologia de los Productos del Mar: Recursos, Composicion nutritive y conservacion..* Acribia, Zaragoza, Espanha, 1990. 73–102p.

Sikorski ZE, Kolakowska A, Pan BS. Composicion ntritiva de los principales grupos de organismos alimenticios marinos. *In. Zdzislaw E. Sikorski(Ed.), Tecnologia de los Productos del Mar: Recursos, Composicion nutritive y conservacion.* Editora Acribia, Espanha, 1990. 39-72p.

Silva FAM, Borges MFM, Ferreira MA. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Quím. Nova.* São Paulo, 1999; 22(1):94-103.

Silva JSV, Abdon MM. Delimitação do pantanal brasileiro e suas subregiões. *Rev Pesq Agropec Bras.* 1998; 33(Especial):1703-1711.

Silva SMCS, Kuga EK, Mancini-Filho J. Efeito do processamento sobre ácidos graxos poliinsaturados da fração lipídica da sardinha (*Sardinella brasiliensis*) e da tainha (*Mugil cephalus*). *Rev Farm Bioquím.* São Paulo, 1993; 29(1):41-46.

Simeonidou S, Govaris A, Vareltzis K. Quality assessment of seven Mediterranean fish species during storage on ice. *Food Res. Int.* Kidlington, 1998; 30(7):479-484.

Simopoulos AP, Leaf A, Salem N. Essentiality and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Ann Nutr Metabol.* 1999; 43(3):127-30.

Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. *Asia Pacific J Clin Nutr.* 2002; 11(6):S163-73.

Simopoulos AP. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Rev Inter.* 2004; 20(1):77-90.

Sinclair HM. The diet of Canadian Indians and Eskimos. *Proc Nutr Soc. London,* 1953; 12(1):69-82.

Sinnhuber RO, Yu TC. 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity. *Food Technol.* 1958; 12(1):9-12.

Squires EJ, Valdes EV, Wu J, Leeson S. Utility of the thiobarbituric. *Poultry Science,* 70, 180-183, 1971.

Stanby ME. Introduction in Fish Oils in Nutrition. In: STANBY ME. *Fish Oils in Nutrition.* New York: Von Nostrand Reinhold, 1990. 313p.

Tarladgis BG, Pearson AM, Dugan LR, Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for *determination* of oxidative rancidity in foods *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1962, 39, 34.

Turan H, Sönmez G, Kaya Y. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. *Journal of FisheriesSciences.com.* 2007; 1(2):97-103.

Turatti JM, Gomes RAR, Athié I. Lipídeos – aspectos funcionais e novas tendências. Campinas: ITAL, 2002. 78p.

Uauy R, Valenzuela, A. Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. Nutr. Tarrytown, 2000; 16(7/8):1-5.

Ulbricht TLV, Southgate DAT. Coronary heart disease: seven dietary factors. Lancet, London, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991.

Undeland I. *et al.* Lipid oxidation in minced herring (*Clupea harengus*) during frozen storage: Effect of washing and precooking. J Agric Food Chem. Washington, D.C., 1998; 46(6): 2319-2328.

Venugopal V, Lakshmanan R, Dokes SN, Bongirward DR. Enzymes in fish processing, biosensor and quality control: A review. Food Biotechnol. 2000; 14(1-2):77.

Venugopal V, Shahidi F. Structure and composition of fish muscle. Food Rev. Int. New York, 1996; 12(2): 175-197.

Visentainer JV, Carvalho PO, Ikegaki M, Park YK. Concentração de ácido eicosapentanoico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira. Cienc Tecnol Aliment. 2000; 20(1):90 - 93.

Wilkinson AL, Sun Q, Senecal A, Faustman C. Antioxidant effects on TBARS and fluorescence measurements in freeze-dried meats. J. Food Sci. Chicago, 2001; 66(1):20-24.

World Health Organization. Joint Consultation: fats and oils in human nutrition. *Nutr Rev.* 1995; 53(7):202-205.

Zuntini D, *et al.* Alimentação natural da Piraputanga, *Brycon hilarii* (Teleostei-Characidae) no Rio Miranda, Município de Jardim, MS – Projeto Piracema. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, 4, 2004, Corumbá. Disponível em : <[http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/bioticos/601RB-ZUNTINI\\_1\\_OK 31Visto.pdf](http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/bioticos/601RB-ZUNTINI_1_OK%2031Visto.pdf)>. Acesso em: 20 nov.2009.