

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**AÇÃO DO EXTRATO DE ALECRIM E FONTES DE ÓLEO NA  
QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO**

**Felipe Shindy Aiura**

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Regina Barbieri de Carvalho**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Fevereiro de 2007

Aiura, Felipe Shindy  
A311a Ação do extrato de alecrim e fontes de óleo na qualidade de filés de tilápia do Nilo / Felipe Shindy Aiura. -- Jaboticabal, 2007  
xvi, 83 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007  
Orientadora: Maria Regina Barbieri de Carvalho  
Banca examinadora: Elisabete Maria Macedo Viegas, Marco Antonio Trindade, Dalton José Carneiro, Hirasilva Borba Alves de Souza  
Bibliografia

1. Armazenamento. 2. Extrato de alecrim. 3. Óleo de linhaça. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 639.31

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**FELIPE SHINDY AIURA** – Nascido em 8 de janeiro de 1976, em Araraquara, SP, Zootecnista, formado pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal em 2000. Ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal da FCAV/UNESP em março de 2001, defendendo dissertação em fevereiro de 2003. Iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia em março de 2003 da FCAV/UNESP, defendendo tese em fevereiro de 2007.

*Aos meus pais Alcides Shinji Aiura e Zoraide de Souza Aiura e ao meu irmão Rafael Takashi Aiura por me apoiarem, acreditarem em mim e estarem sempre juntos nas dificuldades da vida,*

### **DEDICO**

*A minha noiva Auriclécia Lopes de Oliveira pela ajuda na condução desse trabalho, paciência, amor e motivo de grande alegria em minha vida,*

### **OFEREÇO**

## ***AGRADECIMENTOS ESPECIAIS***

***A minha orientadora e amiga Profa. Dra. Maria Regina Barbieri de Carvalho pela oportunidade oferecida, pela paciência e por sempre acreditar em mim. Estamos sempre aprendendo.***

***Minha eterna gratidão.***

***A Tânia Mara Alves Lima que sempre me ajudou, fundamental na realização desse trabalho.***

***Muito obrigado pela oportunidade de trabalharmos juntos.***

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pela vida.

Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro pela amizade, ensinamentos e valiosa contribuição para realização desse trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas, Dr. Marco Antonio Trindade, Dra. Hirasilva Borba Alves de Souza, Dra. Maria Cristina Thomaz e Dr. Renato Luis Furlan pelas sugestões fundamentais para esse trabalho.

Aos professores Dr. Pedro Alves de Souza e Dra. Hirasilva Borba Alves de Souza pelas facilidades oferecidas na realização das análises no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal.

Ao Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) e aos seus funcionários pela valiosa ajuda na condução da fase experimental.

À Zootecnista Sandra Mara Curtarelli e aos funcionários da Fábrica de Ração pelas facilidades.

Aos participantes da análise sensorial, pela disponibilidade.

À equipe de laboratório Mayra, Viviane, Vanessa, Juliana, Fábio e Aline pela ajuda e convivência durante a realização desse trabalho.

Aos acadêmicos Leonardo e Gustavo pela ajuda no processamento dos peixes.

À Danisco do Brasil Ltda pela doação do extrato de alecrim.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução.....	1
2. A tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	2
3. Composição e qualidade da carne de pescado.....	3
4. Características da fração lipídica do pescado.....	4
5. Alterações no pescado após o abate.....	7
6. Deterioração microbiana.....	9
7. Degradação lipídica.....	11
8. Conservação do pescado.....	15
9. Antioxidantes.....	17
10. Antioxidantes naturais.....	19
CAPITULO 2 - QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE SOJA E DE LINHAÇA E EXTRATO DE ALECRIM.....	25
Resumo.....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	28
Resultados e Discussão.....	32
Conclusões.....	50
CAPITULO 3 - AÇÃO ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE ALECRIM EM FILÉS DE TILÁPIA DO NILO EMBALADOS A VÁCUO.....	51
Resumo.....	51
Introdução.....	51

Material e Métodos.....	53
Resultados e Discussão.....	55
Conclusões.....	65
REFERÊNCIAS.....	66

## LISTA DE FIGURAS

	página
<b>CAPÍTULO 1</b>	
Figura 1. Reação do teste de TBA entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído, formando o composto colorido, medido espectrofotometricamente a 532 nm.....	14
Figura 2. Estrutura química dos principais antioxidantes sintéticos.....	18
Figura 3. Estrutura química do ácido carnósico (a), carnosol (b) e ácido rosmarínico (c).....	20
<b>CAPÍTULO 2</b>	
Figura 1. Valores de pH em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	39
Figura 2. Médias para bases nitrogenadas voláteis totais - BNVT (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	42
Figura 3. Médias para a força de cisalhamento - FC (kgf) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	45
Figura 4. Médias para a luminosidade (L*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	46
Figura 5. Médias das notas atribuídas pelos julgadores para o aroma em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	48
<b>CAPÍTULO 3</b>	
Figura 1. Médias para nitrogênio não protéico - NNP (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo imersos em extrato de alecrim, embalados sob ar atmosférico e vácuo e armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.....	58
Figura 2. Médias para perdas por cocção - PPC (%) em filés de tilápia do Nilo imersos em extrato de alecrim, embalados sob ar atmosférico e vácuo e armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.....	64

## LISTA DE TABELAS

	página
CAPÍTULO 2	
Tabela 1. Formulação e composição calculada das dietas experimentais.....	29
Tabela 2. Análises de variância e coeficiente de variação para ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), rendimento (RE) e composição centesimal de filés de tilápia do Nilo alimentadas com as dietas experimentais..	33
Tabela 3. Ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), umidade, proteína bruta, cinzas e rendimento (RE) em filés de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.....	33
Tabela 4. Porcentagens médias de lipídios em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.....	34
Tabela 5. Composição em ácidos graxos (%) dos lipídios de filés de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas contendo óleo de soja, de linhaça e extrato de alecrim.....	35
Tabela 6. Análises de variância e coeficiente de variação para os ácidos graxos C18:3n3, C20:3n3, C22:6n3, ácidos graxos da série n-3 e para a relação n-6/n-3 de filés de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.....	36
Tabela 7. Porcentagens médias de ácido graxo C18:3n-3 em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.....	36
Tabela 8. Porcentagens médias de ácido graxo C22:6n-3 em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.....	37
Tabela 9. Porcentagens médias de ácidos graxos da série n-3 em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim....	38
Tabela 10. Análises de variância e coeficiente de variação para o pH, nitrogênio não protéico (NNP), bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	39

Tabela 11. Médias de nitrogênio não protéico - NNP (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e tempo de armazenamento.....	40
Tabela 12. Médias de bases nitrogenadas voláteis totais - BNVT (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.....	41
Tabela 13. Médias de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS (mg MA/kg) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo ou uso de extrato de alecrim e tempo de armazenamento..	43
Tabela 14. Análises de variância e coeficiente de variação para a força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA) e luminosidade (L*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	44
Tabela 15. Médias de capacidade de retenção de água (%) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo e tempo de armazenamento.....	45
Tabela 16. Médias de luminosidade (L*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.....	46
Tabela 17. Análises de variância e coeficiente de variação para aparência, cor, aroma e aceitação geral em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.....	47
Tabela 18. Médias de notas atribuídas à aparência nos filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e fontes de óleo ou tempo de armazenamento.....	48
Tabela 19. Médias de notas atribuídas à cor nos filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e tempo de armazenamento.....	49
Tabela 20. Médias de notas atribuídas à aceitação geral nos filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e fontes de óleo ou tempo de armazenamento.....	49

## CAPÍTULO 3

Tabela 1. Análises de variância e coeficiente de variação para pH, nitrogênio não protéico (NNP), bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.....	56
Tabela 2. Médias de pH em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagem e com tempo de armazenamento.....	57
Tabela 3. Médias de bases nitrogenadas voláteis totais - BNVT (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim e embalagens ou tempo de armazenamento.....	59
Tabela 4. Médias de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS (mg MA/kg) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e com tempo de armazenamento.....	60
Tabela 5. Análises de variância e coeficiente de variação para a força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e luminosidade (L*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.....	62
Tabela 6. Médias de força de cisalhamento - FC (kgf) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e com tempo de armazenamento.....	62
Tabela 7. Médias de capacidade de retenção de água - CRA (%) em filés de tilápia do Nilo e armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e com tempo de armazenamento.....	63
Tabela 8. Médias de luminosidade (L*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e com tempo de armazenamento.....	65

## **AÇÃO DO EXTRATO DE ALECRIM E FONTES DE ÓLEO NA QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO**

**RESUMO** - O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade dos filés de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo óleos de soja e de linhaça e extrato de alecrim, e também verificar a ação antioxidante do extrato de alecrim em filés embalados a vácuo. No primeiro experimento, os peixes foram alimentados com dietas contendo óleo de soja, óleo de linhaça e extrato de alecrim, sendo abatidos, filetados, embalados em filme plástico e armazenados a  $-18^{\circ}\text{C}$  por 90 dias. No segundo experimento, filés de tilápias do Nilo provenientes de um cultivo em represa foram imersos em solução de extrato de alecrim nas concentrações de 0, 400, 800 e 1200 ppm, embalados sob ar atmosférico ou a vácuo e armazenados em gelo por 21 dias. Os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo o extrato de alecrim apresentaram menores teores de lipídios (1,52%) em relação aos sem extrato (1,77%). A quantidade de ácidos graxos da série n-3 foi maior (6,22%) nos filés de tilápias alimentadas com dietas contendo óleo de linhaça do que o de soja (5,42%). Os valores de pH e BNVT para ambos os experimentos ficaram abaixo dos propostos pela legislação brasileira que estabelece limites de 6,50 e 30 mg/100g músculo, respectivamente. Todos os tratamentos apresentaram diminuição do NNP nos filés durante o armazenamento. Os filés de tilápias que receberam extrato de alecrim na dieta e na imersão apresentaram minimização da oxidação avaliada pelo TBARS. A força de cisalhamento diminuiu de 1,61 a 0,36 kgf e de 0,81 a 0,59 kgf, respectivamente para os filés do primeiro e segundo experimento. A capacidade de retenção de água diminuiu para os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo óleo de soja (71,04%) e de linhaça (69,74%) no final do tempo de armazenamento e para os filés embalados a vácuo os valores mantiveram-se estáveis do 7<sup>o</sup> ao 21<sup>o</sup> dia. A luminosidade dos filés aumentou para ambos os experimentos, durante o armazenamento. Foi verificada maior perda por cocção no final do armazenamento para os filés imersos em solução de extrato de alecrim e embalados sob ar atmosférico e a vácuo. A avaliação sensorial indicou preferência pelos filés de tilápias alimentadas com dietas contendo extrato de alecrim.

Conclui-se que o uso do extrato de alecrim tanto na dieta, quanto na imersão foi importante para minimizar a oxidação lipídica nos filés. Os filés congelados por 90 dias apresentaram características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais que não proporcionaram rejeição do produto. A combinação da embalagem a vácuo e o extrato de alecrim potencializou o efeito antioxidante em filés de tilápia do Nilo armazenados em gelo. As alterações ocorridas durante o armazenamento não comprometeram a qualidade de filés de tilápia imersos em extrato de alecrim embalados sob ar atmosférico e a vácuo.

**Palavras-Chave:** ácidos graxos, armazenamento, óleo de linhaça, oxidação, vácuo

## **ACTION OF ROSEMARY EXTRACT AND OIL SOURCES AT QUALITY NILE TILAPIA FILLETS**

**SUMMARY** - The objective of this work was to evaluate the quality of Nile tilapia fillets fed with diets contains soy and flaxseed oil and rosemary extract, and also verify antioxidant action of rosemary extract in fillets vacuum packed. In the first experiment, the fish were fed with diets contain soybean oil, flaxseed oil and rosemary extract, being slaughtered, processed, packing in plastic film and stored at -18°C for 90 days. In the next experiment, fillets were immersed in rosemary extract solution in the concentrations of 0, 400, 800 and 1200 ppm, packed under atmospheric or the vacuum and ice stored for 21 days. Fillets of tilapias fed with diets contain rosemary extract presented lower content of lipids (1.52%) in relation those without extract (1.77%). The amount of n-3 fatty acids was larger (6.22%) found in fillets of tilapias fed with diets contains flaxseed oil of that of soy (5.42%). The values of pH and BNVT for both the experiments were below of recommending for Brazilian legislation that establishes 6.50 e 30 mg/100g muscle, respectively. All the treatments presented reduction of the NNP in fillets during the storage. Fillets of tilapias that received rosemary extract in the diet and the immersion presented minimized of the oxidation evaluated at TBARS. The shear force decrease of 1.61 for 0.36 kgf and of 0.81 for 0.59 kgf, respectively for the fillets of first and second experiment. The liquid holding capacity decrease for fillets of tilapias fed with diet contains soybean oil (71.04%) and flaxseed oil (69.74%) at end of storage time and for fillets packed vacuum the values maintained stable of 7<sup>o</sup> to 21<sup>o</sup> day. The luminosity increased in fillets, for both the experiments, during the storage. It was verified bigger losses for cooking in the end of the storage for fillets immersed in solution of rosemary extract and packed under atmospheric air and the vacuum. The sensory evaluation indicated preference for fillets of tilapias fed with diet contains rosemary extract. It was concluded that the use of the rosemary extract in the diet, how much in the immersion was important to minimize the lipid oxidation in fillets. Fillets frozen stored for 90 days presented the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics that not provided rejection of product. The combination of the vacuum

packing and the rosemary extract improvement antioxidant effect in fillets of Nile tilapia stored in ice. The alterations during the storage not damage the quality of fillets of tilapia immersed in rosemary extract packed under atmospheric air and the vacuum.

**Keywords:** fatty acids, flaxseed oil, oxidation, stored, vacuum

## **CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. Introdução**

Em um mercado consumidor, cada vez mais exigente na busca de alimentos saudáveis, a qualidade dos produtos aquícolas é tão fundamental quanto a quantidade produzida, que demonstra evidente crescimento ao longo dos últimos anos. Entretanto, este aumento na produção gerada pela aquicultura mundial, dificilmente continuará em acelerado crescimento para satisfazer a crescente demanda por produtos pesqueiros. Preocupações relativas aos impactos ambientais causados por esta atividade, principalmente a poluição das águas, o uso de produtos químicos tóxicos, além da competição pelo uso da água, podem estabelecer limites a esta atividade (BOYD, 1999). Portanto, é fundamental, além da exploração de novas espécies, o uso de técnicas apropriadas de manejo, criação e despesca e o aproveitamento racional do pescado após o abate, fatores importantes para o sucesso da atividade aquícola.

O consumo mais acentuado do pescado se iniciou quando sua qualidade nutricional foi destacada associada a um baixo valor calórico (VENUGOPAL et al., 1999). Entretanto, deve-se considerar que o consumo de pescado no Brasil ainda é pouco expressivo, envolvendo fatores diversos e interdependentes, podendo-se citar entre outros, falta de hábito alimentar; baixa aceitação devido ao sabor e cheiro; má qualidade do pescado fresco; falta de padronização dos produtos; dificuldades de distribuição e preparo (MACEDO-VIEGAS, 2000). No entanto, esta situação tende a ser revertida pelas inovações tecnológicas da indústria nacional (OETTERER, 1999), que necessitam de estudos que visem a preservação da qualidade de espécies piscícolas, e a melhoria nos programas de inspeção e de processamento.

O pescado é tido como mais susceptível ao processo de deterioração do que outros produtos cárneos, por ter rápida ação enzimática, característica menos ácida da carne e facilidade de oxidação dos lipídios presentes (LEITÃO, 1977). A velocidade destas reações pode ser diminuída com a refrigeração, ou reduzida por longos períodos pelo congelamento.

Algumas das mudanças que ocorrem durante o processamento, distribuição e preparo final dos alimentos estão relacionadas à oxidação, afetando a qualidade nutricional, cor, odor, sabor e textura (DONNELLY & ROBINSON, 1995). O desenvolvimento de rancidez é um problema para a indústria de alimentos, devido ao acréscimo no uso de óleos polinsaturados vegetais e de peixe e a fortificação de alimentos a base de cereais contendo ferro (FRANKEL, 1996).

Os antioxidantes sintéticos são bastante empregados nos alimentos destinados ao consumo humano, apesar de sua utilização ser restrita ao máximo de 200 ppm (SCHIRCH & MANCINI-FILHO, 2000). Atualmente, devido a divulgação dos benefícios de saúde que podem ser conseguidos com o uso de alimentos naturais, tem-se dado ênfase aos estudos sobre substâncias com atividade antioxidante de alguns alimentos.

Apesar da realização de vários estudos sobre os efeitos antioxidantes de muitas especiarias, mundialmente utilizadas para fins culinários, somente o alecrim (*Rosmarinus officinalis*) ou, mais precisamente, o seu extrato são utilizados comercialmente (MADSEN & BERTELSEN, 1995).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade dos filés de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo óleo de soja e de linhaça e extrato de alecrim, e também verificar ação antioxidante do extrato de alecrim em filés embalados a vácuo.

## **2. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**

É uma espécie exótica, originária da África, pertencente à grande família dos ciclídeos. A tilápia apresenta os primeiros raios das nadadeiras dorsal, pélvica e anal transformados em espinhos defensivos, é um peixe de águas paradas, bastante rústico, possuindo alta prolificidade, pouca susceptibilidade a doenças parasitárias, resistência a baixas concentrações de oxigênio e grande precocidade.

As fêmeas atingem a maturidade sexual muito precocemente, e alguns problemas de superpopulação podem ocorrer em cultivos, utilizando-se machos e fêmeas de tilápia. Deve-se, então, preconizar cultivos exclusivos de machos, pois eles atingem o peso comercial mais cedo (RIBEIRO, 2001).

No Brasil, a tilápia do Nilo, foi introduzida no nordeste em 1971 e, então, distribuída pelo país, cultivada desde a bacia do rio Amazonas até o Rio Grande de Sul. O interesse pelo cultivo desta espécie, no sul e sudoeste do país, cresceu rapidamente nos últimos oito anos pela introdução da tecnologia da reversão sexual e a pesca esportiva, representada pelos pesque-pagues.

Esta espécie é criada em diversos sistemas de cultivo, desde a cultura semi-intensiva em tanques que recebem dejetos animais, como em cultivo intensivo em *raceways* e tanques-rede. Supõe-se que, no Brasil, metade da produção anual de peixes cultivados seja de tilápias (LOVSHIN & CIRYNO, 1998). Assim, é a espécie de maior expressão comercial, sendo, o primeiro peixe oriundo da aquicultura de águas interiores a ser processado na forma de filés resfriados e congelados (MADRID, 2000).

Além dos atributos para a exploração intensiva, como resistência ao manejo, alta produtividade e aceitação à grande variedade de alimentos, esta espécie possui boas características organolépticas, tais como, carne saborosa, baixo teor em gordura, ausência de espinhos intra muscular e rendimento de filé em torno de 35 a 40% em exemplares de peso comercial de 450g (HILSDORF, 1995).

O processo de filetagem realizado pelas indústrias proporciona ótima aceitação pelo mercado consumidor, o que a torna uma espécie de grande interesse para a piscicultura (BORGHETTI & OSTRENSKI, 1998).

### **3. Composição e qualidade da carne de pescado**

O interesse pelo consumo do pescado foi intensificado após a expansão da nutrição como área de conhecimento, a qual apresentou vantagens do pescado como alimento, devido ao seu valor nutritivo, principalmente em relação aos altos teores de vitaminas A e D, cálcio e fósforo, baixa quantidade e considerável qualidade dos lipídios e proteínas de alto valor biológico (OETTERER, 1991; SIKORSKI et al., 1994).

O pescado contém 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína bruta, 1 a 2% de cinzas e 0,6 a 36% de lipídios (OGAWA & MAIA, 1999). A composição em aminoácidos essenciais no pescado é completa, balanceada e bastante semelhante

entre as espécies dulcícolas e marinhas. Os principais aminoácidos encontrados para o tambaqui, pacu, tilápia do Nilo e curimatá avaliados por Maia & Ogawa (2000) foram o ácido glutâmico, ácido aspártico, a lisina, leucina, arginina e alanina.

O pescado é boa fonte de vitaminas, entretanto, nos processos de conservação, como durante a cocção, podem ocorrer perdas em função da exposição ao calor, a luz e ao oxigênio. Dentre as vitaminas encontradas estão as lipossolúveis e tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, ácido pantotênico, ácido fólico e vitamina C. Em relação aos minerais, sódio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, cloro, enxofre, ferro, iodo, cobre, zinco, selênio, cromo e níquel, entre outros são encontrados no músculo dos peixes (OGAWA & MAIA, 1999).

A quantidade de lipídios apresenta variação em função do tipo de músculo corporal, da espécie, sexo, idade, época do ano, *habitat* e dieta. Os lipídios são importantes como fontes de energia, constituintes de membranas celulares, nutrientes essenciais, substâncias controladoras de metabolismo, substâncias isolantes de temperatura e protetores contra danos mecânicos externos (OGAWA & MAIA, 1999). Os lipídios podem também estar associados, positiva ou negativamente, às diversas propriedades como sabor, cor, características emulsificantes e conteúdo calórico.

A diferença entre espécies piscícolas, quanto à composição de ácidos graxos, representa uma das variáveis que determinam as características de processamento, palatabilidade e armazenamento (MAIA & RODRIGUEZ-AMAYA, 1993).

#### **4. Características da fração lipídica do pescado**

A principal característica da fração lipídica dos peixes é o seu alto teor em ácidos graxos insaturados, que apesar de ser uma vantagem nutricional, apresenta maior predisposição à rancidez oxidativa. Os ácidos graxos da gordura dos peixes de água doce são provenientes dos ingeridos na dieta e das modificações fisiológicas (HENDERSON & TOCHER, 1987; HUANG et al., 1998).

A maioria dos ácidos graxos existentes no pescado contém de 14 a 22 átomos de carbono em suas estruturas, sendo os mais comuns entre os ácidos graxos

insaturados, o oléico (18:1n-9), o linoléico (18:2n-6), o alfa-linolênico (18:3n-3), o araquidônico (20:4n-6), o eicosapentaenóico (20:5n-3) e o docosahexaenóico (22:6n-3) (OGAWA & MAIA, 1999).

Rahman et al. (1995) relataram para a tilápia vermelha, valores de 37,7% para ácidos graxos saturados, 39,5% para os monoinsaturados e 21,6% para os polinsaturados, sendo 15,4% de C18:2n-6, 0,09% de C18:3n-3, 1,37% de C20:4n-6, 0,24% de C20:5n-3 e 0,08% de C22:6n-3.

Percentuais de 32,5, 44,8 e 21,4 foram encontrados em filés de tilápia para ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) e polinsaturados (AGPI), sendo 16,6% de C18:2n-6, 2,8% de C18:3n-3, 0,5% de C20:4n-6 e 0,24% de C22:6n-3. O C20:5n-3 não foi detectado (SIQUEIRA, 2001).

Justi et al. (2003) utilizando óleo de linhaça na dieta em diferentes tempos de fornecimento (0 a 30 dias), encontraram valores de 30,8 a 26,6% de C18:2n-6, 1,04 a 4,06% de C18:3n-3, 3,02 a 2,66% de C20:4n-6, 0,12 a 0,16% de C20:5n-3 e 1,39 a 1,60% de C22:6n-3, respectivamente.

Aiura & Carvalho (2004) encontraram em filés de tilápias alimentadas com dietas contendo tanino, 33,85 a 37,05% de AGS e 26,02 a 29,99% de AGPI, e entre estes, o C18:2n-6 variando de 20,64 a 23,32%, o C18:3 n-3 variando de 1,54 a 1,69% e o C22:6 n-3 variando de 1,57 a 2,47%.

A alimentação parece ser um dos principais fatores de interferência no perfil de ácidos graxos em peixes, sendo interessante o uso de alimentos para o enriquecimento de ácidos graxos insaturados na carne, apresentando-se como uma alternativa para aumentar a ingestão dessas substâncias pelos consumidores.

A importância dos lipídios dos peixes na alimentação humana, deve-se à presença de ácidos graxos polinsaturados, principalmente os da série n-3, os quais foram correlacionados à baixa incidência de doenças cardiovasculares nos esquimós e japoneses, devido ao elevado consumo destes ácidos graxos. Pesquisas demonstraram que, o consumo destes ácidos reduziram o risco de doenças como a artrite e câncer (VISENTAINER et al., 2000).

Oetterer (1991) relatou que as doenças cardiovasculares, como a aterosclerose, podem ser minimizadas com a ingestão de pescado, o qual apresenta ácidos graxos da série n-3, que estão relacionados com a diminuição do colesterol sanguíneo. Além deste efeito, foi demonstrada também a redução em outros fatores de risco associados às doenças cardiovasculares (HARRIS, 1999; UAUY & VALENZUELA, 2000), psoríase (MAYER et al., 1998) e ainda na fertilidade (CONQUER et al., 2000).

Os peixes marinhos contêm relativamente grandes quantidades de ácidos graxos polinsaturados n-3, em relação aos de água doce (ANDRADE et al., 1995), provavelmente devido à manutenção das membranas celulares fluidas em baixas temperaturas (HAZEL & ZEBRA, 1986) e à alimentação diferenciada entre as espécies (HENDERSON & TOCHER, 1987).

Huang et al. (1998) relataram a possibilidade da tilápia ser capaz de converter ácidos graxos insaturados de cadeia curta para ácidos graxos de cadeia longa. Esse fenômeno tem sido proposto para peixes de água doce, que podem dessaturar e alongar os ácidos graxos C18 para os polinsaturados. Entretanto, esse fenômeno é mais comum em peixes marinhos.

Apesar da tilápia, particularmente, não requerer ácidos graxos polinsaturados na dieta (TAKEUCHI & WATANABE, 1983; KANAZAWA et al., 1980), filés com maiores quantidades destes ácidos aumentaria sua popularidade entre os consumidores (HUANG et al., 1998), devido aos benefícios para a saúde.

O ácido linoléico é encontrado em sementes de muitas plantas, com exceção do coco, cacau e palma e o ácido alfa-linolênico está largamente presente nos cloroplastos de vegetais verdes frondosos, e em sementes de linhaça e de canola. Algumas amêndoas, como as nozes inglesas, são muito ricas em ácido alfa-linolênico, como também o óleo de peixe (ZIBOH et al., 2000). A semente de linhaça possui 32 a 38% de óleo e teores de 44,6 a 51,5% de alfa-linolênico do total de ácidos graxos (CEOTTO, 2000). O óleo de linhaça comercial apresenta aproximadamente 8g de linolênico, 1,5g de linoléico e 3g de oléico em 15 mL do produto.

Um aspecto importante na ingestão desses ácidos graxos é a relação n-6/n-3, pois valores elevados desta razão geram um desbalanceamento de ácido graxos no

organismo humano, provavelmente contribuindo para o desenvolvimento de processos inflamatórios, desordem do sistema imune, hipertensão e disfunções neurológicas (KINSELLA, 1986).

Simopoulos et al. (1999) sugeriram para a relação n-6/n-3, um intervalo entre 5 e 10 para esta razão. Enquanto que, Enser et al. (1998), baseado em informações do Departamento de Saúde da Inglaterra para alimentos integrais, recomendam que a razão n-6/n-3 seja no máximo 4,0. Ziboh et al. (2000) aconselham manter um valor entre 6 a 10 para a relação, a qual pode ser encontrada no azeite de oliva.

A relação n-6/n-3 obtida através dos dados encontrados por Huang et al. (1998) em músculo de tilápia foi de 6,73, 4,68, 4,77, 1,05 e 0,67 utilizando dietas isenta de lipídio, com banha de porco, óleo de soja, óleo de peixe e ésteres de ácidos graxos altamente insaturados, respectivamente.

Justi et al. (2003) encontraram valores de 10,9, 8,26, 5,81, 4,34 para a relação n-6/n-3 em filés de tilápia através do fornecimento de uma dieta contendo óleo de linhaça nos tempos 0, 10, 20 e 30 dias, respectivamente.

Sant'Ana & Mancini-Filho (2000) obtiveram para a relação n6/n3, valores de 10,44, 7,77, 8,40 e 8,53 em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com dietas, controle, com adição de BHT, tocoferol e extrato de alecrim. Os peixes também foram tratados com irradiação após o abate, e apresentaram valores para esta relação de 11,60, 9,66, 8,22 e 11,29 para as respectivas dietas, com dose de 3 kGy de irradiação.

## **5. Alterações no pescado após o abate**

A deterioração do pescado se inicia logo após a morte pela autólise e a decomposição bacteriana. De acordo com Contreras-Guzmán, (1994) as reações *post-mortem* podem ser classificadas, conforme os efeitos que causam, em: modificações das propriedades físicas do músculo, degradação do glicogênio, degradação dos nucleotídeos e alteração das proteínas (desnaturação e autólise).

A preponderância de um ou outro fator de deterioração varia, sobremaneira, em função da composição do pescado, condições de captura, estocagem e intensidade de

manuseio (LEITÃO, 1988). A liberação de muco por glândulas situadas sob a pele dos peixes ocorre como uma reação do organismo ao ambiente adverso encontrado fora da água, também contribuindo para a deterioração rápida do pescado, uma vez que a maior parte do muco é constituída pela mucina, uma glicoproteína, que é excelente meio de desenvolvimento de microrganismos (GEROMEL & FOSTER, 1989).

Imediatamente após a morte do peixe, a entrada de oxigênio cessa, e os produtos metabólicos não oxidados no sangue e nos músculos paralisam o sistema nervoso fazendo com que ocorra hiperemia e a liberação de muco, fase de pré *rigor-mortis* que dura de 1 a 2 horas, conferindo maciez à carne do peixe (OLIVEIRA, 2004).

O abate por choque térmico deve ser realizado rapidamente após a captura, evitando que os peixes sofram fadiga excessiva e percam as reservas energéticas, importantes para mantê-los mais tempo na fase pré *rigor-mortis* retardando, assim, a ação enzimática e de microrganismos da flora intestinal. Nesta fase ocorre o consumo de glicogênio e formação de ácido láctico, promovendo o enrijecimento da carne e aumento da acidez, caracterizando assim a fase de *rigor-mortis* (SIQUEIRA, 2001).

Na fase de *rigor-mortis* não ocorre deterioração, então, quanto mais glicogênio o peixe tiver, maior será o tempo para esta fase se instalar, prolongando também o seu tempo, além do meio estar mais ácido, o que é desfavorável ao desenvolvimento de microrganismos.

A duração do *rigor-mortis* é variável, podendo durar de 2 a 18 horas, dependendo do manejo, da captura e da temperatura do ambiente, sendo definido pela perda de elasticidade e extensibilidade dos músculos, como resultado dos ciclos de contração e relaxamento (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

Assim, quanto maior for o tempo para o músculo entrar e permanecer em *rigor-mortis*, mais lentas serão as alterações e maior a vida de prateleira do produto. Ao final do *rigor-mortis* é então possível ocorrer à proteólise, com desprendimento de metabólitos voláteis de hidrólise protéica como as bases nitrogenadas e a amônia, com odor característico (OETTERER, 2002), ocorrendo ainda, a elevação do pH e a rápida ação dos microrganismos endógenos e exógenos (OLIVEIRA, 2004).

As bases nitrogenadas voláteis compreendem compostos como amônia, trimetilamina e dimetilamina. No início do processo degradativo, a base volátil mais representativa é a amônia, originada dos produtos da desaminação dos derivados do ATP. Posteriormente, ocorre formação de amônia, a partir de outros compostos nitrogenados, como aminoácidos e trimetilamina formada pelo óxido de trimetilamina (OGAWA & MAIA, 1999). Segundo esses autores, nos peixes em excelente estado de frescor, o teor de bases nitrogenadas voláteis atinge 5 a 10 mg/100g de músculo, e em peixes com frescor razoável podem atingir de 15 a 25 mg/100g.

A legislação brasileira estabelece valor limite de 30 mg/100g para bases nitrogenadas voláteis totais em músculo de peixe fresco.

## **6. Deterioração microbiana**

Um grande grupo de bactérias existe na superfície corporal, trato gastrointestinal e respiratório (guelras) dos peixes vivos, coexistindo em equilíbrio biológico. Com a despesca, as defesas naturais do pescado deixam de existir e as bactérias atravessam as barreiras da parede intestinal e das brânquias em busca de alimento.

As condições microbiológicas dependem de vários fatores como a natureza do produto, transporte, manipulação, contato com gelo, superfícies, equipamentos, estocagem e comercialização, sendo importante o aspecto higiênico durante a manipulação do pescado. Uma das maneiras de inibir ou retardar o desenvolvimento bacteriano é a diminuição da temperatura através da utilização de gelo, refrigeração, ou o congelamento.

Para que ocorra o desenvolvimento e multiplicação de microrganismos, é necessário que no meio se encontrem elementos nutritivos e condições favoráveis como: oxigênio, valor de pH ótimo (para a maioria das bactérias está entre 5 e 8), umidade (os microrganismos somente se desenvolvem em um meio com atividade de água ideal) e temperatura, este último de grande importância, pois a medida que se reduz a temperatura, o desenvolvimento destes microrganismos torna-se cada vez mais lento (PEREIRA, 1997).

A maioria dos microrganismos presentes no pescado apresenta atividade proteolítica e lipolítica, contribuindo para a desintegração dos tecidos e levando a uma série de reações bioquímicas indesejáveis (KAI & MORAIS, 1998), produzindo diversos metabólitos que afetam o sabor e o odor, como: amônia, aminas, indol e histamina.

A atividade bacteriana é também evidenciada pelos seus sistemas enzimáticos decompondo as proteínas, nos estágios finais de deterioração. Porém logo após o *rigor-mortis*, as bactérias se favorecem dos produtos da hidrólise resultantes da autólise, como: aminoácidos, substâncias nitrogenadas não protéicas, uréia e histidina (PEREIRA, 1997).

Entre os gêneros que fazem parte da microbiota natural do pescado podem ser citados *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Shewanella*, *Flavobacterium* e *Micrococcus*. Os mais importantes deteriorantes são os gêneros *Pseudomonas* e *Shewanella*, principais responsáveis pelas alterações organolépticas do pescado devido a formação de trimetilamina, ésteres, substâncias voláteis e outros compostos. Esses gêneros são importantes, não só por serem de natureza psicrotrófica, mas principalmente pela capacidade de utilizarem para o seu desenvolvimento substâncias nitrogenadas não protéicas (FRANCO & LAMDGRAF, 2003).

No pescado pode, ainda, ocorrer a presença de outras bactérias como coliformes, clostrídios, *Salmonella* e *Staphylococcus aureus*, podendo estar relacionada com a matéria-prima, o ambiente ou ainda ser consequência de manuseio e/ou estocagem incorretos durante o processamento e a comercialização (HOFFMANN et al., 1999).

Leitão (1988) relatou que a intensidade da contaminação do pescado depende de inúmeros fatores, tais como, temperatura, grau de poluição das águas e vísceras repletas ou não de alimentos, situação em que a população bacteriana varia entre  $10^2$  a  $10^5$  UFC/cm<sup>2</sup> na superfície,  $10^3$  a  $10^7$  UFC/g nas guelras e  $10$  a  $10^8$  UFC/g nas vísceras de espécies de pescado capturadas em diversas condições.

O controle sobre os microrganismos, principais agentes de degradação do pescado, é de extrema importância na preservação da qualidade e conservação do pescado. No Brasil, os padrões microbiológicos para pescado estabelecidos pelo

Ministério da Saúde são: *Salmonella*: ausência em 25g; coliformes fecais: máximo de  $10^2$ /g; *Staphylococcus aureus*: máximo de  $10^3$ /g; contagem padrão em placas: máximo de  $10^6$ /g (BRASIL, 2001).

## 7. Degradação lipídica

A oxidação lipídica é uma das principais reações deteriorativas que ocorrem durante o processamento, distribuição, armazenamento e preparo final dos alimentos. É responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis nos alimentos, tornando-os impróprios para o consumo. Além disso, também pode provocar alterações que irão afetar a qualidade nutricional, a integridade e a segurança dos alimentos, devido a formação de compostos potencialmente tóxicos que podem estar relacionados com o câncer de cólon, doenças cardiovasculares e depressão do sistema imune (FRANKEL, 1980; NAWAR, 1985; ARUOMA, 1993; KUBOW, 1993).

Os lipídios do pescado são formados, em sua maioria, por ácidos graxos insaturados que, interagindo com o oxigênio do ar, resultam em sua oxidação. Essa característica da fração lipídica, embora seja nutricionalmente positiva é preocupante industrialmente, pois quanto mais insaturado o lipídio, maior a possibilidade de desenvolvimento do ranço (PRADO, 1984).

Os ácidos graxos insaturados são as estruturas mais susceptíveis ao processo oxidativo, havendo uma dependência direta entre o grau de insaturação e a susceptibilidade à oxidação (COSGROVE et al., 1987). As gorduras também são degradadas por bactérias em processos que envolvem hidrólise de triglicerídeos, as quais podem acelerar as reações de oxidação dos lipídios com formação de compostos carbônicos, como aldeídos e cetonas de cadeia curta (PEREIRA, 1997).

Portanto, a fração lipídica dos peixes está sujeita a uma série de reações que podem ocasionar modificações de suas estruturas, afetando o valor nutricional e também os padrões de qualidade, como cor, odor, sabor e textura (HSIEH & KINSELLA, 1989; DONNELLY & ROBINSON, 1995).

São inúmeras as consequências nutricionais da oxidação lipídica, dentre elas, podem ser citadas: destruição parcial dos ácidos graxos insaturados essenciais, como linoléico e linolênico; destruição parcial de vitaminas lipossolúveis como a vitamina A, carotenóides e tocoferóis; formação de compostos capazes de reagir, principalmente com proteínas diminuindo a absorção destas, irritação na mucosa intestinal por peróxidos, entre outras (FERRARI, 1998).

Os lipídios podem ser oxidados de várias formas:

- Oxidação enzimática: ocorre pela ação das enzimas lipoxigenases que atuam sobre os ácidos graxos polinsaturados, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada polinsaturada. O resultado é a formação de peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas que podem envolver-se em diferentes reações degradativas (HALLIWELL et al., 1995; SILVA et al., 1999).

- Fotoxidação: esta é promovida essencialmente pela radiação UV em presença de fotossensibilizadores (clorofila, mioglobina, riboflavina e outros), que absorvem a energia luminosa de comprimento de onda na faixa do visível e a transferem para o oxigênio triplete ( $^3\text{O}_2$ ), gerando o estado singlete ( $^1\text{O}_2$ ) (BERGER & HAMILTON, 1995). O oxigênio singlete reage diretamente com as ligações duplas por adição, formando hidroperóxidos diferentes dos que se observam na ausência de luz e de sensibilizadores e que por degradação posterior originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (SILVA et al., 1999).

- Autoxidação: é o principal mecanismo de oxidação de óleos e gorduras (BERGER & HAMILTON 1995). Está associada à reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados e ocorre em três etapas: 1) iniciação: ocorre formação dos radicais livres do ácido graxo devido à retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo, em condições favorecidas por luz e calor (TOLEDO et al., 1985); 2) propagação: os radicais livres que são prontamente susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico, são convertidos em outros radicais, aparecendo os produtos primários de oxidação (peróxidos e hidroperóxidos) cuja estrutura depende da natureza dos ácidos graxos presentes. Os radicais livres formados atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico (TOLEDO et al., 1985); 3) término: dois

radicais combinam-se, com a formação de produtos estáveis (produtos secundários de oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis) (BERGER & HAMILTON, 1995; HALLIWELL et al., 1995).

Assim, os hidroperóxidos formados são rapidamente quebrados, em oxidações secundárias, produzindo então aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos carboxílicos que conferem às carnes um odor característico e em alguns casos uma coloração amarelada (McCALL & FREI, 1999). Essa propagação continua até que um radical seja removido por uma reação com outro radical ou com um antioxidante.

O malonaldeído é o aldeído mais encontrado como produto da oxidação lipídica, sendo produzido durante a autooxidação dos ácidos graxos polinsaturados (TORRES & OKANI, 1997). Segundo Torres & Okani (1997) o malonaldeído, além de outros compostos da oxidação lipídica, possuem relação com a formação de câncer em seres humanos.

Um dos métodos mais utilizados para avaliar a extensão da estabilidade lipídica em produtos cárneos é o teste de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico). Apesar de suas limitações, é o método mais utilizado na avaliação da oxidação de lipídios em carnes e produtos cárneos (RAHARJO et al., 1993).

O teste de TBA quantifica o malonaldeído (MA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos polinsaturados, formado durante o processo oxidativo. O MA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3. A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído (Figura 1), 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 quantificação de malonaldeído é feita a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas de malonaldeído. Os padrões mais 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 (St ANGELO, 1996).

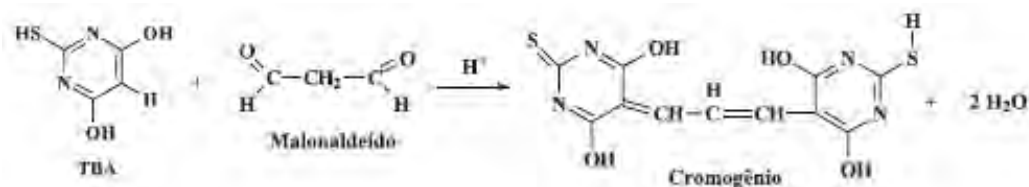


Figura 1. Reação do teste de TBA entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído, formando o composto colorido, medido espectrofotometricamente a 532 nm.

Particularmente para carnes, pescados e derivados, a informação do número de TBA é bastante relevante. Processos envolvidos na elaboração de produtos cárneos que incluem moagem, mistura e cozimento favorecem a formação do malonaldeído, sendo fundamental o emprego do teste na avaliação da qualidade do produto final (SQUIRES et al., 1991; RAHARJO et al., 1993). 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 (LAI et al., 1991).

Lee & Toledo (1977) observaram que o descongelamento de pescados propiciou um marcante aumento no número de TBA, e o contato das amostras com o ferro dos equipamentos de processamento resultou num aumento pronunciado no número de TBA, pois o ferro catalisa a oxidação lipídica.

Pescados, em geral, apresentam maiores valores de TBA do que carnes bovinas, suínas e frangos. Esse fato está associado à rica composição em ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa presentes nos pescados, favorecendo a formação do malonaldeído como produto secundário da oxidação de lipídios (OSAWA et al., 2005).

A avaliação da peroxidação lipídica foi realizada por Luzia et al. (2000) em várias espécies de pescados, inclusive a tilápia (*Oreochromus sp*), com o objetivo de verificar a integridade da fração lipídica recomendada em dietas que buscam os ácidos graxos da série ômega-3. Os autores encontraram valores de TBA de 0,235 mg/kg no verão e,

0,117 mg/kg no inverno, ambos dentro de limite considerado satisfatório pelos pesquisadores, porém, ocorrendo a rancidez.

Ke et al. (1984) trabalhando com várias espécies de pescado, sugeriram valores inferiores a 0,576 mg MA/kg, como baixos, entre 0,648 e 1,44 mg MA/kg, como levemente rançosos, e valores superiores a 1,51 mg MA/kg como rançosos e inaceitáveis. Segundo Al-Kahtani et al. (1996) o produto pode ser considerado em bom estado, apresentando valores abaixo de 3,0 mg de malonaldeído/kg de amostra.

Sant'Ana & Fernandes (2000) encontraram valores de TBA em torno de 0,41, 0,62, 0,59 e 1,49 µg MA/g em filés de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) armazenados congelados em 0, 30, 60 e 90 dias, respectivamente.

## **8. Conservação do pescado**

No Brasil, o pescado é comercializado principalmente fresco inteiro, e o cuidado com a manutenção do produto sob efeito do frio é imprescindível. É importante que se realize uma lavagem no pescado para remover parte das bactérias do limo superficial podendo, assim, reduzir a velocidade de deterioração. A evisceração também elimina bactérias e enzimas digestivas, e a posterior lavagem deve eliminar os restos de sangue e vísceras, como a retirada da cabeça, removendo parte da carga microbiana contida nas guelras (OETTERER, 2002). As alterações físicas, químicas e biológicas que ocorrem no peixe logo após a morte podem ser minimizadas com a refrigeração, ou retardadas por longos períodos pelo congelamento.

O uso de gelo é bastante comum na preservação do pescado, entretanto alguns cuidados devem ser importantes, como a higiene do local, a origem da água, o tamanho do gelo, o formato e a distribuição homogênea, para que o pescado esteja realmente em contato com o gelo sem sofrer deformação ou ferimentos.

A refrigeração mantém o valor nutritivo do pescado, se conduzido de forma adequada, evitando o *drip*, que ocasiona perda de nutrientes, aminoácidos e vitaminas hidrossolúveis, sendo importante a utilização de embalagens para evitar a desidratação na câmara fria, que pode provocar a oxidação de lipídios (OETTERER, 1998).

O resfriamento deve ser feito logo após o abate, para manter as qualidades do músculo, como: maciez, capacidade de retenção de água e cor. No entanto, pequenas variações na temperatura podem ser efetivas no aumento da vida útil, além de evitar ou retardar reações enzimáticas, envolvidas no processo de autólise, como também a proliferação de microrganismos, que contribuem para a deterioração do alimento (OGAWA & MAIA, 1999).

De acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, do Ministério da Agricultura, o pescado é considerado “fresco”, quando não sofre qualquer processo de conservação, a não ser ação do gelo, enquanto o “resfriado” é o devidamente acondicionado em gelo e mantido em temperaturas de -0,5 a -2°C.

A temperatura de armazenamento é importante na manutenção da qualidade do produto, quando este se encontra congelado. Nesta condição, o crescimento microbiano é inibido, mas algumas reações químicas prosseguem a uma menor velocidade. Assim, quanto menor a temperatura, maior o tempo de estocagem (PEREIRA, 1997).

A deterioração natural limita o tempo de vida útil do pescado pós-captura, e tem induzido pesquisas visando o desenvolvimento de métodos para retardar o crescimento microbiano e as reações enzimáticas (SOCCOL et al., 2003). Métodos combinados para preservação dos alimentos determinam estabilidade e segurança, resultando em produtos com propriedades sensoriais e nutritivas adequadas (LEISTNER, 1992). Assim, o estudo de técnicas para prolongar a vida útil do pescado aliado à preservação da qualidade, pode envolver vários processos de conservação, que associados entre si, podem maximizar seus benefícios.

O tratamento do pescado com ácidos orgânicos, acondicionamento em atmosfera modificada e o vácuo, vem sendo avaliados para a sua conservação. A atmosfera da embalagem pode ser modificada com diversos gases como CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

Devido ao processo oxidativo envolver oxigênio, a utilização de embalagem a vácuo para o pescado parece ser uma boa alternativa para minimizar os efeitos desse processo. Soccol et al. (2005) observaram que a embalagem a vácuo de filés de tilápia

do Nilo associada ao ácido acético foi o tratamento que manteve as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais mais estáveis durante o armazenamento a 1º C por 20 dias.

No processo a vácuo o produto é colocado em uma embalagem com baixa permeabilidade ao oxigênio, o ar é retirado e a embalagem lacrada. A atmosfera gasosa da embalagem a vácuo é baixa, situando-se entre 2 a 5% de O<sub>2</sub> (SILLIKER & WOLF, 1980).

Portanto, os processos oxidativos podem ser minimizados ou evitados por meio de modificações das condições ambientais como embalagem a vácuo e sob atmosfera modificada, utilização de substâncias como ácidos orgânicos e também pela utilização de substâncias antioxidantes com propriedades de impedir ou diminuir o desencadeamento das reações oxidativas.

Muitos estudos têm indicado que a oxidação de lipídios em produtos cárneos pode ser controlada ou minimizada pelo uso de antioxidantes sintéticos ou compostos isolados de produtos naturais (GRAY et al., 1996).

## **9. Antioxidantes**

Uma substância antioxidante pode ser definida como um composto ou substância química que inibe a oxidação ou qualquer substância que, quando presente em baixa concentração comparada à do substrato oxidável, diminui ou inibe significativamente a oxidação do mesmo (ABDALA, 1993).

Existe uma grande variedade de compostos, tanto naturais quanto sintéticos, com propriedades antioxidantes, embora para seu uso em alimentos devam cumprir certos requerimentos, sendo um deles a segurança para a saúde humana (NAWAR, 1996).

Os antioxidantes são capazes de inibir a oxidação de diversos substratos, de moléculas simples a polímeros e biosistemas complexos, por meio de dois mecanismos: o primeiro envolve a inibição da formação de radicais livres que possibilitam a etapa de iniciação; o segundo abrange a eliminação de radicais

importantes na etapa de propagação, como alcóxila e peróxila, através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeia (NAMIKI, 1990; SIMIC & JAVANOVIC, 1994).

Os antioxidantes, tanto sintéticos quanto naturais, são utilizados comumente em vários alimentos, especialmente nos que contêm óleos e gorduras. Os lipídios nos alimentos e particularmente os que contêm AGPI são facilmente oxidados (reação em cadeia). Os tocoferóis naturais, o  $\alpha$ -tocoferol sintético e outros antioxidantes fenólicos sintéticos são efetivos em inibir a iniciação da oxidação (PAPAS, 1993).

Os antioxidantes sintéticos são bastante utilizados nas indústrias de alimentos devido ao baixo custo, alta estabilidade e eficácia. Os principais antioxidantes sintéticos são: butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), tercio-butil-hidroxiquinona (TBHQ), e propil galato (PG) (Figura 2).

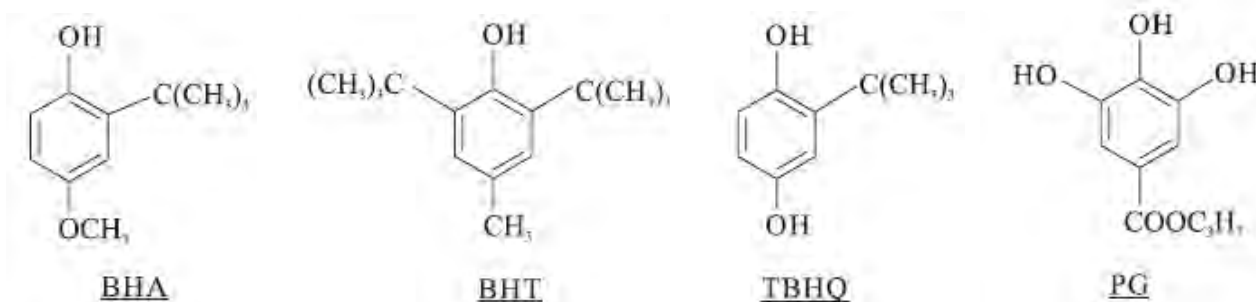


Figura 2. Estrutura química dos principais antioxidantes sintéticos.

A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de um próton a um radical livre, regenerando, assim, a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres. Dessa maneira, os derivados fenólicos transformam-se em radicais livres. Entretanto, estes radicais podem se estabilizar sem promover ou propagar reações de oxidação (BUCK, 1981).

Estudos toxicológicos com animais têm demonstrado a possibilidade de antioxidantes sintéticos apresentarem efeito carcinogênico (BOTTERWECK et al., 2000). Em outros estudos, o BHA mostrou induzir hiperplasia gastrointestinal em

roedores por um mecanismo desconhecido; em humanos, a relevância dessa observação não está clara (CRUCES-BLANCO et al., 1999).

Por estes motivos, o uso destes antioxidantes em alimentos é limitado, sendo que o TBHQ não é permitido no Canadá e na Comunidade Econômica Européia (REISHE et al., 1997). No Brasil, o uso destes antioxidantes é controlado pelo Ministério da Saúde que limita a 200 mg/kg para BHA e TBHQ e 100 mg/g para BHT como concentrações máximas permitidas.

Tendo em vista os indícios de problemas que podem ser provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, pesquisas estão sendo dirigidas no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos (SOARES, 2002).

## **10. Antioxidantes naturais**

Os compostos antioxidantes naturais foram isolados de diferentes partes de plantas tais como sementes, frutas, folhas e raízes. Para Wanasundara et al. (1997), muitos são os componentes naturalmente presentes nos alimentos que apresentam atividade antioxidante, incluindo flavonóides, precursores de lignanos, ácidos fenólicos, terpenos, tocoferóis, fosfolipídeos.

Os compostos fenólicos são uns dos maiores grupos de componentes dietéticos que estão associados com a inibição da oxidação em alimentos e em sistemas biológicos, sendo substâncias bioativas que ocorrem largamente em alimentos de origem vegetal e muito deles são bons suprimentos de antioxidantes naturais (SCHIRCH & MANCINI-FILHO, 2000).

Os antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais livres e, algumas vezes, como quelantes de metais (SHAHIDI & WANASUNDARA, 1992), agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo.

Grande variedade de substâncias de origem vegetal têm sido estudadas, tanto em alimentos como em sistemas biológicos, sendo as propriedades antioxidantes de

ervas e especiarias indicadas como efetivas em retardar o processo de peroxidação lipídica em óleos e alimentos gordurosos (MILOS et al., 2000). As especiarias têm despertado o interesse de muitos grupos de pesquisa, devido a facilidade de incorporação em óleos e gordura, apresentando a vantagem da aceitação imediata pelo consumidor e da sua utilização não ser limitada pela legislação (BROOKMAN, 1991).

As especiarias mais estudadas como antioxidante, conforme diversos autores NAKATANI (1992, 1994); SHAHIDI & WANASUNDARA (1992); MADSEN & BERTELSEN (1995) são o orégano, alecrim, sálvia, tomilho, pimenta malagueta, pimenta vermelha, gengibre, gergelim, canela e cravo da Índia, das quais o alecrim e a sálvia foram consideradas as mais eficazes.

O alecrim é uma planta oriunda da região mediterrânea da Europa, semi-arbustiva, lenhosa, de ciclo perene e que atinge até 2 metros de altura, muito conhecida pela medicina e culinária. As folhas são lineares, estreitas, opostas, coriáceas e sésseis. Tem coloração verde na parte superior do limbo e na inferior são esbranquiçadas, com pêlos bem finos. As flores são azul-violeta e agrupadas em inflorescências axilares do tipo cacho.

A atividade antioxidante de extratos de alecrim foi atribuída a um grande número de compostos fenólicos, com destaque para os diterpenos (o ácido carnósico e o carnosol), e os ácidos rosmarínico e caféico (FRANKEL et al., 1996; CUVELIER et al., 2000). O ácido carnósico pode ser oxidado e formar outros componentes como o carnosol, rosmanol, epirosmanol, 7-metilepirosmanol (MASUDA et al., 2001). Na Figura 3 estão apresentadas algumas estruturas de compostos encontrados no extrato de alecrim.

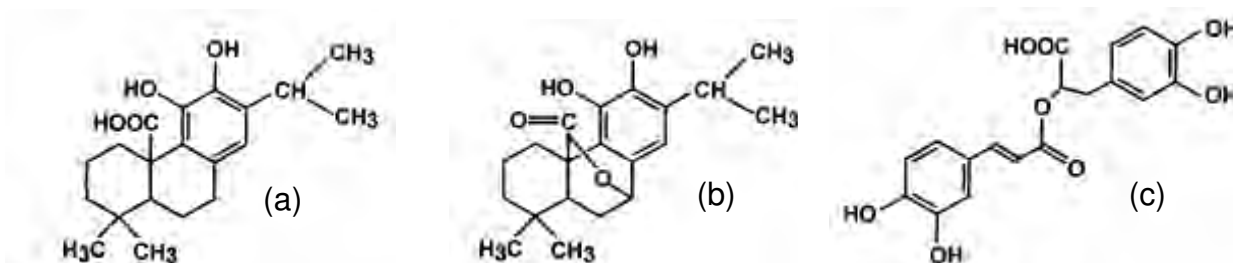


Figura 3. Estrutura química do ácido carnósico (a), carnosol (b) e ácido rosmarínico (c).

O extrato de alecrim encontra-se disponível nas formas líquida, solúvel em óleo ou água, e em pó, sendo que em sistemas lipídicos é mais efetivo o extrato com alta quantidade de diterpenos fenólicos (HOPIA et al., 1996) e em sistemas aquosos o ácido rosmarínico possui maior poder antioxidante (CUVELIER et al., 2000).

O efeito antioxidante do alecrim foi descrito como, tão efetivo quanto o BHA e equivalente ao BHT (NAKATANI & INATANI, 1984; HOULIHAN et al., 1985).

Wu et al. (1982) confirmaram a eficiência antioxidante do extrato metanólico de alecrim (0,02%) em banha armazenada no escuro por 6, 14, 21, 28 e 36 dias através da determinação do índice de peróxido. A eficiência do extrato de alecrim foi comparável ao BHT e superior ao BHA nas mesmas concentrações.

Schirch & Mancini-Filho (2000) avaliando a atividade antioxidante de diferentes extratos de alecrim em sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico verificaram que o extrato alcoólico apresentou melhor atividade antioxidante em relação ao etéreo e aquoso, com uma média de 73,15% de proteção em 100% de oxidação do  $\beta$ -caroteno. Esses autores também demonstraram que os compostos fenólicos da fração solúvel apresentaram um efeito antioxidante de 92,2% em uma concentração de 20 $\mu$ L/mL, sendo superior ao BHT, que com o mesmo volume apresentou 60,2% de proteção.

Del Baño et al. (2003) verificaram alta correlação ( $r^2 > 0,96$ ) entre fatores de proteção e a quantidade de diterpenos fenólicos no extrato de alecrim em pó, tanto em sistema aquoso como lipídico, especialmente devido ao ácido carnósico e o carnosol, sendo responsáveis pela alta atividade antioxidante do extrato de alecrim. Essa atividade, também, foi relatada por Aruoma et al. (1996), Hopia et al. (1996); Huang et al. (1996) e Masuda et al. (2001).

A ação antioxidante de um extrato de alecrim comercial foi avaliada em vários sistemas alimentares como óleos vegetais (PALIC & DIKANOVIC-LUCAN, 1995), carne bovina (WONG et al., 1995), peixes (BOYD et al., 1993), comparando a eficiência contra a oxidação com os respectivos antioxidantes comerciais, BHA,  $\alpha$ -tocoferol e TBHQ.

O'Grady et al. (2006) verificaram significativa melhora na estabilidade lipídica e na cor em carne bovina, utilizando extrato de alecrim e catequinas de chá verde. Os

autores também utilizaram estas substâncias na alimentação dos animais, mas não verificaram efeito no pH, cor, estabilidade lipídica e nas propriedades sensoriais da carne.

O efeito antioxidante dos extratos de alecrim, de sálvia e tocoferol foi avaliado por Wong et al. (1995) em carne bovina. Os autores verificaram que o melhor efeito antioxidante foi oferecido pelo tocoferol, seguido dos extratos de alecrim e de sálvia, e que as amostras sem adição de antioxidantes tiveram tendência à oxidação, sendo os três antioxidantes considerados eficazes.

O acompanhamento da peroxidação durante a estocagem por 8 dias a  $-20^{\circ}\text{C}$  de amostras de carne bovina irradiada e adicionada de vitamina E e extratos aquoso e oleoso de alecrim foi realizado por Formanek et al. (2003). Verificaram que todos os tratamentos foram efetivos na inibição da oxidação durante o período de estocagem.

A atividade antioxidante de compostos naturais e sintéticos na conservação de carne de frango desidratada foi analisada por Nissen et al. (2000). Observaram que o nível de oxidação foi altamente dependente do tipo de antioxidante utilizado, os quais foram significativamente melhores do que o controle, sendo o extrato de alecrim e o antioxidante sintético os que proporcionaram menores oxidações.

Sebranek et al. (2005) verificaram que o extrato de alecrim na concentração de 2500 ppm proporcionou o mesmo efeito antioxidante que a combinação de BHA/BHT em linguças de porco refrigeradas por 14 dias. Em outro estudo, com linguças *in natura* e pré cozidas congeladas por 112 dias, os autores verificaram que o extrato de alecrim apresentou efeito semelhante ao BHA/BHT, mantendo menores valores de TBA para as linguças pré cozidas, entretanto para as *in natura*, o extrato de alecrim foi mais efetivo que os antioxidantes sintéticos na prevenção do aumento nos valores de TBA.

Wada & Fang (1992) reportaram que o  $\alpha$ -tocoferol apresentou efeito antioxidante maior do que o extrato de alecrim no músculo escuro de sardinha. Mostraram ainda, que a mistura destes dois compostos apresentou efeito antioxidante sinérgico durante a estocagem a  $5^{\circ}\text{C}$  de filé moído de bonito.

Khalil & Mansour (1998) testaram vários tipos de antioxidantes em filés de carpa comum estocados a  $5^{\circ}\text{C}$  por 16 dias, em níveis variando de 50 a 300 ppm. O

antioxidante mais efetivo em prevenir a oxidação foi o antrancine 350 (propil galato, TBHQ e ácido cítrico), seguido dos sustane HW-4 (20% BHT e 10% BHA), sustane 20 (20% TBHQ e 10% ácido cítrico), pristene RW (extrato de alecrim solúvel em água), pristene 180 (70% de compostos naturais misturado a tocoferóis), pristene RO (extrato de alecrim solúvel em óleo), pristene 189 (38% de compostos naturais misturado a tocoferóis e 5% de ácido cítrico) e controle (isento de antioxidante).

A ação antioxidante do extrato de alecrim comercial em filés de pacu armazenados por 30 dias a  $-35^{\circ}\text{C}$  foi avaliada por Sant'Ana & Mancini-Filho (1999). Verificaram que o extrato protegeu os filés contra a oxidação, e que o grau de proteção foi dependente do perfil de ácidos graxos do filé, mostrando assim, a importância da dieta nos processos oxidativos *in vivo*.

As propriedades antioxidantes do TBHQ-ácido ascórbico e do extrato de alecrim foram determinadas por Boyd et al. (1993) pela adição das soluções antioxidantes individuais e combinadas em *flakes* de peixes cozidos e estocados a  $-20^{\circ}\text{C}$  durante 90 dias. Observaram que a inibição oxidativa foi efetiva pelas soluções avaliadas. A combinação dos antioxidantes foi mais eficiente em prevenir a formação de malonaldeído com valores de TBA de  $0,45 \text{ mg.kg}^{-1}$ , seguido de TBHQ-ácido ascórbico, extrato de alecrim e controle, com valores respectivos de 0,49, 0,74 e  $1,60 \text{ mg/kg}$ . Concluíram também que a temperatura de estocagem parece ter efeito na estabilidade da oxidação, pois os valores de TBA para amostras estocadas a  $-70^{\circ}\text{C}$  ( $1,36 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) foram menores do que a estocada a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

O efeito da inclusão de diferentes teores de toucinho suíno (15 a 20%) e de alecrim (0,05 e 0,1%) na aceitação sensorial do embutido fresco de carne ovina foi avaliado por Souza et al. (2005a). Concluíram que a inclusão de 15% de toucinho suíno e de 0,1% de alecrim foi a mais adequada para o embutido fresco. Observaram que os tratamentos influenciaram a força de cisalhamento (0,32 a 0,86 kg) e as substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico aos sete dias de armazenamento (0,75 a 1,75 mg MA/kg), sem alterar as perdas de peso durante o cozimento do embutido (41,6%). Lira et al. (2000) relataram valores de 0,6 a 2,0 mg de MA/kg de amostra para percepção de rancidez em alimentos cárneos, avaliados sensorialmente por provadores treinados.

Nassu et al. (2003) também indicaram o efeito benéfico do uso de alecrim (0,025 a 0,05%), como antioxidante natural, na aceitação de embutidos de carne caprina.

Cuvelier et al. (1996) relataram que alguns componentes do extrato de alecrim podem exercer atividade antibacteriana, sendo que Del Campo et al. (2000) consideraram os diterpenos fenólicos os responsáveis por essa atividade.

Fernández-Lopes et al. (2005) concluíram que o extrato de alecrim promoveu efeito antioxidante efetivo em almôndegas de carne bovina, melhorando a aceitabilidade do produto. O efeito antibacteriano também foi observado quando se adicionou o extrato de alecrim ao produto, mas os autores recomendaram medidas adicionais para controlar os microrganismos.

Djenane et al. (2003) relataram que o alecrim teve efeito antimicrobiológico em estudo com bifes de carne bovina. Entretanto, Ismail et al. (2001) e Sagdic & Ozcan (2003) indicaram que o alecrim não apresentou efeito na inibição ou crescimento de microrganismos em carne de frango.

Terra et al. (2000) verificaram o efeito antimicrobiano do extrato de chá preto, extrato de alecrim e lactato de sódio em carne mecanicamente separada de frango. Observaram que os extratos de chá preto e o lactato de sódio provocaram inibição no desenvolvimento de microorganismos psicrotóxicos e coliformes totais, aumentando a estabilidade microbiológica da carne armazenada por 15 dias a 3°C, e o extrato de alecrim não influenciou o desenvolvimento microbiano.

## **CAPITULO 2 – QUALIDADE DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE SOJA E DE LINHAÇA E EXTRATO DE ALECRIM**

**RESUMO** - O objetivo desse trabalho foi verificar a ação do extrato de alecrim como antioxidante e de fontes de óleo na qualidade e aceitação de filés de tilápia do Nilo. Os peixes foram alimentados com dietas contendo óleo de soja, de linhaça e extrato de alecrim, sendo abatidos, filetados, embalados em filme plástico e armazenados a -18°C por 90 dias. Os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo o extrato de alecrim apresentaram menores teores de lipídios (1,52%) em relação aos sem extrato (1,77%). A quantidade de ácidos graxos da série n-3 foi maior (6,22%) nos filés de tilápias alimentadas com dietas contendo óleo de linhaça do que o de soja (5,42%). Os valores de pH e BNVT ficaram abaixo do proposto pela legislação brasileira que estabelece limites de 6,50 e 30 mg/100g, respectivamente. Os valores de NNP diminuíram em média 7,2%, no final do armazenamento, independente da fonte de óleo e uso do extrato de alecrim. Os filés de tilápias que receberam extrato de alecrim na dieta apresentaram menor valor de TBARS (1,65 mg MA/kg) aos 90 dias de armazenamento. A força de cisalhamento e a capacidade de retenção de água diminuíram, enquanto que a luminosidade dos filés aumentou durante o armazenamento. A avaliação sensorial indicou preferência pelos filés de tilápias alimentadas com dieta contendo extrato de alecrim. Conclui-se que inclusão do extrato de alecrim associado ao óleo de linhaça nas dietas favoreceu a obtenção de filés com menos gordura e com maior teor de ácidos graxos da série n-3. A oxidação dos filés foi melhor protegida aos 90 dias de armazenamento com o uso do extrato de alecrim ou óleo de linhaça. As alterações nas características físico-químicas e microbiológicas não mostraram deterioração e nem levaram a rejeição dos filés, indicando boa qualidade até os 90 dias de armazenamento. A melhor aceitação foi dos filés de tilápias alimentadas com dietas contendo o extrato de alecrim.

**Palavras-Chave:** antioxidante natural, armazenamento, fonte de óleo, peixe, teste de aceitação

## Introdução

Um grande interesse pelo consumo do pescado está relacionado, principalmente, à presença de ácidos graxos polinsaturados, os quais apresentam efeitos benéficos ao organismo humano. A ingestão de ácidos graxos polinsaturados foi correlacionada à baixa incidência de doenças cardiovasculares nos esquimós e japoneses. Pesquisas demonstraram que o consumo destes ácidos reduz o risco de doenças como artrite e câncer (VISENTAINER et al., 2000). Visentainer et al. (2003) destaca essa importância nutricional, atribuída aos ácidos da família ômega-3 (n-3), especialmente aos ácidos linolênico - LNA (18:3n-3), eicosapentaenóico - EPA (20:5n-3) e docosahexaenóico - DHA (22:6n-3).

Os peixes marinhos contêm maiores quantidades de ácidos graxos polinsaturados da série n-3, em relação aos de água doce (ANDRADE et al., 1995). Esse aspecto está relacionado, principalmente, a alimentação diferenciada entre as espécies e as modificações fisiológicas (HENDERSON & TOCHER, 1987; HUANG et al., 1998).

Em peixes de água doce, os ácidos graxos alfa-linolênico (LNA) e o linoléico (LA 18:2n-6) são precursores de outros ácidos graxos das famílias n-3 e n-6, respectivamente. Portanto, a composição em ácidos graxos da dieta fornecida para uma determinada espécie de peixe pode influenciar a composição em ácidos graxos da gordura dos peixes (MARTINO & TAKAHASHI, 2001). Assim, a carne de peixes como a tilápia, enriquecidas com ácidos graxos polinsaturados ômega-3, certamente aumentaria sua popularidade, sendo também uma fonte alternativa de consumo dos ácidos graxos polinsaturados.

Apesar da fração lipídica dos peixes proporcionarem alto teor em ácidos graxos insaturados, sendo uma vantagem nutricional, apresenta maior predisposição à rancidez oxidativa. É um dos principais processos de deterioração e consiste em uma série de reações em cadeia, resultando em formação de inúmeros compostos como, álcoois, cetonas, hidrocarbonetos, entre outros. Esses compostos conferem sabor e

odor de ranço, modificações na cor, podendo ocorrer também alteração na textura da carne (KHAYAT & SCHWALL, 1983).

O desenvolvimento de compostos indesejáveis oriundos da oxidação lipídica é um importante problema a ser resolvido a fim de se obter uma extensão da vida de prateleira dos alimentos. Devido à divulgação dos benefícios de saúde que podem ser conseguidos com o uso de alimentos naturais, vários estudos têm sido realizados para avaliar o potencial antioxidante de compostos naturais, em especial os obtidos de especiarias, como o alecrim.

A ação antioxidante de extrato de alecrim comercial foi avaliada em sistemas alimentares como óleos vegetais (PALIC & DIKANOVIC-LUCAN, 1995), carne bovina (WONG et al., 1995), peixes (BOYD et al., 1993), comparando a eficiência contra a oxidação com os respectivos antioxidantes comerciais, BHA,  $\alpha$ -tocoferol e TBHQ. Essa atividade também foi relatada por vários pesquisadores como Aruoma et al. (1996), Hopia et al. (1996), Huang et al. (1996) e Masuda et al. (2001).

A ação antioxidante do extrato de alecrim adicionado em dietas de pacu contendo óleo de soja e de milho foi estudada por Sant'Ana & Mancini-Filho (1999). Verificaram que a oxidação foi minimizada, sendo que o grau de proteção dependeu do perfil de ácidos graxos dos filés. Em outro estudo Sant'Ana & Mancini-Filho (2000) observaram que os antioxidantes BHT, tocoferol e extrato de alecrim foram importantes na proteção de filés de pacu contra a oxidação lipídica, com a maior eficiência para o tocoferol.

A importância em melhorar a qualidade dos produtos aquícolas é evidente, pois se trata de um fator determinante para o lucro dos produtores e sucesso da atividade. Os cuidados com o acondicionamento e manutenção do pescado, desde o início do processamento até a comercialização, devem objetivar a manutenção das características físicas, químicas, sensoriais e microbiológicas próprias do pescado fresco pelo maior tempo possível (HUIDOBRO et al., 2001).

O objetivo desse trabalho foi verificar a ação do extrato de alecrim como antioxidante e de fontes de óleo na qualidade e aceitação de filés de tilápia do Nilo.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), localizado no Campus de Jaboticabal. Foram utilizados 300 exemplares de tilápia do Nilo com peso médio inicial de  $211,0 \pm 15,39$  g.

Os peixes foram distribuídos em três viveiros de 200 m<sup>2</sup> cada, com paredes de alvenaria e fundo de terra, divididos em quatro repartições de 10 m x 5 m, formando 12 tanques com 25 peixes cada.

A alimentação foi fornecida por um período de 100 dias, sendo que, durante 70 dias foi ministrada uma única dieta contendo óleo de soja para todos os peixes. Nos 30 dias finais do período, os peixes receberam dietas contendo óleo de soja, óleo de linhaça e extrato de alecrim, constituindo quatro tratamentos: SA<sub>0</sub> - dieta com óleo de soja sem extrato de alecrim; SA<sub>1</sub> - dieta com óleo de soja e extrato de alecrim; LA<sub>0</sub> - dieta com óleo de linhaça sem extrato de alecrim; LA<sub>1</sub> - dieta com óleo de linhaça e extrato de alecrim.

Todas as dietas foram isocalóricas e isoprotéicas, compostas de milho, farelo de trigo, farelo de soja, farinha de peixe, fosfato bicálcico, óleo de soja, óleo de linhaça, premix vitamínico e mineral (Tabela 1). Foi adicionado as dietas 0,14% de extrato de alecrim comercial da marca Guardian® - Rosemary Extract, comercializado pela Danisco do Brasil Ltda. Os ingredientes foram moídos, misturados e peletizados, formando peletes de 4 mm de diâmetro, que foram secos em temperatura ambiente. A alimentação dos peixes foi realizada duas vezes ao dia até que não houvesse interesse pelo alimento, para evitar-se o desperdício. A temperatura e o oxigênio dissolvido foram monitorados semanalmente.

Ao final do período experimental, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas, e pesados, para determinação dos parâmetros ganho de peso, conversão alimentar aparente, e rendimento de filé. Em seguida foram distribuídos, por tratamento, em caixas isotérmicas contendo água e gelo (1:1) para o abate por choque térmico. Todo o gelo utilizado no experimento foi preparado com água potável.

Os peixes foram filetados separando-se a musculatura dos ossos da coluna vertebral, a partir da região dorsal em direção a ventral, tomando-se o cuidado de não romper a cavidade abdominal, evitando a contaminação dos filés pelo próprio conteúdo intestinal e posterior retirada da pele com auxílio de uma faca.

Tabela 1. Formulação e composição calculada das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Tratamentos			
	SA <sub>0</sub>	SA <sub>1</sub>	LA <sub>0</sub>	LA <sub>1</sub>
Milho moído	28,50	28,36	28,50	28,36
Farelo de soja	36,00	36,00	36,00	36,00
Farelo de trigo	23,00	23,00	23,00	23,00
Farinha de peixe	7,00	7,00	7,00	7,00
Fosfato bicálcico	1,80	1,80	1,80	1,80
Óleo de soja	3,00	3,00	-	-
Óleo de linhaça	-	-	3,00	3,00
Extrato de alecrim	-	0,14	-	0,14
Suplemento vit. e min.*	0,7	0,7	0,7	0,7
Total	100	100	100	100
<b>Composição</b>				
Proteína bruta (%)	26,26	26,24	26,26	26,24
Energia bruta (kcal/kg)	4155	4150	4155	4150
Extrato etéreo (%)	6,09	6,09	6,09	6,09
Fibra bruta (%)	4,64	4,63	4,64	4,63
Cálcio (%)	0,91	0,91	0,91	0,91
Fósforo (%)	0,69	0,69	0,69	0,69

SA<sub>0</sub> - dieta com óleo de soja sem extrato de alecrim; SA<sub>1</sub> - dieta com óleo de soja e extrato de alecrim; LA<sub>0</sub> - dieta com óleo de linhaça sem extrato de alecrim; LA<sub>1</sub> - dieta com óleo de linhaça e extrato de alecrim.

\* Suplemento vitamínico e mineral (ingredientes/kg): A: 1,200,000 UI; D3: 200,000 UI; E: 12,000 mg; K3: 2,400 mg; B1: 4,800 mg; B2: 4,800 mg; B6: 4,000 mg; B12: 4,800 mg; ácido fólico: 1,200 mg; pantotenato de Ca: 12,000 mg; C: 48,000 mg; biotina: 48 mg; colina: 65,000 mg; niacina : 24,000 mg; Fe: 10,000 mg; Cu: 600 mg; Mn: 4,000 mg; Zn: 6,000 mg; I: 20 mg; Co: 2 mg; e Se: 20 mg.

Os filés após pesagem foram embalados individualmente em filme plástico e armazenados em freezer (-18°C) no Departamento de Tecnologia - FCAV/UNESP, durante 90 dias. Foram realizadas amostragens com 1, 30, 60 e 90 dias de armazenamento, sendo que os filés permaneceram em geladeira para

descongelamento. As amostras foram constituídas de 12 filés por repetição e utilizadas para as análises físico-químicas, as quais foram realizadas em triplicatas.

As análises de proteína bruta, lipídios, cinzas e composição em ácidos graxos dos filés foram realizadas somente no início do armazenamento.

#### Análises físico-químicas

As análises de umidade, proteína bruta e cinzas dos filés foram realizadas de acordo com as recomendações da AOAC (1995). A extração e quantificação do lipídio foram realizadas conforme método descrito por Bligh & Dyer (1959).

A metilação dos ácidos graxos foi realizada conforme procedimento descrito por Maia & Rodrigues-Amaya (1993). Para determinação do perfil de ácidos graxos utilizou-se o cromatógrafo a gás GC-14B Shimadzu e uma coluna capilar de sílica fundida, Omegawax 250 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste, em 40 cm/seg. A temperatura inicial da coluna, de 50 °C por 2 minutos, elevou-se 4°C por minuto, até atingir 220°C, permanecendo nesta temperatura por mais de 25 minutos. A temperatura do injetor foi de 250°C e a do detector 280°C. Foram injetados 1 µL de amostra e utilizou-se padrão de ácidos graxos Sigma 189-19.

A determinação de pH foi realizada através de um potenciômetro digital portátil, específico para carne, da marca comercial Testo, com o eletrodo inserido diretamente na amostra. O nitrogênio não protéico (NNP) foi determinado por precipitação da fração protéica em ácido tricloroacético, seguida da avaliação através do método micro Kjeldahl, conforme AOAC (1995) e o resultado foi expresso em mg/kg. As bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) foram determinadas por meio de precipitação protéica em ácido tricloroacético, e destilação com óxido de magnésio conforme Howgate (1976) e o resultado foi expresso em mg/kg.

A determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada segundo Pikul et al. (1989) pela quantificação do malonaldeído, utilizando ácido tricloroacético e o reagente ácido tiobarbitúrico (TBA), seguido de aquecimento para o desenvolvimento máximo de cor e medição espectrofotométrica a 538 nm e o resultado foi expresso em mg de malonaldeído/kg.

A avaliação da cor foi realizada através do colorímetro Minolta Chromameter CR-200, determinando-se o  $L^*$  (luminosidade) do Sistema CIELAB.

A textura da carne crua foi avaliada através da determinação da força de cisalhamento utilizando-se o texturômetro TA-XT2 Stable Micro Systems equipado com o Warner-Bratzler Blade, que foi operado com velocidade de deslocamento de 5,0 mm/s e distância percorrida de 30 mm, sendo anotado o pico de força para o corte da carne e o resultado foi expresso em kgf.

A capacidade de retenção de água foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Hamm (1960), que consistiu em aplicar um peso de 10 kg por 5 minutos em uma amostra de 2 g, sendo esta pesada anteriormente e posteriormente a aplicação da força, para quantificar a perda de água e o resultado foi expresso em porcentagem.

#### Análises microbiológicas

As análises microbiológicas dos filés foram realizadas no Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal da FCAV/UNESP no início e final do período de armazenamento, para verificar presença de bactérias psicotróficas, coliformes fecais, *Salmonella* e *Staphylococcus aureus*, conforme metodologia descrita no Lanara (1981). Para determinação de *Staphylococcus aureus* foram realizadas diluições de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ , plaqueamento em meio Ágar Baird Parker (BPA) e incubação a 35 - 37°C por 24 horas. Para determinação de psicotróficos foi utilizado o meio Ágar Padrão para Contagem (PCA), com incubação em 7°C por 10 dias.

As análises para coliformes foram realizadas utilizando-se meio de cultura Caldo Verde Brilhante Bile 2% lactose - BGBL, com incubação a 44,5°C por 48 horas. Para pesquisa de *Salmonella*, foi utilizado Ágar Verde Brilhante/Ágar Bismuto Sulfito seguindo as recomendações descritas no Lanara (1981).

#### Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada nos tempos 1, 30, 60 e 90 dias de armazenamento, no laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal – FCAV/UNESP. Para o teste de aceitação participaram 30 julgadores não treinados, os

quais compararam os filés dos tratamentos quanto aos atributos de aparência, cor, aroma e aceitação geral, utilizando a escala hedônica de 9 pontos possuindo em seus extremos os termos: gostei muitíssimo (9) e desgostei muitíssimo (1), conforme modelo apresentado por Dutcosky (1996).

As amostras crus de filés de tilápias do Nilo foram apresentadas aleatoriamente aos julgadores em pratos descartáveis, codificados com algarismos de três dígitos. Os julgadores receberam quatro amostras simultaneamente para avaliação dos filés de tilápias alimentadas com dieta com óleo de soja sem extrato de alecrim; dieta com óleo de soja e extrato de alecrim; dieta com óleo de linhaça sem extrato de alecrim; dieta com óleo de linhaça e extrato de alecrim, representando os tratamentos estudados.

#### Análise estatística

A análise estatística dos resultados para ganho de peso, conversão alimentar aparente, composição centesimal, rendimento de filé e ácidos graxos foi realizada utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos em esquema fatorial 2x2 e três repetições, sendo, fonte de óleo (óleo de soja ou óleo de linhaça) e extrato de alecrim (sem ou com inclusão). Para os parâmetros avaliados durante o armazenamento foi realizada a análise estatística dos resultados utilizando o DIC, com 16 tratamentos em esquema fatorial 2x2x4 e três repetições, constituído por duas fontes de óleo (soja ou linhaça), uso de extrato de alecrim (sem ou com inclusão) e quatro tempos de estocagem (1, 30, 60 e 90 dias). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do programa SAS 8.0 (SAS, 1999). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### **Resultados e Discussão**

Os parâmetros temperatura e oxigênio dissolvido da água, durante o período experimental, mantiveram-se dentro da faixa de conforto para esta espécie, segundo BOYD (1990). Registraram-se valores de 25°C a 30°C para a temperatura e 4,9 a 5,8 mg/L para O<sub>2</sub>D.

Os resultados das análises de variância para ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), rendimento (RE) e composição centesimal de filés de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo óleo de soja e de linhaça e extrato de alecrim estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Análises de variância e coeficiente de variação para ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), rendimento (RE) e composição centesimal de filés de tilápia do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.

Causas de Variação	Valores de F						
	GP	CAA	RE	Umidade	Proteína	Lipídios	Cinzas
Fonte de óleo (O)	0,00 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	3,10 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	3,46 <sup>NS</sup>	8,33*	0,84 <sup>NS</sup>
Inclusão de alecrim (A)	0,25 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	1,40 <sup>NS</sup>	96,33**	1,50 <sup>NS</sup>
Interação O x A	1,05 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	1,86 <sup>NS</sup>	3,31 <sup>NS</sup>	7,62 <sup>NS</sup>	16,33*	0,02 <sup>NS</sup>
CV (%)	11,65	17,00	3,88	1,54	3,08	2,23	7,98

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>NS</sup> Não significativo.

Os parâmetros ganho de peso, conversão alimentar aparente, umidade, proteína, cinzas e rendimento de filé não foram influenciadas pelos tratamentos e as médias estão apresentadas na Tabela 3. Observou-se influência dos tratamentos somente para a porcentagem de lipídios, verificando-se interação entre fonte de óleo e inclusão de extrato de alecrim.

Tabela 3. Ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), umidade, proteína bruta, cinzas e rendimento (RE) em filés de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.

Tratamentos	Parâmetros					
	GP(g)	CAA	Umidade (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	RE (%)
SA <sub>0</sub>	461,3	1,54	78,04	18,31	1,14	30,85
SA <sub>1</sub>	511,7	1,40	79,37	17,68	1,23	31,29
LA <sub>0</sub>	494,7	1,57	78,92	17,95	1,09	32,41
LA <sub>1</sub>	477,7	1,54	77,12	19,53	1,16	31,49

SA<sub>0</sub> - dieta com óleo de soja sem extrato de alecrim; SA<sub>1</sub> - dieta com óleo de soja e extrato de alecrim; LA<sub>0</sub> - dieta com óleo de linhaça sem extrato de alecrim; SA<sub>1</sub> - dieta com óleo de linhaça e extrato de alecrim.

Os valores observados para a composição centesimal estão dentro da variação citada por Contreras-Guzmán (1994) para a tilápia do Nilo, com teores entre 74,0 a 82,4% para umidade, 14,3 a 22,3% para proteína, 0,3 a 5,5% para lipídios e 0,7 a 3,1% para cinzas.

Os valores obtidos para rendimento estão dentro da variação (25,4 a 42%) apresentada por Clemente & Lovell (1994), que pode estar associada à habilidade do filetagem, ao peso do peixe e ao método de filetagem. Neste contexto, Macedo-Viegas et al. (1997) obtiveram rendimento de 32 a 40% para filés de tilápia do Nilo com peso entre 250 e 450g. Dependendo do método de filetagem, Souza et al. (1999) observaram rendimento de 36,67% e 32,89% em filés de tilápia, antes e após a retirada da pele.

O teor de lipídios foi alterado significativamente (Tabela 4), verificando-se que os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo o extrato de alecrim apresentaram menores quantidades, obtendo-se o menor valor para a fonte óleo de linhaça.

Tabela 4. Porcentagens médias de lipídios em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.

Tratamentos	Sem alecrim	Com alecrim
Óleo de soja	1,76 Aa	1,61 Ab
Óleo de linhaça	1,79 Aa	1,43 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A utilização de várias fontes alimentares contendo substâncias fenólicas na alimentação de algumas espécies de peixes tem contribuído para a baixa deposição lipídica na carcaça, conforme demonstrado por Pinto et al. (2001) na alimentação de piauços com extrato de barbatimão e por Hossain et al. (2001a) na alimentação de carpas com farinha de sesbania. De acordo com Chung et al. (1998), a complexão dos fenóis com enzimas, prejudicando o aproveitamento do lipídio dietético, parece ser um fator para a menor concentração lipídica na carcaça de peixes.

Porém, os mecanismos da ação hipolipidêmicos de compostos fenólicos não estão completamente esclarecidos. Moreira & Mancini-Filho (2004) observaram redução

de 25% no peso do tecido adiposo de ratos alimentados com dieta contendo óleo de peixe e extrato de especiarias (mostarda, canela e erva-doce).

A composição percentual média em ácidos graxos da fração lipídica de filés de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Composição em ácidos graxos (%) dos lipídios de filés de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas contendo óleo de soja, de linhaça e extrato de alecrim.

Ácido graxo	Tratamentos			
	SA <sub>0</sub>	SA <sub>1</sub>	LA <sub>0</sub>	LA <sub>1</sub>
14:0	2,75 ± 0,09	2,81 ± 0,18	2,58 ± 0,21	2,59 ± 0,11
15:0	0,45 ± 0,07	0,39 ± 0,03	0,39 ± 0,03	0,36 ± 0,05
16:0	24,41 ± 1,18	24,56 ± 1,01	23,68 ± 0,99	23,85 ± 1,42
16:1	4,55 ± 0,35	4,90 ± 0,26	4,83 ± 0,27	4,74 ± 0,24
17:0	0,41 ± 0,03	0,43 ± 0,04	0,40 ± 0,08	0,45 ± 0,03
18:0	5,72 ± 0,47	5,44 ± 0,41	5,46 ± 0,09	5,48 ± 0,62
18:1n9	26,46 ± 1,08	27,31 ± 0,76	27,74 ± 1,11	26,50 ± 0,52
18:2n6	20,16 ± 0,77	19,36 ± 1,11	19,63 ± 0,28	19,21 ± 0,41
18:3n6	1,38 ± 0,13	1,20 ± 0,09	1,26 ± 0,04	1,33 ± 0,21
18:3n3	1,41 ± 0,07	1,39 ± 0,11	1,73 ± 0,05	2,50 ± 0,10
20:1n9	1,23 ± 0,07	1,45 ± 0,19	1,32 ± 0,14	1,26 ± 0,16
20:4n6	2,90 ± 0,17	2,49 ± 0,40	2,43 ± 0,07	2,38 ± 0,15
20:2	1,13 ± 0,08	1,07 ± 0,12	0,99 ± 0,26	0,93 ± 0,06
20:3n6	1,36 ± 0,38	1,11 ± 0,21	1,19 ± 0,12	1,16 ± 0,08
20:3n3	2,10 ± 0,18	2,39 ± 0,32	2,59 ± 0,01	2,85 ± 0,40
20:5n3	0,29 ± 0,03	0,34 ± 0,08	0,31 ± 0,06	0,34 ± 0,06
22:5n6	1,66 ± 0,15	1,81 ± 0,25	1,77 ± 0,21	1,83 ± 0,08
22:6n3	1,62 ± 0,10	1,55 ± 0,05	1,67 ± 0,08	1,97 ± 0,11
AGS	33,74 ± 0,81	33,64 ± 1,15	32,51 ± 1,02	32,74 ± 1,38
AGMI	32,24 ± 1,36	33,64 ± 0,65	33,89 ± 0,92	32,61 ± 0,57
AGPI	34,01 ± 1,35	32,71 ± 0,84	33,50 ± 0,20	34,63 ± 0,98
AGPI/AGS	1,01 ± 0,05	0,97 ± 0,06	1,03 ± 0,04	1,06 ± 0,07
n-6	27,46 ± 1,06	25,97 ± 1,16	26,29 ± 0,22	25,92 ± 0,66
n-3	5,42 ± 0,27	5,67 ± 0,28	6,30 ± 0,09	7,79 ± 0,40
n-6/n-3	5,07 ± 0,12	4,59 ± 0,43	4,17 ± 0,07	3,33 ± 0,14

SA<sub>0</sub> - dieta com óleo de soja sem extrato de alecrim; SA<sub>1</sub> - dieta com óleo de soja e extrato de alecrim; LA<sub>0</sub> - dieta com óleo de linhaça sem extrato de alecrim; LA<sub>1</sub> - dieta com óleo de linhaça e extrato de alecrim.

Os valores são médias de três repetições ± desvio padrão.

As análises de variância dos ácidos graxos mostrou diferenças estatísticas entre os tratamentos para o linolênico (C18:3n-3), o eicosatrienóico (C20:3n-3) e o docosahexaenóico DHA (C22:6n-3), para a somatória dos ácido graxos da série n-3 e para a relação n6/n3 (Tabela 6).

Tabela 6. Análises de variância e coeficiente de variação para os ácidos graxos C18:3n3, C20:3n3, C22:6n3, ácidos graxos da série n-3 e para a relação n-6/n-3 de filés de tilápias do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.

Causas de Variação	Valores de F				
	C18:3n3	C20:3n3	C22:6n3	n-3	n-6/n-3
Fonte de óleo (O)	55,28**	15,16**	27,67**	118,66**	63,60**
Inclusão de alecrim (A)	15,25**	5,08 <sup>NS</sup>	6,82*	39,67**	23,56**
Interação O x A	16,90**	0,01 <sup>NS</sup>	17,27**	20,12**	1,79 <sup>NS</sup>
CV (%)	9,56	8,50	4,60	3,79	5,47

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>NS</sup> Não significativo.

A quantidade de ácido graxo C18:3n-3 em filés de tilápia foi influenciada pela fonte de óleo e pela presença do extrato de alecrim na dieta (Tabela 7). A maior concentração desse ácido graxo foi observada em filés de tilápias alimentadas com dietas contendo óleo de linhaça. Essa característica reflete a composição lipídica da dieta, pois o óleo de linhaça possui concentrações elevadas de C18:3n-3, variando de 44,6 a 51,5% (CARTER, 1993; CEOTTO, 2000).

Tabela 7. Porcentagens médias de ácido graxo C18:3n-3 em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.

Tratamentos	Sem alecrim	Com alecrim
Óleo de soja	1,41 Ba	1,39 Ba
Óleo de linhaça	1,73 Ab	2,51 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A incorporação desse ácido graxo nos tecidos de peixes está relacionada, também, ao tempo de suplementação do óleo de linhaça, conforme Justi et al. (2003)

que verificaram aumento no teor de C18:3n3 em tilápia do Nilo somente aos 30 dias de suplementação, obtendo valor de 4,06%, sendo este superior ao observado nesse estudo, o que pode ser atribuído a quantidade, (20% superior) de óleo de linhaça utilizada pelos autores.

Entre as dietas que continham o óleo de linhaça, foram encontradas diferenças significativas com a inclusão de extrato de alecrim, aumentando a quantidade de C18:3n-3 nos filés de tilápia. Moreira & Mancini-Filho, (2004) demonstraram que os tecidos possuem comportamentos distintos quanto à incorporação de diferentes ácidos graxos, quando estão associados à ingestão de antioxidantes, levando-se a inferir, que há uma relação direta entre a presença de antioxidantes e a incorporação tecidual dos ácidos graxos.

A quantidade do ácido graxo eicosatrienóico (C20:3n-3) somente foi influenciada pela fonte de óleo, com valor médio de 2,24% para filés de tilápias alimentadas com dietas contendo óleo de soja e 2,72% para o óleo de linhaça. Essa maior quantidade também foi verificada por Justi et al. (2003) com a suplementação de óleo de linhaça na alimentação de tilápias por 30 dias.

O ácido graxo docosahexaenóico DHA (C22:6n-3) teve sua incorporação em filés de tilápia afetada pela fonte de óleo e pelo extrato de alecrim (Tabela 8). A maior concentração foi observada para o óleo de linhaça com a inclusão de extrato de alecrim.

Tabela 8. Porcentagens médias de ácido graxo C22:6n-3 em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.

Tratamentos	Sem alecrim	Com alecrim
Óleo de soja	1,62 Aa	1,55 Ba
Óleo de linhaça	1,67 Ab	1,97 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A influência do extrato de alecrim na incorporação dos ácidos graxos C18:3n3 e C22:6n-3 foi mais evidente para a fonte de óleo de linhaça, provavelmente por ser mais rica em ácidos graxos da série n-3.

Para os ácidos graxos da série n-3, foram observadas diferenças significativas entre a fonte de óleo e a presença do extrato de alecrim (Tabela 9). O óleo de linhaça promoveu maior quantidade desses ácidos graxos, com valores superiores para o tratamento que continha extrato de alecrim.

Tabela 9. Porcentagens médias de ácidos graxos da série n-3 em filés de tilápia do Nilo para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.

Tratamentos	Sem alecrim	Com alecrim
Óleo de soja	5,42 Ba	5,67 Ba
Óleo de linhaça	6,22 Ab	7,92 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A relação de ácidos graxos n6/n3 foi influenciada tanto pela fonte de óleo como pelo extrato de alecrim, mas não houve interação entre os fatores. Considerando a fonte de óleo, as médias para esta relação foram, respectivamente, 3,75 e 4,83 para os filés de peixes alimentados com óleo de linhaça e de soja. Para o extrato de alecrim os valores médios para a relação n-6/n-3 foram 3,96 e 4,62, com e sem inclusão, respectivamente.

Diminuição de 10,9 para 4,34 para a proporção n-6/n-3 foi observada por Justi et al. (2003) em filés de tilápia do Nilo após 30 dias de suplementação com óleo de linhaça, o que foi acompanhado pelo aumento dos ácidos graxos da série n-3.

Considerando a nutrição humana, informações do Departamento de Saúde da Inglaterra recomendam que o valor máximo para a razão n-6/n-3 seja de 4,0 (ENSER et al., 1998). Entretanto, não há um consenso entre os pesquisadores quanto a relação considerada ideal. Simopoulos et al. (1999) recomendam um intervalo entre 5 a 10 para a relação n-6/n-3. Ziboh et al. (2000) sugerem valores entre 6 e 10 para esta razão, que pode ser encontrada no azeite de oliva.

Os resultados das análises de variância para os parâmetros pH, nitrogênio não protéico (NNP), bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em filés de tilápia do Nilo armazenados por um período de 90 dias estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Análises de variância e coeficiente de variação para o pH, nitrogênio não protéico (NNP), bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

Causas de variação	Valores de F			
	pH	NNP	BNVT	TBARS
Fonte de óleo (O)	0,00 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	18,04 <sup>**</sup>	53,85 <sup>**</sup>
Inclusão de alecrim (A)	0,29 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	2,30 <sup>NS</sup>	10,77 <sup>**</sup>
Tempo de armazenamento (D)	6,91 <sup>**</sup>	28,84 <sup>**</sup>	19,30 <sup>**</sup>	289,63 <sup>**</sup>
Interação O x A	0,54 <sup>NS</sup>	1,87 <sup>NS</sup>	4,70 <sup>*</sup>	0,08 <sup>NS</sup>
Interação O x D	0,87 <sup>NS</sup>	2,35 <sup>NS</sup>	2,60 <sup>NS</sup>	35,85 <sup>**</sup>
Interação A x D	1,39 <sup>NS</sup>	6,61 <sup>**</sup>	2,22 <sup>NS</sup>	6,21 <sup>**</sup>
CV (%)	2,82	2,35	9,34	22,67

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>NS</sup> Não significativo.

Os valores de pH somente foram influenciados pelo período de armazenamento, observando-se elevação do 1º ao 60º dia, permanecendo estável até o final do período (Figura 1), com valor máximo de 6,32, o qual encontra-se abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira que é de 6,8 para a parte muscular externa e de 6,50 para a interna nos peixes (BRASIL, 2006).

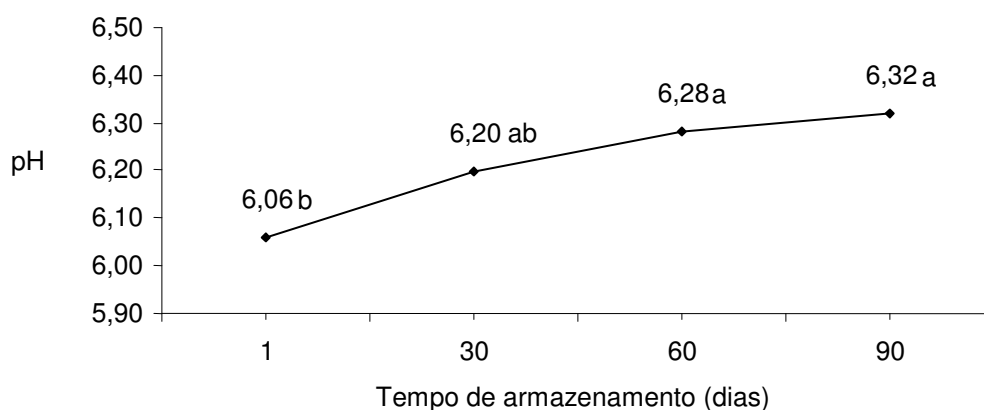


Figura 1. Valores de pH em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

As mudanças do pH muscular podem refletir, principalmente, a atividade bacteriana, que pela hidrólise de compostos nitrogenados, acumularia no músculo

produtos como a trimetilamina, dimetilamina, amônia e algumas bases orgânicas que elevariam o pH (PEDROSA-MENABRITO & REGENSTEIN, 1988).

Os valores médios para o nitrogênio não protéico (NNP) apresentaram interação significativa para a inclusão de extrato de alecrim e tempo de armazenamento (Tabela 11). Os valores de NNP para os filés de tilápias alimentadas com dietas sem extrato de alecrim não se modificaram durante 60 dias de armazenamento, diminuindo aos 90 dias. A inclusão do extrato levou a uma queda nos valores ao longo dos 60 dias, permanecendo estável até o final do armazenamento. Entretanto, apesar dessas variações, o valor de NNP foi similar para os tratamentos no final do período de armazenamento.

O NNP compreende componentes como aminoácidos livres, amônia, trimetilamina, uréia, taurina e peptídeos. Segundo Contreras-Guzmán (1994), é a primeira fração a ser afetada pelo crescimento de microrganismos, que poderão utilizá-la como fonte de energia ou produzir maior quantidade de NNP através de suas proteases secretadas no músculo e também parece existir uma relação com a espécie, sua capacidade de autólise e características anatômicas. Este pesquisador encontrou teor de 343 mg/100g para a tilápia no estado de fresco.

Tabela 11. Médias de nitrogênio não protéico - NNP (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e tempo de armazenamento.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	30	60	90
Sem alecrim	388,61 Ba	385,02 Aa	387,83 Aa	366,69 Ab
Com alecrim	403,27 Aa	390,23 Ab	374,62 Bc	367,90 Ac

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

O conteúdo em NNP muscular da tilápia pode ser variável. Valores de 1000 e 1333 mg/100g foram obtidos por Siqueira (2001) em filés de tilápia aos 20 e 30 dias de armazenamento a 0,5 a 1,0°C, respectivamente. Soccol et al. (2005) obtiveram valores de NNP em tilápias armazenadas por 20 dias a 1°C, variando de 534 a 568 mg/100g,

não observando diferenças em relação ao tempo de armazenamento. Albuquerque et al. (2004) analisando tilápias armazenadas em gelo por 17 dias também não encontraram diferenças para o NNP ao longo do período.

A diminuição do NNP durante a estocagem foi observada por Netto (1984) em tilápias, obtendo 294 mg/100g inicialmente e 208 mg/100g após 20 dias de estocagem em gelo. Contreras-Guzmán (1994) também verificou esse fato para a tilápia, que inicialmente apresentou 344 mg/100g, diminuindo para 258 mg/100g, após 16 dias. Essa diminuição pode ser atribuída a lixiviação, pois os valores de pH se mantiveram baixos, segundo esses autores.

A análise de variância para a BNVT em filés de tilápia apresentou diferenças estatísticas para a interação entre fonte de óleo e extrato de alecrim, e para o período de armazenamento. Os valores médios de BNVT para os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo óleo de linhaça e extrato de alecrim foram menores (Tabela 12). No entanto, todos os valores ficaram abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira, que é de 30 mg/100g (BRASIL, 2006).

Tabela 12. Médias de bases nitrogenadas voláteis totais - BNVT (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.

Tratamentos	Sem alecrim	Com alecrim
Óleo de soja	22,85 Aa	23,18 Aa
Óleo de linhaça	21,78 Aa	19,89Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A avaliação das BNVT está relacionada principalmente a amônia que se acumula nos músculos dos peixes, produzida pela deterioração enzimática e bacteriana. Valores de 5 a 10 mg/100g de BNVT são relacionados a peixes de excelente frescor e 15 a 25 mg/100g para peixes com frescor razoável (OGAWA & MAIA, 1999).

Durante o armazenamento os valores de BNVT tiveram uma pequena elevação até 30 dias, permanecendo estável até 90 dias de armazenamento (Figura 2).

O teor de BNVT aumenta progressivamente em função dos processos enzimáticos e microbianos podendo-se avaliar a deterioração do pescado (ARAÚJO et al., 2000), o que não ocorreu nesse estudo, pois as BNVT se mantiveram estáveis até o final dos 90 dias, apesar de um leve aumento inicial. Isso deve estar associado com o congelamento dos filés inibindo a degradação enzimática e o crescimento de microrganismos.

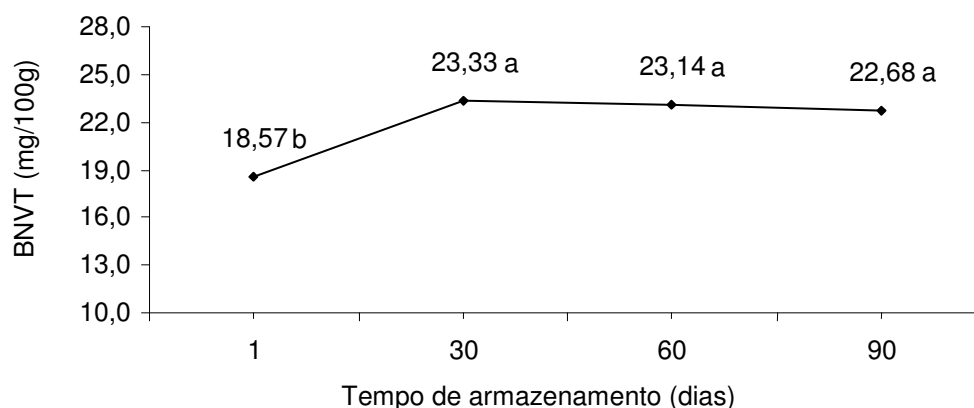


Figura 2. Médias para bases nitrogenadas voláteis totais - BNVT (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

Fagan et al. (2003) encontraram valores de BNVT mais baixos em salmões congelados, quando comparado com os frescos e os refrigerados, atribuindo a isso a inibição bacteriana pela temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$  (MAGNÚSSON & MARTINSDÓTTIR, 1995).

As análises de BNVT, pH e NNP não apresentaram variações que sugerissem a deterioração do produto, tanto pela autólise como pela degradação microbiana, indicando boa qualidade do produto até 90 dias de armazenamento.

Para verificar o grau de oxidação lipídica nos filés de tilápia foi realizada a análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). A legislação brasileira não impõe limites para esse parâmetro. Os valores de TBARS sofreram alterações em função da fonte de óleo ou uso de extrato de alecrim durante o período de armazenamento e as médias estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13. Médias de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS (mg MA/kg) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo ou uso de extrato de alecrim e tempo de armazenamento.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	30	60	90
Óleo de soja	0,08 Ac	0,20 Ac	0,95 Ab	2,55 Aa
Óleo de linhaça	0,03 Ac	0,17 Ac	0,83 Ab	1,28 Ba
Sem alecrim	0,06 Ac	0,20 Ac	0,93 Ab	2,19 Aa
Com alecrim	0,05 Ac	0,17 Ac	0,85 Ab	1,65 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Os resultados indicaram valores crescentes de TBARS para filés de tilápia do 30<sup>o</sup> ao 90<sup>o</sup> dia para ambas as fontes de óleo, sendo que somente ao final do período os filés que receberam óleo de linhaça tiveram um valor inferior ao com óleo de soja. Em relação ao extrato de alecrim na dieta, os valores médios de TBARS dos filés de tilápia tiveram o mesmo comportamento, somente diferenciando-se aos 90 dias de armazenamento, com menor valor para os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo extrato de alecrim.

Sant'Ana & Fernandes (2000) encontraram valores de TBARS de 0,41; 0,62, 0,59 e 1,49 mg MA/kg em filés de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) armazenados congelados por 0, 30, 60 e 90 dias, respectivamente.

Ke et al. (1984) trabalhando com várias espécies de pescado, sugeriram uma escala de valores como sendo baixos os inferiores a 0,576 mg MA/kg, entre 0,648 e 1,44 mg MA/kg, como levemente rançosos, e valores superiores a 1,51 mg MA/kg como rançosos e inaceitáveis. Segundo Al-Kahtani et al. (1996), o produto pode ser considerado em bom estado, apresentando valores abaixo de 3,0 mg de MA/kg de amostra.

Os resultados de TBARS sugerem uma melhor proteção contra a oxidação para os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo o extrato de alecrim, principalmente em relação a fonte óleo de linhaça com 90 dias de armazenamento.

Sant'Ana & Mancini-Filho (1999, 2000) também verificaram proteção contra oxidação lipídica em pacus que receberam extrato de alecrim na dieta. A

suplementação de antioxidantes nas dietas de peixes parece ser um importante aliado na minimização da oxidação lipídica durante a conservação do pescado.

Os resultados das análises de variância para os parâmetros força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA) e luminosidade (L\*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por um período de 90 dias estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Análises de variância e coeficiente de variação para a força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA) e luminosidade (L\*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

Causas de variação	Valores de F		
	FC	CRA	L*
Fonte de óleo (O)	0,34 <sup>NS</sup>	10,10 <sup>**</sup>	5,96 <sup>*</sup>
Inclusão de alecrim (A)	0,06 <sup>NS</sup>	10,21 <sup>**</sup>	0,97 <sup>NS</sup>
Tempo de armazenamento (D)	187,71 <sup>**</sup>	88,22 <sup>**</sup>	39,00 <sup>**</sup>
Interação O x A	1,48 <sup>NS</sup>	1,55 <sup>NS</sup>	5,55 <sup>*</sup>
Interação O x D	0,21 <sup>NS</sup>	5,23 <sup>**</sup>	0,95 <sup>NS</sup>
Interação A x D	0,32 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>
CV (%)	23,24	2,97	5,12

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>NS</sup> Não significativo.

A força de cisalhamento em filés de tilápia foi influenciada pelo período de armazenamento. Os valores médios tiveram uma acentuada diminuição do 1º ao 30º dia, tendo ainda uma leve queda até o final do período (Figura 3). A diminuição da FC no 30º dia pode ser atribuída ao efeito do congelamento, uma vez que a análise inicial foi realizada na amostra somente refrigerada.

Alteração na FC foi observada por Espe et al. (2004) em salmão armazenado por 14 dias em gelo e por Regost et al. (2004) em peixes da espécie salmão, alimentados com uma dieta contendo óleo de soja, com valores de 1,12 kgf iniciais, 0,91 kgf após dois meses e 0,79 kgf após quatro meses de armazenamento a -20°C. A diminuição da FC pode ser consequência da desintegração das fibras de colágeno, na fase de pós-rigor (MONTERO & BORDERIAS, 1990; ANDO et al., 1992).

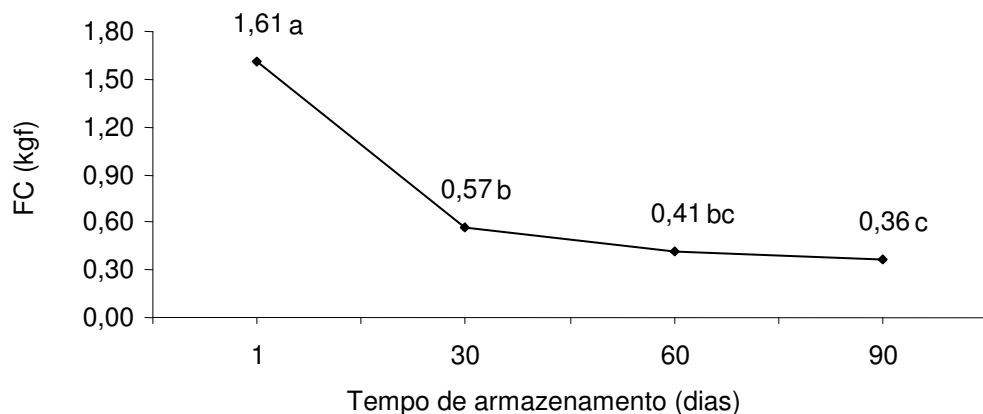


Figura 3. Médias para a força de cisalhamento - FC (kgf) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

A capacidade de retenção de água (CRA) apresentou diferença estatística para o fator inclusão de alecrim, com médias de 69,43% e 71,10% para os files de tilápias alimentadas com dietas sem e com o extrato de alecrim, respectivamente. Apesar da diferença encontrada, não se observou um efeito do extrato nesse parâmetro, sendo que os valores médios de CRA ficaram muito próximos.

Os valores de CRA na comparação de médias para a interação entre fontes de óleo e tempo de armazenamento estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Médias de capacidade de retenção de água (%) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo e tempo de armazenamento.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	30	60	90
Óleo de soja	74,76 Ba	64,23 Ad	67,71 Bc	71,04 Ab
Óleo de linhaça	78,37 Aa	64,97 Ac	71,31 Ab	69,74 Ab

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A CRA em filés de tilápias alimentadas com dietas contendo óleo de soja foi menor no 1º e no 60º dia. Entretanto, ao longo do armazenamento para ambas as fontes de óleo se verificou uma acentuada queda nos primeiros 30 dias, aumentando levemente até 90º dia, sendo menor que CRA inicial. Essa diminuição brusca também

foi acompanhada pela FC, indicando que os filés estavam com uma estrutura mais frágil, diminuindo a capacidade de retenção de água.

Regost et al. (2004), avaliando o uso de diferentes fontes de óleo na alimentação de peixes da espécie salmão. Verificaram melhor capacidade de retenção de água para o óleo de soja e o óleo de peixe. Estes autores também verificaram diminuição da capacidade de retenção de água em relação ao período de armazenamento, concordando com Mackie (1993) e Solberg et al. (2000).

Os valores médios de luminosidade em filés de tilápias foram maiores para o tratamento contendo óleo de soja sem extrato de alecrim (Tabela 16). Os valores apresentaram-se inferiores ao obtido por Souza et al. (2005b) para filés de tilápia (61,70).

Tabela 16. Médias de luminosidade ( $L^*$ ) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre fontes de óleo e uso de extrato de alecrim.

Tratamentos	Sem alecrim	Com alecrim
Óleo de soja	46,25 Aa	44,34 Ab
Óleo de linhaça	43,51 Ba	44,29 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Durante o armazenamento a luminosidade elevou-se aos 30 dias, mantendo-se estável até o 60º dia e aumentando novamente ao final de 90 dias (Figura 4).

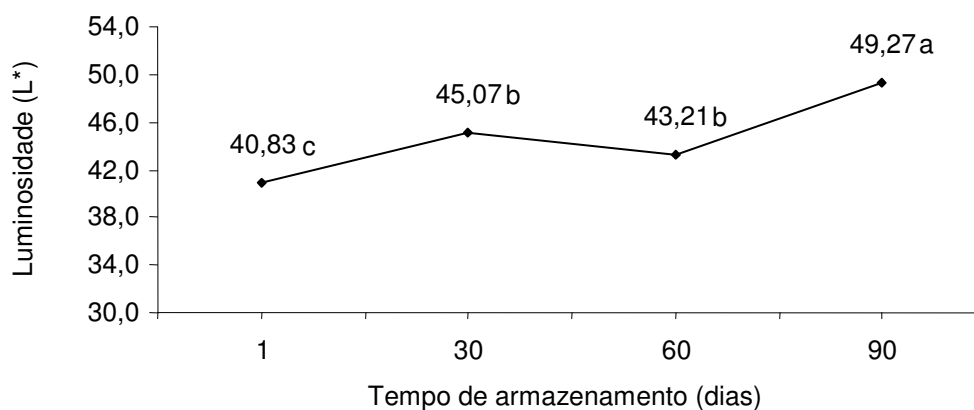


Figura 4. Médias para a luminosidade ( $L^*$ ) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

A elevação da luminosidade no final do período pode estar relacionada a exteriorização da água tecidual em consequência da diminuição da água retida. Esse aumento da luminosidade também foi encontrado por Espe et al. (2004) e por Regost et al. (2004), ambos analisando o salmão, armazenado em gelo por 14 dias e congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  por quatro meses, respectivamente.

A análise microbiológica realizada no início e final do armazenamento, para todas as amostras, mostrou ausência de *Salmonella*, contagem de *Staphylococcus aureus* menor que  $1,0 \times 10^2$  UFC/g e coliformes fecais abaixo de 3,0 microrganismos/g. Para bactérias psicrótróficas foi encontrado máximo de  $1,8 \times 10^2$  UFC/g e para coliformes totais 15,0 NMP/g. Todos os filés se mantiveram abaixo dos valores propostos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001) que estabelece, ausência em 25g para *Salmonella*,  $10^3$ /g para *Staphylococcus aureus*,  $10^2$ /g para coliformes fecais.

As análises de variância da análise sensorial para os atributos aparência, cor, aroma e aceitação geral em filés de tilápias está apresentada na Tabela 17.

Tabela 17. Análises de variância e coeficiente de variação para aparência, cor, aroma e aceitação geral em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

Causas de variação	Valores de F			
	Aparência	Cor	Aroma	Aceitação geral
Fonte de óleo (O)	2,38 <sup>NS</sup>	2,08 <sup>NS</sup>	1,73 <sup>NS</sup>	1,25 <sup>NS</sup>
Inclusão de alecrim (A)	21,50**	15,85**	11,36**	17,36**
Tempo de armazenamento (D)	11,95**	11,81**	8,82**	9,57**
Interação O x A	5,19*	2,55 <sup>NS</sup>	2,33 <sup>NS</sup>	4,12*
Interação O x D	1,48 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	2,33 <sup>NS</sup>	1,03 <sup>NS</sup>
Interação A x D	4,96**	4,53**	0,54 <sup>NS</sup>	2,65*
CV (%)	27,01	28,03	26,86	26,16

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>NS</sup> Não significativo.

As notas atribuídas pelos julgadores para o aroma dos filés foram influenciadas pelo uso do extrato de alecrim e pelo período de armazenamento, sendo que não houve interação entre esses fatores. A maior média, 6,71, foi atribuída aos filés de tilápias que

receberam extrato de alecrim na dieta, contra 6,18 para os filés de tilápias que não receberam o extrato. Durante o armazenamento os valores se mantiveram estáveis até 60 dias, diminuindo aos 90 dias (Figura 5), isso se deve principalmente a maior oxidação lipídica observada nesse período, sendo que, apesar de julgadores não treinados, alguns detectaram um leve odor de ranço.

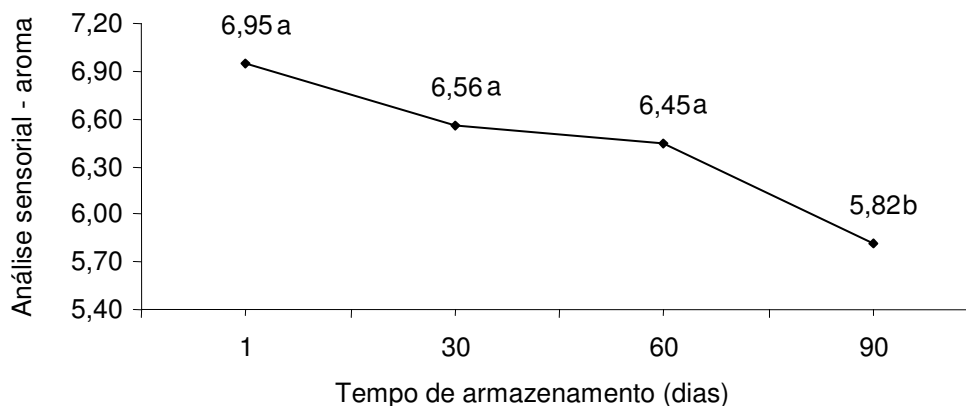


Figura 5. Médias das notas atribuídas pelos julgadores para o aroma em filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias.

Interações significativas entre fonte de óleo e extrato de alecrim, e deste com o armazenamento foram observadas para aparência dos filés de tilápia. As notas médias atribuídas pelos provadores estão apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18. Médias de notas atribuídas à aparência nos filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e fontes de óleo ou tempo de armazenamento.

Tratamentos	Fonte de óleo		Tempo de armazenamento (dias)			
	Soja	Linhaça	1	30	60	90
Sem alecrim	5,77 Bb	6,38 Aa	7,20 Aa	6,25 Bb	5,78 Bbc	5,08 Bc
Com alecrim	6,87 Aa	6,75 Aa	6,93 Aa	7,05 Aa	6,83 Aa	6,45 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Os valores para o atributo aparência apresentam-se menores para os filés de tilápias alimentadas com óleo de soja sem a inclusão do extrato de alecrim. Ao longo do

armazenamento os filés de tilápias alimentadas com dietas contendo o extrato de alecrim mantiveram-se estáveis quanto à aparência, enquanto que para os filés de tilápias que não receberam o extrato na dieta houve uma diminuição da nota média.

A cor foi influenciada pelo extrato de alecrim e pelo armazenamento, encontrando-se diminuição das notas para os filés de tilápias que não receberam o extrato de alecrim, enquanto que para os filés de tilápias que receberam o extrato as notas mantiveram-se semelhantes durante todo o armazenamento (Tabela 19).

Tabela 19. Médias de notas atribuídas à cor nos filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e tempo de armazenamento.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)			
	1	30	60	90
Sem alecrim	7,21 Aa	6,21 Bb	5,90 Bb	5,03 Bc
Com alecrim	6,90 Aa	6,88 Aa	6,85 Aa	6,35 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Para a aceitação geral houve interação entre a fonte de óleo e o extrato de alecrim, e deste com o armazenamento. Os resultados foram semelhantes aos obtidos para a aparência indicando pior nota para os filés de tilápias que receberam óleo de soja e extrato de alecrim. Ao longo do tempo, os valores foram diminuindo para os filés que não receberam o extrato de alecrim (Tabela 20).

Tabela 20. Médias de notas atribuídas à aceitação geral nos filés de tilápia do Nilo armazenados por 90 dias para interação entre uso de extrato de alecrim e fontes de óleo ou tempo de armazenamento.

Tratamentos	Fonte de óleo		Tempo de armazenamento (dias)			
	Soja	Linhaça	1	30	60	90
Sem alecrim	5,95 Bb	6,45 Aa	7,06 Aa	6,30 Bab	6,15 Bb	5,30 Bc
Com alecrim	6,92 Aa	6,78 Aa	7,01 Aa	7,03 Aa	6,90 Aa	6,46 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Em geral verificou-se uma preferência pelos filés de tilápias alimentadas com o extrato de alecrim, que além de receberem notas mais altas, verificou-se uma

manutenção das características iniciais durante o armazenamento por 90 dias. Entretanto não houve rejeição de nenhum produto, sendo que a menor nota média ficou acima de cinco.

## **Conclusões**

A inclusão do extrato de alecrim associado ao óleo de linhaça nas dietas favoreceu a obtenção de filés com menos gordura e com maior teor de ácidos graxos da série n-3.

A oxidação dos filés foi melhor protegida aos 90 dias de armazenamento com o uso do extrato de alecrim ou óleo de linhaça, indicando que a adição do antioxidante ou esta fonte de óleo na dieta apresentaram-se como um importante aliado na conservação do pescado.

As alterações nas características físico-químicas e microbiológicas não mostraram deterioração e nem levaram a rejeição dos filés congelados, indicando boa qualidade até os 90 dias de armazenamento. A melhor aceitação foi dos filés de tilápias alimentadas com dietas contendo o extrato de alecrim.

### **CAPITULO 3 - AÇÃO ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE ALECRIM EM FILÉS DE TILÁPIA DO NILO EMBALADOS A VÁCUO**

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação antioxidante do extrato de alecrim e as características físico-químicas em filés de tilápia do Nilo embalados a vácuo e armazenados sob refrigeração. Os filés foram imersos em solução de extrato de alecrim nas concentrações de 0, 400, 800 e 1200 ppm, embalados sob ar atmosférico ou a vácuo e armazenados em gelo por 21 dias. Foi observada diminuição do pH e do NNP para todos os tratamentos durante o armazenamento. Os valores de BNVT se mantiveram abaixo do permitido pela legislação brasileira que estabelece 30 mg/100g de músculo. A utilização do extrato de alecrim minimizou a oxidação dos filés durante o armazenamento. Houve uma diminuição da força de cisalhamento do 1º para o 21º dia para todas as concentrações de extrato de alecrim. Os filés embalados a vácuo proporcionaram valores de capacidade de retenção de água estáveis do 7º ao 21º dia. As perdas por cocção e a luminosidade aumentaram aos 21 dias de armazenamento nos filés. Conclui-se que o extrato de alecrim retardou o processo de oxidação dos filés de tilápia do Nilo, e a concentração de 1200 ppm foi a mais efetiva. A combinação da embalagem a vácuo e o extrato de alecrim potencializou o efeito antioxidante em filés de tilápia do Nilo armazenados em gelo. As alterações ocorridas durante o armazenamento não comprometeram as características físico-químicas de filés de tilápia imersos em extrato de alecrim embalados sob ar atmosférico e a vácuo.

**Palavras-chave:** refrigeração, oxidação lipídica, peixe

#### **Introdução**

Na busca de alimentos mais saudáveis pelos consumidores, o pescado se destaca, principalmente pela qualidade nutricional, apresentando proteínas de alto valor biológico, altos teores de vitaminas A e D, de cálcio e fósforo, presença de ácidos graxos polinsaturados, associado a um baixo valor calórico.

No Brasil, a tilápia no Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie de maior expressão comercial e vem sendo cultivada em várias regiões do país. Praticamente foi o primeiro peixe oriundo de águas interiores a ser processado na forma de filés resfriados e congelados (MADRID, 2000), e que apresenta ótima aceitação pelo mercado consumidor, o que a torna uma espécie de grande interesse para a piscicultura (BORGHETTI & OSTRENSKI, 1998).

Entretanto, o pescado é altamente perecível devido aos processos enzimáticos, a atividade bacteriana e a oxidação lipídica, tornando-se importante melhorar a qualidade dos produtos aquícolas, pois se trata de um fator determinante para o lucro dos produtores e sucesso da atividade.

Uma característica da fração lipídica de peixes é o seu alto teor em ácidos graxos insaturados, que embora seja nutricionalmente positiva é preocupante industrialmente, pois quanto mais insaturado o lipídio, maior a possibilidade de desenvolvimento do ranço (PRADO, 1984). Algumas das mais importantes mudanças que ocorrem durante o processamento, distribuição e preparo final dos alimentos estão relacionadas, principalmente à oxidação, afetando a qualidade nutricional, cor, odor, sabor e textura (DONNELLY & ROBINSON, 1995).

Os processos oxidativos podem ser evitados modificando-se as condições ambientais como embalagem a vácuo, ou pela utilização de substâncias antioxidantes, com propriedade de impedir ou minimizar o desencadeamento das reações oxidativas (ALLEN & HAMILTON, 1983; WONG et al., 1995).

Na indústria de alimentos os antioxidantes sintéticos BHA, BHT, TBHQ e o propil galato são os mais utilizados, devido ao menor custo, alta estabilidade e eficácia. Entretanto, estudos toxicológicos têm demonstrado a possibilidade destas substâncias apresentarem efeito carcinogênico (BOTTERWECK et al., 2000).

Tendo-se em vista os indícios de problemas que podem ser provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos e a sua rejeição pelos consumidores, pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, que permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos (SOARES, 2002).

Vários compostos de origem vegetal vêm sendo pesquisados, com destaque para as especiarias, apesar de inúmeras pesquisas demonstrarem seu efeito antioxidante, somente o alecrim, ou mais precisamente os extratos de alecrim, são utilizados comercialmente (MADSEN & BERTELSEN, 1995).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação antioxidante do extrato de alecrim e as características físico-químicas em filés de tilápia do Nilo embalados a vácuo e armazenados sob refrigeração

## **Material e Métodos**

Foram utilizados 96 exemplares da espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) provenientes do cultivo em represa do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), localizado no Campus de Jaboticabal, com peso variando entre 450 e 600g. Os peixes foram submetidos à depuração sem alimentação em tanque com água corrente por 72 horas. Após este período foram colocados em caixas isotérmicas, contendo água e gelo (1:1) para abate por choque térmico.

Os peixes foram filetados separando-se a musculatura dos ossos da coluna vertebral, a partir da região dorsal em direção a ventral, tomando-se o cuidado de não romper a cavidade abdominal, evitando-se a contaminação dos filés pelo próprio conteúdo intestinal; posteriormente foi retirada a pele com auxílio de uma faca. Em seguida os filés foram imediatamente colocados em bandejas contendo gelo e transportados para o Departamento de Tecnologia - FCAV/UNESP.

Os filés foram divididos em partes iguais e submetidos ao tratamento com antioxidante por imersão, durante dois minutos, em solução aquosa de extrato de alecrim, nas concentrações 0, 400, 800 e 1200 ppm, na proporção 1,2:1 (peso:volume). Parte dos filés foi imersa em água destilada, nas mesmas condições, o que caracterizou a amostra controle. Os filés assim tratados foram colocados em escorredores por dois minutos, permitindo a drenagem do excesso da solução aplicada, sendo separados em duas porções iguais para cada nível de extrato utilizado. O extrato de alecrim utilizado foi o Guardian® - Rosemary Extract, comercializado pela Danisco do Brasil Ltda.

Posteriormente, os filés de cada tratamento foram acondicionados em 16 bandejas de poliestireno com três filés cada, e recobertos com filme plástico Protervac® (0,1 mm,  $<850^2$  cc/m<sup>2</sup>/24h a 23°C), seguindo-se do selamento térmico das embalagens sob ar atmosférico ou a vácuo, (635 mg Hg), em seladora a vácuo B-200, automática, da marca comercial SELOVAC, no laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal - FCAV/UNESP.

Os tratamentos foram constituídos por quatro concentrações de extrato de alecrim (0, 400, 800 e 1200 ppm), dois tipos de embalagem (ar atmosférico e vácuo) e quatro tempos de armazenamento (1,7,14 e 21 dias).

Os produtos embalados foram colocados em caixas isotérmicas, intercaladas com camadas de gelo, sendo que os filés se mantiveram a temperatura de  $0,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . O tempo de armazenamento foi de 21 dias e as amostragens para as análises físico-químicas ocorridas no 1º, 7º, 14º e 21º dia, as quais foram realizadas em triplicatas.

#### Análises físico-químicas

O teor de umidade foi determinado por perda de peso da amostra em estufa a 105°C, até peso constante de acordo com AOAC (1995). A determinação de pH foi realizada através de um potenciômetro digital portátil, específico para carne, da marca comercial Testo, com o eletrodo inserido diretamente na amostra. O nitrogênio não protéico (NNP) foi determinado por precipitação da fração protéica em ácido tricloroacético, seguida da avaliação do nitrogênio pelo método micro Kjeldahl, conforme AOAC (1995) e o resultado foi expresso em mg/kg. As bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) foram determinadas por meio de precipitação protéica em ácido tricloroacético e destilação com óxido de magnésio conforme Howgate (1976), e o resultado foi expresso em mg/kg.

A determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico foi realizada segundo Pikul (1989) pela quantificação do malonaldeído, utilizando ácido tricloroacético e o reagente ácido tiobarbitúrico (TBA), seguido de aquecimento para o desenvolvimento máximo de cor e medição espectrofotométrica a 538 nm e o resultado foi expresso em mg de malonaldeído/kg.

A avaliação da cor foi realizada através do colorímetro Minolta Chromameter CR-200, determinando-se o parâmetro luminosidade ( $L^*$ ) do Sistema CIELAB.

A textura da carne crua foi avaliada através da determinação da força de cisalhamento utilizando-se o texturômetro TA-XT2 Stable Micro Systems equipado com o Warner-Bratzler Blade o qual foi operado com velocidade de deslocamento de 5,0 mm/s e distância percorrida de 30 mm, sendo anotado o pico de força para o corte da carne e o resultado foi expresso em kgf.

A capacidade de retenção de água foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Hamm (1960), que consistiu em aplicar um peso de 10 kg por 5 minutos em uma amostra de 2 g, sendo esta pesada anteriormente e posteriormente a aplicação da força, para quantificar a perda de água e o resultado foi expresso em porcentagem.

As perdas de peso durante o cozimento foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Corte et al. (1979). Amostras de filés foram pesadas, colocadas em embalagem plástica e transferidas para banho-maria a 85°C por 30 minutos. O cozimento ocorreu pela ação do vapor. Em seguida, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente, drenadas, secas com papel toalha e novamente pesadas. A diferença entre o peso inicial e final das amostras correspondeu à perda de peso durante o cozimento e o resultado foi expresso em porcentagem.

#### Análise estatística

As análises estatísticas dos resultados foram realizadas utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 32 tratamentos em esquema fatorial 4x2x4, sendo quatro concentrações de extrato de alecrim, dois tipos de embalagem e quatro tempos de estocagem. A análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey (5%) foram obtidas utilizando-se o programa SAS 8.0 (SAS, 1999).

### **Resultados e Discussão**

As análises de variância dos resultados obtidos para os parâmetros avaliados estão apresentadas na Tabela 1. As interações indicaram que as concentrações de

extrato de alecrim, embalagem a vácuo ou ar atmosférico e tempo de armazenamento afetaram os valores de pH, bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Os valores médios de nitrogênio não protéico (NNP) foram afetados, apenas, pelo tempo de armazenamento.

Tabela 1. Análises de variância e coeficiente de variação para pH, nitrogênio não protéico (NNP), bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.

Causas de variação	Valores de F			
	pH	NNP	BNVT	TBARS
Concentrações (C)	15,03**	1,04 <sup>NS</sup>	4,78**	154,37**
Embalagens (E)	1,27 <sup>NS</sup>	3,57 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	216,58**
Tempo de armazenamento (A)	75,11**	3,70*	224,64**	2241,59**
Interação C x E	3,53*	2,34 <sup>NS</sup>	19,22**	63,29**
Interação C x A	3,38**	0,76 <sup>NS</sup>	14,10**	36,81**
Interação E x A	6,75**	0,79 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	162,04**
CV (%)	1,28	6,59	8,15	6,69

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>NS</sup> Não significativo.

Os resultados para os valores de pH, avaliados nos filés de tilápia do Nilo com 1, 7, 14 e 21 dias de armazenamento estão apresentados na Tabela 2. A utilização do extrato de alecrim, independente da concentração, não afetou os valores de pH dos filés de tilápia embalados a vácuo, os quais assemelharam-se aos embalados sob ar atmosférico.

Durante o armazenamento foram observadas variações de pH, com diminuição no final do período em relação ao primeiro dia, para todas as concentrações de antioxidante e para os tipos de embalagem. Esta situação indica um efeito inibitório da atividade bacteriana nos filés, uma vez que, a elevação do pH está relacionada com o aumento de microrganismos psicrotóxicos, conforme Soccol et al. (2005), que

encontraram valores para pH variando de 5,9 a 6,6 em filés de tilápia do Nilo armazenado a 1<sup>o</sup> C por 20 dias.

Os valores de pH obtidos no final do período encontram-se abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira que é de 6,8 para a parte muscular externa e de 6,50 para a interna nos peixes.

Tabela 2. Médias de pH em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagem e com tempo de armazenamento.

Tratamentos	Embalagens		Tempo de armazenamento (dias)			
	Ar atm.	Vácuo	1	7	14	21
Concentrações						
0 ppm	6,43 ABb	6,51 Aa	6,62 Aa	6,45 Ab	6,45 Ab	6,35 ABc
400 ppm	6,39 Ba	6,38 Ba	6,55 Aa	6,29 Bc	6,43 Ab	6,28 Bc
800 ppm	6,37 Ba	6,38 Ba	6,54 Aa	6,30 Bb	6,31 Bb	6,37 Ab
1200 ppm	6,46 Aa	6,44 Ba	6,58 Aa	6,40 Ab	6,42 Ab	6,40 Ab
Embalagens						
Ar atm.			6,53 Ba	6,38 Ab	6,38 Ab	6,37 Ab
Vácuo			6,61 Aa	6,34 Ac	6,43 Ab	6,33 Ac

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Siqueira (2001), após 20 dias de armazenamento refrigerado (0,5 a 1<sup>o</sup>C) de filés de tilápia do Nilo, observou elevado aumento do pH, com valor de 7,7, relacionando a deterioração química e microbiológica. Almeida et al. (2006) observaram aumento do pH a partir do 19<sup>o</sup> dia em tambaquis mantidos em gelo, o que coincidiu com a perda de qualidade avaliada sensorialmente.

Os valores médios de NNP tiveram diminuição durante o armazenamento, com menor valor no 21<sup>o</sup> dia, conforme Figura 1.

Esse efeito também foi observado por Netto (1984), que verificou diminuição no valor de NNP de 294 para 208 mg/100g após 20 dias de armazenamento de filés de tilápia em gelo e por Contreras-Guzmán (1994), com variação de 344 mg/100g para 258 mg/100g após 16 dias de armazenamento da tilápia.

Entretanto, Albuquerque et al. (2004) e Soccol et al. (2005) não encontraram diferenças para os valores de NNP em tilápias armazenadas em gelo por 17 dias, e em filés de tilápia armazenados por 20 dias a 1°C, respectivamente.

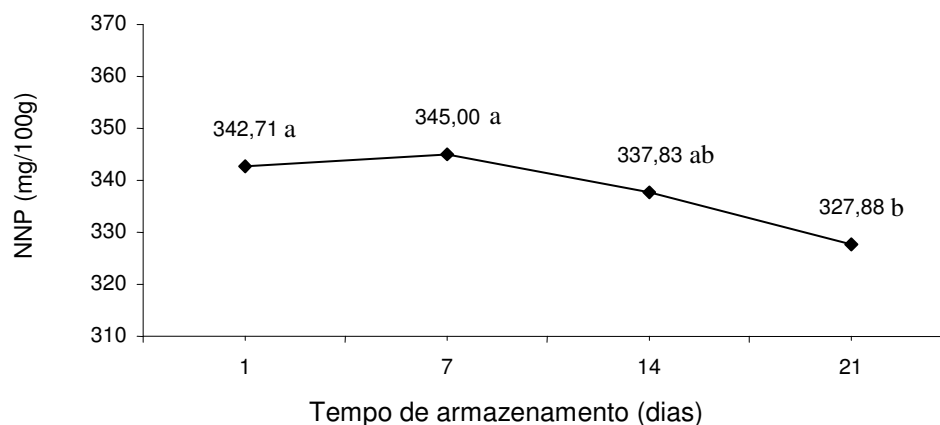


Figura 1. Médias para nitrogênio não protéico - NNP (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo imersos em extrato de alecrim, embalados sob ar atmosférico e vácuo e armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.

O NNP compreende grande variedade de compostos como aminoácidos livres, amônia, trimetilamina, uréia, taurina e peptídeos. É a primeira fração a ser afetada pelo crescimento de microrganismos, devido à possibilidade de sua utilização como fonte de energia ou produzir maior quantidade de NNP por meio de proteases secretadas no músculo e em função da sua capacidade de autólise ou pelas características anatômicas (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

Entretanto, as observações a respeito da diminuição do pH durante o armazenamento dos filés de tilápia parecem indicar pouca atividade microbiana nas condições utilizadas, podendo assim, atribuir a queda nos valores de NNP à lixiviação do mesmo e, ainda, como uma característica da espécie, em apresentar esse comportamento.

Considerando os valores para BNVT apresentados na Tabela 3, observou-se que para os filés sem extrato de alecrim, a utilização da embalagem a vácuo proporcionou menor valor. Para os filés embalados sob ar atmosférico, os valores de BNVT foram menores quando se utilizou extrato de alecrim, independente da concentração.

Tabela 3. Médias de bases nitrogenadas voláteis totais - BNVT (mg/100g) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim e embalagens ou tempo de armazenamento.

Concentrações de extrato de alecrim	Embalagens		Tempo de armazenamento (dias)			
	Ar atm.	Vácuo	1	7	14	21
0 ppm	16,68 Aa	14,01 Bb	12,61 Ab	12,00 Bb	18,59 Aa	18,20 Aa
400 ppm	15,14 Bb	16,73 Aa	10,46 Bb	17,00 Aa	17,93 Aa	18,37 Aa
800 ppm	15,02 Bb	16,33 Aa	10,82 Bb	16,77 Aa	17,54 Aa	17,57 Aa
1200 ppm	15,00 Ba	14,62 Ba	8,77 Cb	16,73 Aa	16,98 Aa	16,74 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Ao longo do período de armazenamento, os valores para BNVT nos filés de tilápia apresentaram variações iniciais, sendo similares no 14<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> dia. Diante dos resultados, a utilização do extrato de alecrim parece não interferir nesse parâmetro.

Mujica (1988) observou variação de 15,08 a 21,05 mg/100g depois de três dias de armazenamento de tilápias do Nilo em gelo. Soccol et al. (2005) não observaram diferenças para BNVT em filés de tilápia armazenadas a 1°C por 20 dias, embaladas sob ar atmosférico e a vácuo.

Segundo Ogawa & Maia (1999), nos peixes em excelente estado de frescor, o teor de BNVT atinge 5 a 10 mg/100g, e em peixes com frescor razoável podem atingir de 15 a 25 mg/100g de músculo. A variação inicial nos teores de BNVT pode ser atribuída ao estresse provocado pela captura dos peixes, conforme observação de Souza et al. (2000), que verificaram em peixes da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*), capturados por rede de arrasto, níveis crescentes de BNVT durante 24 horas após o abate e armazenados sob refrigeração.

Apesar das variações ocorridas nos teores de BNVT durante o período de armazenamento, os valores mantiveram-se abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira (30 mg/100g).

Os valores médios de TBARS (Tabela 4) para os filés de tilápia do Nilo embalados sob ar atmosférico foram maiores, para todas as concentrações de extrato de alecrim, em relação aos embalados a vácuo, o qual exerceu um efeito direto na

inibição da oxidação. A utilização de 1200 ppm de extrato de alecrim nos filés associado à embalagem a vácuo proporcionou um efeito antioxidante ainda mais efetivo, com menor valor de TBARS.

A imersão dos filés na solução de extrato de alecrim alterou os valores médios de TBARS durante o armazenamento, demonstrando menores teores aos 7 e 14 dias, em comparação aos sem antioxidante. No 21º dia, a menor oxidação dos filés foi observada para os imersos em 1200 ppm de extrato de alecrim.

Tabela 4. Médias de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico - TBARS (mg MA/kg) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e com tempo de armazenamento.

Tratamentos	Embalagens		Tempo de armazenamento (dias)			
	Ar atm.	Vácuo	1	7	14	21
Concentrações						
0 ppm	0,71 Aa	0,46 Ab	0,06 Ad	0,64 Ac	0,80 Ab	0,86 Aa
400 ppm	0,47 Ba	0,42 Bb	0,05 Ad	0,42 Bc	0,58 Bb	0,72 Ba
800 ppm	0,48 Ba	0,45 ABb	0,06 Ad	0,38 Bc	0,55 Bb	0,88 Aa
1200 ppm	0,42 Ca	0,37Cb	0,05 Ad	0,38 Bc	0,55 Bb	0,62 Ca
Embalagens						
Ar atm.			0,06 Ad	0,42 Bc	0,69 Ab	0,93 Aa
Vácuo			0,05 Ad	0,49 Ac	0,55 Bb	0,61 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Assim, os procedimentos utilizados para minimizar a oxidação dos filés de tilápia tiveram um efeito benéfico, tanto para a embalagem a vácuo como para a utilização do extrato de alecrim, ou a combinação de ambos.

A influência da embalagem a vácuo na prevenção da oxidação nos filés foi notória neste estudo, devido aos menores valores de TBARS a partir do 14º dia de armazenamento. Essa situação, provavelmente, está diretamente relacionada à baixa concentração de oxigênio, minimizando assim o processo de oxidação dos ácidos graxos, conforme também observado por Soccol et al. (2005).

Considerando a embalagem sob ar atmosférico foi verificado o efeito antioxidante do extrato de alecrim, principalmente para o 1200 ppm, devido à diminuição dos valores de TBARS nos filés imersos nesta concentração de extrato.

A atividade antioxidante do extrato de alecrim foi constatada por vários pesquisadores. Nissen et al. (2000), verificou que a oxidação lipídica foi significativamente menor do que o tratamento controle na conservação de carne de frango desidratada.

Sánchez-Escakante et al. (2001) verificaram inibição da oxidação lipídica em carne bovina através da utilização de extrato de alecrim como antioxidante na concentração de 1000 ppm. Aumento da vida de prateleira de carne bovina foi relatado por Djenane et al. (2003) utilizando extrato de alecrim associado à vitamina C, verificando inibição da oxidação lipídica.

Nissen et al. (2004) observaram melhor proteção contra a oxidação lipídica de carne suína utilizando como antioxidante o extrato de alecrim, concluindo que este extrato tem potencial para manter as características sensoriais de produtos processados de carne suína. Sebranek et al. (2005) verificaram efeito antioxidante do extrato de alecrim semelhante à combinação de BHA/BHT em linguças de porco refrigeradas por 14 dias.

Ke et al. (1984) trabalhando com várias espécies de pescado, sugeriram valores inferiores a 0,576 mg MA/kg, como baixos; entre 0,648 e 1,44 mg MA/kg, como levemente rançosos; e valores superiores a 1,51 mg MA/kg como rançosos e inaceitáveis. A legislação brasileira não impõe limites para TBARS em pescado.

As análises de variância para os resultados obtidos para força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e luminosidade (L\*) estão apresentadas na Tabela 5.

Observaram-se efeitos significativos nos parâmetros força de cisalhamento, capacidade de retenção de água e luminosidade para as interações entre concentrações de extrato de alecrim, embalagens sob ar atmosférico e a vácuo e tempo de armazenamento. As perdas por cocção (PPC) tiveram influência somente do tempo de armazenamento.

Tabela 5. Análises de variância e coeficiente de variação para a força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e luminosidade (L\*) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.

Causas de variação	Valores de F			
	FC	CRA	PPC	L*
Concentrações (C)	30,80**	27,19**	0,66 <sup>NS</sup>	25,39**
Embalagens (E)	4,64*	112,20**	0,73 <sup>NS</sup>	34,29**
Tempo de armazenamento (A)	35,15**	96,98**	56,98**	238,16**
Interação C x E	6,69**	7,01**	2,43 <sup>NS</sup>	12,37**
Interação C x A	13,08**	47,04**	1,43 <sup>NS</sup>	15,02**
Interação E x A	17,85**	42,61**	0,14 <sup>NS</sup>	13,53**
CV (%)	12,92	1,71	15,87	2,16

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

<sup>NS</sup> Não significativo.

Os valores médios para a força de cisalhamento estão apresentados na Tabela 6. Os valores médios para a interação entre embalagens e concentrações de extrato de alecrim, mostraram valores mais altos para este parâmetro nos tratamentos que continham o extrato.

Tabela 6. Médias de força de cisalhamento - FC (kgf) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e tempo de armazenamento.

Tratamentos	Embalagens		Tempo de armazenamento (dias)			
	Ar atm.	Vácuo	1	7	14	21
Concentrações						
0 ppm	0,605 Ca	0,579 Ca	0,787 Ba	0,527 Bb	0,507 Cb	0,547 Bb
400 ppm	0,693 Bb	0,772 Aa	0,704 Bb	0,863 Aa	0,856 Aa	0,508 Bc
800 ppm	0,848 Aa	0,774 Ab	0,983 Aa	0,857 Ab	0,654 Bc	0,749 Abc
1200 ppm	0,791 Aa	0,672 Bb	0,761 Bab	0,864 Aa	0,731 Bb	0,570 Bc
Embalagens						
Ar atm.			0,766 Ba	0,736 Bab	0,764 Aa	0,671 Ab
Vácuo			0,852 Aa	0,820 Aa	0,610 Bb	0,516 Bc

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Houve uma diminuição da FC do 1º para o 21º dia de armazenamento para todas as concentrações de extrato de alecrim. Essa variação na força de cisalhamento dos filés durante o armazenamento pode ser atribuída à desnaturação protéica e perda de água (ESPE et al., 2004), encolhimento das fibras musculares (SIGURGISLADOTTIR et al., 2000) e desintegração das fibras de colágeno (ANDO et al., 1999).

A embalagem dos filés sob ar atmosférico manteve mais estável os valores de FC até o final do período, proporcionando filés com melhor qualidade de textura do que os embalados a vácuo.

Os valores para a capacidade de retenção de água (Tabela 7), mostraram-se estáveis do 7º ao 21º dia para os filés embalados a vácuo com menor perda de água a partir do 14º dia, em relação aos embalados sob ar atmosférico. Apesar das variações encontradas para a CRA ao longo do armazenamento, a utilização da concentração de 800 ppm de extrato de alecrim promoveu estabilidade nesse parâmetro do 7º ao 21º dia, sendo o menor valor final obtido para a concentração de 1200 ppm.

A importância da estabilização da CRA durante o armazenamento é a manutenção das características iniciais do produto. Assim, a utilização da embalagem a vácuo nos filés parece ter exercido um melhor efeito sobre este parâmetro.

Tabela 7. Médias de capacidade de retenção de água - CRA (%) em filés de tilápia do Nilo e armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e com tempo de armazenamento.

Tratamentos	Embalagens		Tempo de armazenamento (dias)			
	Ar atm.	Vácuo	1	7	14	21
Concentrações						
0 ppm	74,35 Ab	78,01 Aa	71,44 Bc	79,68 Aa	75,73 Bb	77,87 Aa
400 ppm	74,89 Aa	75,92 BCa	67,96 Cc	75,32 Cb	83,83 Aa	74,51 Bb
800 ppm	74,51 Ab	76,85 ABa	73,20 ABb	77,62 Ba	75,91 Ba	75,98 ABa
1200 ppm	71,02 Bb	75,14 Ca	74,12 Aab	76,04 BCa	72,73 Cb	69,45 Cc
Embalagens						
Ar atm.			71,30 Ac	77,15 Aa	75,69 Bb	70,63 Bc
Vácuo			72,06 Ab	77,17 Aa	78,42 Aa	78,28 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Os valores médios para as perdas por cocção estão apresentados na Figura 2. Observou-se que em todos os filés, independente do tipo de embalagem e da presença ou não do extrato de alecrim, houve um aumento crescente do 7º ao 21º dia, sendo que até o 14º dia as perdas foram similares ao 1º dia. No 21º dia, as perdas foram acentuadas diferindo dos outros tempos de armazenamento, provavelmente, esse fato esteja associado à perda de água e nutrientes, indicando diminuição na qualidade dos filés de tilápia do Nilo neste período.

As perdas durante o processo de cocção estão associadas à desnaturação protéica provocada pelo calor (SGARBIERI, 1996), ocasionando perda principalmente de água e provavelmente os filés de tilápia ao final do período experimental estavam mais frágeis em função da degradação enzimática elevando assim as perdas.

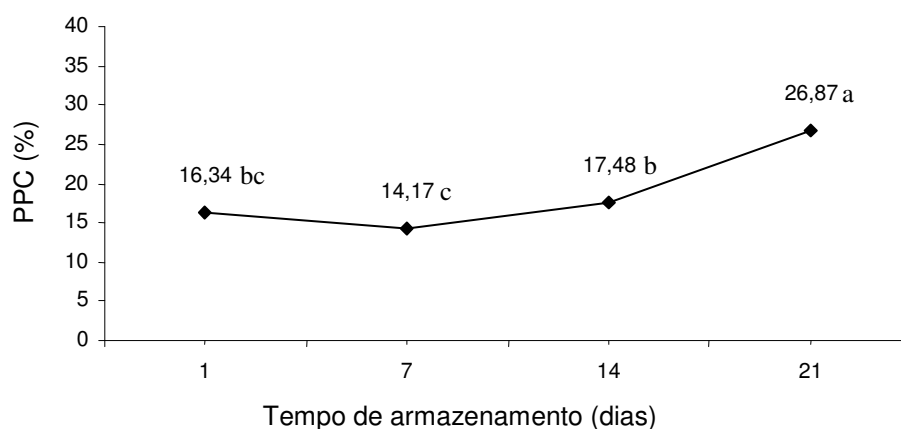


Figura 2. Médias para perdas por cocção - PPC (%) em filés de tilápia do Nilo imersos em extrato de alecrim, embalados sob ar atmosférico e vácuo, e armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias.

Os valores médios para luminosidade ( $L^*$ ) estão apresentados na Tabela 8. Os resultados mostraram que os filés embalados sob ar atmosférico e tratados com extrato de alecrim, independente da concentração, tiveram maior  $L^*$  e, para os embalados a vácuo somente se verificou esse efeito para a concentração de 1200 ppm de extrato.

Durante o armazenamento verificou-se aumento neste parâmetro nos filés em todas as concentrações de extrato de alecrim utilizadas. Os tipos de embalagem também propiciaram aumento da luminosidade ao longo do armazenamento. Esse

comportamento também foi observado por Espe et al. (2004) e Regost et al. (2004) durante o armazenamento de salmão.

Tabela 8. Médias de luminosidade ( $L^*$ ) em filés de tilápia do Nilo armazenados por 1, 7, 14 e 21 dias para interação entre concentrações de extrato de alecrim com embalagens e com tempo de armazenamento.

Tratamentos	Embalagens		Tempo de armazenamento (dias)			
	Ar atm.	Vácuo	1	7	14	21
Concentrações						
0 ppm	45,65 Ba	45,32 Ba	43,27 Ac	45,69 BCb	47,33 Ca	45,65 Bb
400 ppm	47,03 Aa	45,85 Bb	41,99 Bd	45,17 Cc	50,52 Aa	48,08 Ab
800 ppm	47,34 Aa	45,23 Bb	43,75 Ac	46,68 ABb	48,04 BCa	46,66 Bb
1200 ppm	47,16 Aa	47,38 Aa	44,28 Ac	47,60 Ab	48,47 Bab	48,73 Aa
Embalagens						
Ar atm.			44,39 Ac	46,19 Ab	48,67 Aa	47,92 Aa
Vácuo			42,25 Bc	46,38 Ab	48,50 Aa	46,64 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

O aumento da  $L^*$  nos filés pode ser um aspecto importante na aparência do produto, entretanto para a conservação e prolongamento da vida útil, a manutenção das características iniciais é de fundamental importância na qualidade do mesmo, indicando assim poucas alterações, que normalmente estão associadas a deterioração.

## Conclusões

O extrato de alecrim retardou o processo de oxidação lipídica de filés de tilápia do Nilo, e a concentração de 1200 ppm foi a mais efetiva.

A combinação da embalagem a vácuo e o extrato de alecrim potencializou o efeito antioxidante em filés de tilápia do Nilo armazenados em gelo.

As alterações ocorridas durante o armazenamento não comprometeram as características físico-químicas de filés de tilápia imersos em extrato de alecrim embalados sob ar atmosférico e a vácuo.

## REFERÊNCIAS

ABDALLA, D.S.P. Antioxidantes: conceitos básicos e perspectivas terapêuticas. **ARS Curandi**, São Paulo, p.141-164, 1993.

AIURA, F.S.; CARVALHO, M.R.B. Composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com dietas contendo tanino. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.99, n.38, p.93-98, 2004.

ALBUQUERQUE, W.F.; ZAPATA, J.F.F.; ALMEIDA, R.S. Estado de frescor, textura e composição muscular da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatida com dióxido de carbono e armazenada em gelo. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, Número Especial, p.264-271, 2004.

AL-KAHTANI, H.A.; ABU-TAKBOUSH, H.M.; BAJARER, A.S. et al. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, v.61, n.4, p.729-733, 1996.

ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. Rancidity in foods. London: **Applied Science**, 1983, 199p.

ALMEIDA, N.M.; BATISTA, G.M.; KODAIRA, M. et al. Alterações *post-mortem* em tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservados em gelo. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1288-1293, 2006.

AMERICAM OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**, 16. ed. Arlington: AOAC, 1995. 2v.

ANDO, M.; TOYOHARA, H.; SHIMIZU, Y. et al. Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by disintegration of collagen fibers in the pericellular connective tissue. **Bull Japan Society Science Fish**. v.58, p.567-570, 1992.

ANDO, M.; NISHIYABU, A.; TSUKAMASA, Y. et al. Post-mortem softening of fish muscle during chilled storage as affected by bleeding. **Journal Food Science**, v.64, p.423-428, 1999.

ANDRADE, A.D.; RUBIRA, A.F.; MATSUSHITA, M. et al.  $\omega$  fatty acids in freshwater fish from south Brazil. **The Journal of the American Oil Chemist Society**. v.72, n.10, p.1207-1210, 1995.

ARAÚJO, M.G.; GASPAR, A.; MONTENEGRO, M. Tempo de prateleira de pescadinha (*Cynoscion*, ssp) resfriada: avaliação quanto aos aspectos físico-químicos e sensoriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, Fortaleza, 2000. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000, v.1, p.3.187.

ARUOMA, O.I. Free radicals and food. **Chemistry in Britain**, London, v.29, n.3, p.210-214, 1993.

ARUOMA, O.I.; SPENCER, J.P.E.; ROSSI, R. et al. An evaluation of the antioxidant and antiviral action of extracts of rosemary and provencal herbs. **Food and Chemical Toxicology**, v.34, p.449-456, 1996.

BERGER, K.G.; HAMILTON, R.J. In: **Developments in oils and fats**: Hamilton, R.J., ed.: Chapman & Hall: London, 1995, cap.7.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. v.37, p.911, 1959.

BORGHETTI, J.R.; OSTRENSKY, A. Estratégias e ações governamentais para incentivar o crescimento da atividade aquícola no Brasil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1, 1998, Recife, PE. **Anais...** Recife: SIMBRAQ, 1998. p.437-447.

BOTTERWECK, A.A.M.; VERHAGEN, H.; GOLDBOHM, R.A. et al. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyses in the Netherlands cohort study. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.38, p.599-605, 2000.

BOYD, C.E. **Water quality management for ponds fish culture. Development in aquaculture and fisheries science**. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1990. 480p.

BOYD, L.C.; GREEN, D.P.; GIESBRECHT, F.B. et al. Inhibition of oxidative rancidity in frozen cooked flakes by tert-butylhydroquinone and rosemary extract. **Journal of Science and Food Agricultural**, v.61, p.87-93, 1993.

BOYD, C.E. Aquaculture sustainability and environmental issues. **World Aquaculture**, v.30, n.10-13, p.71-72, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº de 02 de janeiro de 2001. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS. **Compêndio de legislação de alimentos**. v. 1/A. São Paulo: ABIA. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA)**. Pescados e derivados, C7, seção 1. Brasília, 2001. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br/sda](http://www.agricultura.gov.br/sda)>. Acesso em: 04 junho 2006.

BROOKMAN, P. Antioxidants and consumer acceptance. **Food Technology in New Zealand**, v.26, n.10, p.24-28, 1991.

BUCK, D. F. Antioxidants in soy oil. **Journal of American Oil Chemical Society**, v.58, p.275-278, 1981.

CARTER, J.F. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. **Cereal Foods World**, v.38 p.753-759, 1993.

CEOTTO, B. O que a linhaça tem. Dentro das sementes da planta que dá origem ao linho há componentes que equilibram os hormônios femininos e reforçam as defesas do corpo. **Revista Saúde**, p.37-40, 2000.

CHUNG, K.; WONG, T.Y.; WEI, C. et al. Tannins and human health: a review. **Critical Review Food Science Nutrition**, v.38, p.421-64, 1998.

CLEMENT, S.; LOVELL, R.T. Comparison of processing yield and nutrient composition of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.119, p.299-310, 1994.

- CONQUER, J.A.; MARTÍN, J.B.; TUMMON, I. et al. Effect of DHA supplementation on DHA status and sperm motility in asthenozoospermic males. **Lipids**, v.35, p.149-154, 2000.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p.
- CORTE, O.O.; FELÍCIO, P.E.; CIA, G. Sistematização da avaliação final de bovinos e bubalinos. III. Qualidade da carne. **Boletim Técnico do CTC**, Campinas, n.3, p.66-76, 1979.
- COSGROVE, J.P.; CHURCH, D.F.; PRYOR, W.A. The kinetics of autoxidation of polyunsaturated fatty acids. **Lipids**, Champaign, v.22, n.5, p.299-304, 1987.
- CRUCES-BLANCO, C.; CARRETERO, A.S.; BOYLE, E.M. et al. The use of dansyl chloride in the spectrofluorimetric determination of the synthetic antioxidant butylated hydroxyanisole in foodstuffs **Talanta**, v.50, n.5, p.1099, 1999.
- CUVELIER, M.; BERSET, C.; RICHARD, H. Antioxidant constituents en sage (*Salvia officinalis*). **Journal Agricultural Food Chemicals**, v.42, n.3, p.665-669, 1996.
- CUVELIER, M.E.; BONDETY, V.; BERSET, C. Behavior of phenolic antioxidants in a portioned medium: Structure-activity relation-ship. **Journal American Oil Chemical Society**, v.77, p.819-823, 2000.
- DEL BAÑO, M.J.; LORENTE, J.; CASTILLO, J. et al. Phenolic Diterpenes, Flavones, and Rosmarinic Acid Distribution during the Development of Leaves, Flowers, Stems, and Roots of *Rosmarinus officinalis*. Antioxidant Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.15, p.4247-4253, 2003.
- DEL CAMPO, J.; AMIOT, M.J.; NGUYEN-THE, C. Antimicrobial effect of rosemary extracts. **Journal of Food Protection**, v.63, p.1359-1368, 2000.
- DJENANE, D.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; BELTRÁN, J.A. et al. Extensión of the shelf life of beef steaks packaged in a modified atmosphere by treatment with rosemary and displayed under UV-free lighting. **Meat Science**, v.64, p.417-426, 2003.

DONNELLY, J.K.; ROBINSON, D.S. Invited review. Free radical in foods. **Free Radical Research**, v.22, n.2, p.147-176, 1995.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba:Champagnat,1996, 123p.

ENSER, M.; HALLETT, K.G.; FURSEY, A.J. et al. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, v.49, n.3, p.329-341, 1998.

ESPE, M.; RUOHONEN, K.; BJORNEVIK, M. et al. Interaction between ice storage time, collagen composition, gaping and textural properties in farmed salmon muscle harvested at different times of the year. *Aquaculture*, v.240, p.489-504, 2004.

FAGAN, J. D.; GORMLEY, T.R.; MHUIRCHEARTAIGH, M.U. Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. **Lebensmittelchemie Wiss.u. Technology**, v.36, p.647–655, 2003.

FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.; ZHI, N.; ALESON-CARBONELL, L. et al. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: applications in beef meatballs. **Meat Science**, v.69, p.371-380, 2005.

FERRARI, C.K.B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**, v.11, n.1, p.3-14, 1998.

FORMANEK, Z.; LYNCH, A.; GALVIN, K. et al. Combines effects of irradiation and the use of natural antioxidants on the shelf-life stability of overwrapped minced beef. **Meat Science**, v.63, p.433-440, 2003.

FRANCO, B.D.G.M; LAMDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2003.

FRANKEL, E.N. Lipid oxidation. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v.19, n.1-2, p.1-22, 1980.

FRANKEL, E.N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemistry**, v.57, p.51-55, 1996.

- FRANKEL, E.N.; HUANG, S.W.; AESCHBACH, R. et al. Antioxidant activity of a rosemary extract and its constituents, carnosic acid, carnosol, and rosmarinic acid, in bulk oil and oil-in-water emulsion. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.131-135, 1996.
- GEROMEL, E.J.; FORSTER, R.J. **Princípios fundamentais em tecnologia de pescado**. São Paulo, 1989. 127p.
- GRAY, J.J.; GOMAA, E.A.; BUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v.43, p.167-176, 1996.
- HALLIWELL, B.; MURCIA, M.A.; CHIRICO, S. et al. Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.35, n.1/2, p7-20, 1995.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v.10, p.355-463, 1960.
- HARRIS, W.S. Nonpharmacologic treatment of hypertriglyceridemia: focus on fish oils. **Clinical Cardiology**, v.22, (suppl. II), p.40-43, 1999.
- HAZEL, J.R.; ZEBRA, E. Adaptation of biological membranes to temperature: molecular species compositions of phosphatidyl-choline and phosphatidylethanolamine in mitochondrial and microsome membranes of liver from thermally acclimated rainbow trout. **Journal of Comparative Physiology B**, v.156, p.665-74, 1986.
- HENDERSON, J.; TOCHER, D.R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Progress Lipid Research**, v.26, p.281-347, 1987.
- HILSDORF, A.W.S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.22, n.1, p.73-84, 1995.
- HOFFMANN, F.L.; GARCIA-CRUZ, C.H.; VINTURIM, T.M. et al. Levantamento da qualidade higiênico-sanitária de pescado comercializado na cidade de São José do Rio Preto (SP). **Higiene Alimentar**, v.13, n.64, p.45-48, 1999.

HOPIA, A.I.; HUANG, S.W.; SCHWARZ, K. et al. Effect of different lipid systems on antioxidant activity of rosemary constituents carnosol and carnosic acid with and without  $\alpha$ -tocopherol. **Journal Agriculture Food Chemical**, v.44, p.2030-2036, 1996.

HOULIHAN, C.M.; HO, C.T.; CHANG, S.S. The structure of rosmariquinone-A new antioxidant isolated from *Rosmarinus officinalis* L. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.62, p.96-98, 1985.

HOSSAIN, M.A.; FOCKEN, U.; BECKER, K. Evaluation of an unconventional legume seed, *Sesbania aculeata*, as a dietary protein source for common carp, *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture**, v.198 p.129-40, 2001a.

HOWGATE, P. Determination of total volatile bases. **Torry Research Station**. Aberdeen, TD 564, Appendix 4, 1976.

HSIEH, R.J.; KINSELLA, J.E. Oxidation of polyunsaturated fatty acids: mechanisms, products, and inhibition with emphasis on fish. **Advances in Food Nutrition Research**, San Diego, v.33, p.233-341, 1989.

HUANG, S.W.; HOPIA, A.; SCHWARZ, K. et al. Antioxidant activity of R-tocopherol and trolox in different lipid substrates - bulk oils vs oil-in-water emulsions. **Journal Agricultural Food Chemical**, v.44, p.444-452, 1996.

HUANG, C.H.; HUANG, M.C.; HOU, P.C. Effect of dietary lipids on fatty acid composition and lipid peroxidation in sarcoplasmic reticulum of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v.120, p.331-336, 1998.

HUIDOBRO, A.; PASTOR, A.; LÓPEZCABALLERO, M.E. et al. Washing effect on the quality index method (QIM) developed for raw gilthead seabream (*Sparus aurata*). **European Food Research Technology**, Berlin, v.212, p.408-412, 2001.

ISMAIL, S.A.S.; DEAK, T.; ABD EL-RAHMAN, H.A. et al. Effectiveness of immersion treatments with acid, trisodium phosphate, and herb decoctions in reducing population of *Yarrowia lipolytica* and naturally occurring aerobic microorganism on raw chicken. **Journal Food Microbiology**, v.64, p.13-19, 2001.

JUSTI, K.C.; HAYASHI, C.; VISENTAINER, J.V. et al. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v.80, p. 489-493, 2003.

KAI, M.; MORAIS, C. **Vias de deterioração do pescado**. Controle de qualidade. São Paulo: Loyola, 1998. p.13-20.

KANAZAWA, A.; TESHIMA, S.; SAKAMOTO, M. Requirements of Tilapia zillii for essential fatty acid. **Bull Japan Society Science Fish**. v.46, p.1353-1356, 1980.

KE, P.J.; CERVANTES, E.; ROBLES-MARTINEZ, C. Determination of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in fish tissue by an improved distillation-spectrophometric method. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.35, p.1248-1254, 1984.

KHALIL, A.H.; MANSOUR, B.H. Control of lipid oxidation in cooked and uncooked refrigerated carp fillets by antioxidant and packaging combinations. **Journal Agriculture and Food Chemistry**. v.46, n.3, p.1158-1162, 1998.

KHAYAT, A.; SCHWALL, D. Lipid oxidation in seafood. **Food Technology**, v.37, n.7, p.130-140, 1983.

KINSELLA, J.E. Food components with potential therapeutic benefits: the n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. **Food Technology**, v.40, p.89-97, 1986.

KUBOW, S. Lipid oxidation products in food and atherogenesis. **Nutrition Reviews**, New York, v.51, n.2, p.33-40, 1993.

LAI, S.M.; GRAY, J.I.; SMITH, D.M. et al. Effects of Oleoresin Rosemary, Tertiary Butylhydroquinone, and Sodium Tripolyphosphate on the Development of Oxidative Rancidity in Restructured Chicken Nuggets. **Journal Food Science**, v.56, p.616-620, 1991.

LANARA - **Laboratório Nacional de Referência Animal**. Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Brasília-DF, 1981.

LEE, C.M.; TOLEDO, R.T. Degradation of fish muscle during mechanical deboning and storage with emphasis on lipid oxidation. **Journal Food Science**, v.42, p.1646-1649, 1977.

LEISTNER, L. Food preservation by combined methods. **Food Research International**, v.25, n.2, p.151-158, 1992.

LEITÃO, M.F.F. Microbiologia do pescado e controle sanitário no processamento. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, n.50, p.1-35, 1977.

LEITÃO, M.F.F. Microbiologia e deterioração do pescado fresco e refrigerado de origem fluvial e marinha. In: SEMINÁRIO SOBRE CONTROLE DA QUALIDADE DO PESCADO. Santos, 1988. **Anais...** Santos, 1988, p.40-58.

LIRA, G.M.; SHIMOKOMAKI, M.; MANCINI-FILHO, J. et al. Avaliação da oxidação lipídica em carne-de-sol. **Higiene Alimentar**, v.14, n.68/69, p.66-69, 2000.

LOVSHIN, L.L.; CIRYNO, P.E.P. Status of commercial fresh water fish culture in Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 2, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba, CBNA, 1998. p.1-20.

LUZIA L.A.; SAMPAIO, G.R.; CASTELLUCCI, M.N. et al. Avaliação da peroxidação lipídica em cinco espécies populares de pescados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., Fortaleza, 2000. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000. v.2, p.5.133.

MACEDO-VIEGAS, E.M. A aquicultura e o processamento de pescado no Brasil. **Revista Nacional da Carne**. São Paulo, n.278, p.18-23, 2000.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; SOUZA, M.L.R.; KRONKA, S.N. Estudo da carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em quatro categorias de peso. *Revista Unimar*, v.19, p.863-70, 1997.

MACKIE, I.M. The effect of freezing on flesh proteins. **Food Review International**, v.9, p.575-610, 1993.

MADRID, R.M. Avança Brasil: Programa de Desenvolvimento da Aquicultura. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP “TECNOLOGIA PARA APROVEITAMENTO INTEGRAL DO PESCADO”, 2000, Campinas. **Resumos**. Campinas: ITAL, 2000. p.1-4.

MADSEN, H.L.; BERTELSEN, G. Spices as antioxidants. **Trends of Food Science and Technology**, v.6, n.8, p.271-7, 1995.

MAGNÚSSON, H.; MARTINSDÓTTIR, E. Storage quality of fresh and frozen-thawed fish in ice. **Journal of Food Science**, v.60, p.273-278, 1995.

MAIA; E.L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídes de diversas espécies de peixes. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.53, n.1/2, p.27-35, 1993.

MAIA; E.L.; OGAWA, M. Composição de aminoácidos de peixes de água doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza, 2000. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000. v.2, p.5.37.

MARTINO, R.; TAKAHASHI, N.S. A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. **Óleos e Grãos**, São Paulo, n.58, p.327, 2001.

MASUDA, T.; INABA, Y.; TAKEDA, Y. Antioxidant mechanism of carnosic acid: structural identification of two oxidation products. **Journal Agricultural Food Chemical**, v.49, p.5560-5565, 2001.

MAYER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P. et al. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis; results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **Journal of The American Academy Dermatology**, v.38, p.421, 1998.

McCALL M.R.; FREI, B. Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans? **Free Radical Biology & Medicine**, v.26, n.7/8, 1034-1053, 1999.

MILOS, M.; MASTELIC, J.; JERKOVIC, I. Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from oregano (*Origanum vulgare*, L. ssp. *hirtum*). **Food Chemistry**, v.71, p.79-83, 2000.

MONTERO, P.; BORDERIAS, J. Influence of age on muscle connective tissue in trout (*Salmo irideus*). **Journal Science Food Agricultural**, v.51, p. 261-269, 1990.

MOREIRA, A.V.B.; MANCINI-FILHO, J. Influencia dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, v.14, n.4, p.411-424, 2004.

MUJICA, P.Y.C. **Avaliação da qualidade organoléptica, química e microbiológica de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), mantida à temperatura ambiente e sob gelo**. 1988, 75 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

NAKATANI, N. Natural antioxidant from spices. In: HUANG, M.T., HO, C.T., LEE, C.Y. (Eds.). Phenolic compounds and their effects on health II – antioxidants and cancer prevention. Washington: **American Chemical Society**, 1992, Cap. 6, p.73-86.

NAKATANI, N. Chemistry of antioxidants form Labiatae herbs. In: HO, C.T.; OSAWA, T.; HUANG, M.T.; ROSEN, R.T. (Eds.). Food Phytochemicals for Cancer Prevention II: teas, spices, and herbs. Washington: **American Chemical Society**, 1994. Cap.16, p.144-153.

NAKATANI, N.; INATANI, R. Two antioxidative diterpenes from rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) and a revised structure for rosmanol. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.48, p.2081-2085, 1984.

NAMIKI, M. Antioxidants/antimutagens in food. **Journal of Nutrition**, Boca Raton, v.29, n.4, p.273-300, 1990.

NASSU, R.T.; GONCALVES, L.A.G.; SILVA, M.A.A.P. et al. Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. **Meat Science**, v.63, p. 43-49, 2003.

NAWAR, W.W. **Lipids**. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). Food chemistry. 2<sup>a</sup> ed. New York: Marcel Dekker, p. 139-244, 1985.

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

NETTO, F.M. **Modificações químicas, bioquímicas e sensoriais do híbrido de tilápia estocado em gelo.** 1984. 79p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1984.

NISSEN, L.R.; MANSSON, L.; BERTELSEN, G. et al. Protection of dehydrated chicken meat by natural antioxidants as evaluated by electron spin resonance spectrometry. **Journal Agricultural Food Chemicals**, v.48, p.5548-5556, 2000.

NISSEN, L.R., BYRNE, D.V., BERTELSEN, G. et al. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. **Meat Science**, v.68, p.485-495, 2004.

O'GRADY, M.N.; MAHER, M.; TROY, D.J. et al. An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. **Meat Science**, v.73, p.132-143, 2006.

OETTERER, M. **Matéria-prima alimentar: pescado.** São Caetano do Sul: Centro de Pesquisas do Instituto Mauá de Tecnologia, 1991. 29p.

OETTERER, M. Técnicas de beneficiamento e conservação do pescado de água doce. **Panorama da Aquicultura**, v.8, n.46, p.14-20, 1998.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais.** 1999. 166f. Tese (Livre – Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado.** Guaíba: Editora Agropecuária. 2002, 200p.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado.** São Paulo: Varela, 1999, v.1, 430p.

OLIVEIRA, E.R.N. **Deterioração do frescor.** Apostila da disciplina de Qualidade do pescado. Toledo, 2004.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v.28, n.4, p.655-663, 2005.

PALIC, A.; DIKANOVIC-LUCAN, Z. Antioxidative effect of “Herbalox” on edible oils. **Fett Wissenschaft Undtechnologie**, v.97, n.10, p.379-81, 1995.

PAPAS, A.M. Oil-soluble antioxidants in foods. **Toxicology and Industrial Health**, v.9, n.1/2, p.123-149, 1993.

PEDROSA-MENABRITO, A.; REGENSTEIN, J.M. Shelf-life extension of fresh fish. A review. Spoilage of fish. **Journal of Food Quality**, v.2, p. 117-127, 1988.

PEREIRA, K.C. 1997. **Estudo Tecnológico de Conservação e Processamento de Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, 53p. Florianópolis, SC.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D.E.; KUMMEROW, F.A. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.37, p.1309-1313, 1989.

PINTO, L.G.Q.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. et al. Desempenho do piauçu (*Leporinus macrocephalus*) arraçoado com dietas contendo diferentes níveis de tanino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30 p.1164-71, 2001.

PRADO, L.G. Conservação do pescado. In: FONSECA, H., PRADO, L.G., ANDRADE, M. O. et al. **Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984, cap.10, p.165-189.

RAHARJO, S.; SOFOS, J.N.; SCHMIDT, G.R. Solid-phase acid extratction improves thiobarbituric acid method to determine lipid oxidation. **Journal Food Science**, v.58, n.4, p.921-24, 1993.

RAHMAN, S.A.; HUAH, T.S.; HASSAN, O. et al. Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. **Food Chemistry**, v.54, v.1, p.45-49, 1995.

- REGOST, C.; JAKOBSEN, J.V.; RORA, A.M.B. Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. **Food Research International**, v.37, p.259-271, 2004
- REISHE, D.W.; LILLIARD, D.A.; EITENMILLER, R. R. **Antioxidants**; AKOH, C.C.; MIN, D.B., eds.; Marcel Dekker: New York, 1997, p.423.
- RIBEIRO, R.P. Espécies exóticas. In: MOREIRA, H. L. M. et al. **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas: Ed. ULBRA, 2001. p.91-121.
- SAGDIC, O.; OZCAN, M. Antimicrobial activity of Turkish spice hydrosols. **Food Control**, v.14, 141-143, 2003.
- SÁNCHEZ-ESCAKANTE, A.; DJENANE, D.; TORRESCANO, G. et al. The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. **Meat Science**, v.58, p.421-429, 2001.
- SANT'ANA, L.S.; MACINI-FILHO, J. Ação antioxidante de extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em filés de peixes da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.2, n.1, p.27-31, 1999.
- SANT'ANA, L.S.; MANCINI-FILHO, J. Influence of the addition of antioxidants in vivo on the fatty acid composition of fish fillets. **Food Chemistry**, v.68, p.175-178, 2000.
- SANT'ANA, L.S.; FERNANDES, J.B. Efeito do armazenamento na composição em ácidos graxos de filés de peixes da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., Fortaleza, 2000. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000. v.4. p.5.272.
- SCHIRCH, D.T.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante em extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis*, L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XVII. 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000. v.2, p.5.15.

SEBRANEK, J.G.; SEWAL T.V.J.H.; ROBBINS, K.L. et al. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, v.69, p.289-296, 2005.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo : Varela, 1996. 517p.

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

SIGURGISLADOTTIR, S.; INGVARSDOTTIR, H.; TORRISSEN, O.J. et al. Effects of freezing/thawing on the micro-structure and the texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Food Research International**, v.33, p.857-865, 2000.

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A.; BURT, J.R. Postharvest biochemical and microbial changes. In: SIKORSKI, Z.E. **Seafood**: resources, nutritional, composition and preservation. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 55-73.

SILLIKER, J.H.; WOLF, S.K. Microbiological safety considerations in controlled-atmosphere storage of meats. **Food Technology**, v.34, n.2, p.59-63, 1980.

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

SIMIC, M.G.; JAVANOVIC, S.V. Inactivation of oxygen radicals by dietary phenolic compounds in anticarcinogenesis. In: HO, C.T., OSAWA, T., HUANG, T.M., ROSEN, R.T. (Ed.). Food phytochemicals for cancer prevention. Washington; **American Chemical Society**, 1994. p.20-33 (ACS Symposium Series, n.546).

SIMOPOULOS, A.P.; LEAF, A.; SALEM, N. Essentiality and recommended dietary intakes for Omega-6 and Omega-3 fatty acids. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v.43, p.127-130, 1999.

SIQUEIRA, A.A.Z.C. **Efeitos da irradiação e refrigeração na qualidade e no valor nutritivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Piracicaba, 2001. 137p. Dissertação (M.S). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, n.1, p.71-81, 2002.

SOCCOL, M.C.H.; OETTERER, M.; SPOTO, M.H.F. et al. Evaluation of physical-chemical and sensory characteristics of minimally processed tilapia fillets, *Oreochromis niloticus*. In: WORLD AQUACULTURE. 2003, Bahia. **Abstracts**. Bahia: WORLD AQUACULTURE. 2003. v.2, p.734.

SOCCOL, M.C.H.; OETTERER, M.; GALLO, C.R. et al. Efeitos da Atmosfera Modificada e do Vácuo sobre a Vida Útil de Filés de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, n.1, p.7-15, 2005.

SOLBERG, C.; HEGLI, S.; SOLBERG, T. Changes in functional properties during storage of salmon. In S. A. Georgakis (Ed.), **Proceedings** of 29 th WEFTA meeting, (p. 224-231) Thessaloniki, Greece, 2000.

SOUZA, M.L.R.; MACEDO-VIEGAS, E.M.; KRONKA, S.N. Influencia do método de filetagem e categorias de peso sobre o rendimento de carcaça, filé e pele da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticu*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1-6, 1999.

SOUZA, F.G.; OLIVEIRA, A.A.C.A.; ANDRADE, R.C.F. et al. Avaliação do desenvolvimento do nível de nitrogênio básico volátil em músculo de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em função do tempo de abate In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XVII. 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000. v.4, p.5.286.

SOUZA, H.B.A.; SILVA, A.G.S.; ZEOLA, N.M.B.L.; PELICANO, E.R.L.; SOUZA, P.A.; LEONEL, F.R.; OBA, A.; LIMA, T.M.A. Avaliação de diferentes teores de gordura e antioxidante nos parâmetros qualitativos e sensoriais de embutido fresco de carne ovina. **ARS Veterinária**, Jaboticabal - SP, v. 21, p. 315-319, 2005a.

SOUZA, M.L.R.; VIEGAS, E.M.M.; SOBRAL, P.J.A. et al. Efeito do peso de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.1, p.51-59, 2005b.

SQUIRES, E.J.; VALDES, E.V.; W.U, J.; LEESON, S. Utility of the thiobarbituric acid test in the determination of the quality of fats and oils in feeds. **Poultry Science**, v.70, p.180-183, 1991.

St ANGELO, A. J. Lipid oxidation on foods. **Critical Reviews in Food Science Nutrition**. v.36, n.3, p.175-224, 1996.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM- SAS. **User's guide: Statistics**. version 8.0 Cary: 1999.

TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Requirement of tilapia nilotica for essential fatty acids. **Bull Japan Society Science Fish**, v.49, p.1127-1134, 1983.

TERRA, N.N.; MILANI, L.I.G.; ROSA, C.S. et al. Proteção antioxidativa e antimicrobiana da carne mecanicamente separada de frango. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XVII. 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000. v.2, p.5.124.

TOLEDO, M.C.F.; ESTEVES, W.; HARTMANN, V.E.M. Eficiência de antioxidantes em óleo de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.5, n.1, p.1-11, 1985.

TORRES, E.A.F.S.; OKANI, E.T. Teste de TBA: ranço em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, v.24, n.243, p.68-78, 1997.

UAUY, R.; VALENZUELA, A. Marine oils: The health benefits of n-3 fatty acids. **Nutrition**, v.16, n.7/8, p.680-684, 2000.

VENUGOPAL, V.; DOKE, S. N.; THOMAS, P. Radiation processing to improve the quality of fishery products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.39, n.5, p.391-440, 1999.

VISENTAINER, J.V.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. et al. Quantificação de ácidos graxos ômega-3 (LNA, EPA, DHA), caracterização físico-química e composição de ácidos graxos em cabeças de tilápias jovens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, XVII. 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza: SBCTA, 2000. v.2, p.5.221.

- VISENTAINER, J.V.; GOMES, S.T.M.; HAYASHI, C. et al. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.3, p.478-484, 2003.
- WADA, S.; FANG, X. The synergistic antioxidant effect on rosemary extract and  $\alpha$ -tocopherol in sardine oil model system and frozen-crushed fish meat. **Journal Food Process Preservation**, v.16, p.263-274, 1992.
- WANASUNDARA, P.K.J.P.D.; SHAHIDI, F.; SHUKLA, V.K.S. Endogenous antioxidants from oilseeds and edible oils. **Food Reviews International**, v.13, n.2, p.225-292, 1997.
- WONG, J.W.; HASHIMOTO, K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, n.10, p.2707-12, 1995.
- WU, J.W.; LEE, M.H.; HO, C.T. et al. Elucidation of the chemical structures of natural antioxidants isolated from rosemary. *Journal of American Oil Chemists Society*, v.59, p.339–345, 1982.
- ZIBOH, V.A.; MILLER, C.C.; CHO, Y. Metabolism of polyunsaturated fatty acids by skin epidermal enzymes: Generation of anti-inflammatory and antiproliferative metabolites. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.7, p.361-366, 2000.