

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
FACULDADE DE NUTRIÇÃO  
MESTRADO EM NUTRIÇÃO**

**EFEITO DA FRITURA SOBRE O VALOR NUTRITIVO DO  
CAMARÃO PITU (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman,  
1836) DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR  
MUNDAÚ/MANGUABA-AL**

**Sarah Janaina Gurgel Bechtinger Simon**

**MACEIÓ  
2010**

**SARAH JANAINA GURGEL BECHTINGER SIMON**

**EFEITO DA FRITURA SOBRE O VALOR NUTRITIVO DO  
CAMARÃO PITU (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman,  
1836) DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR  
MUNDAÚ/MANGUABA-AL**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Nutrição da Universidade Federal de  
Alagoas como requisito parcial à obtenção  
do título de Mestre em Nutrição.

Orientadora: **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giselda Macena Lira**

**MACEIÓ  
2010**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

S596e Simon, Sarah Janína Gurgel Bechtlinger.  
Efeito da fritura sobre o valor nutritivo do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836) do Complexo Estuarino Lagunar Mundáú/Manguaba -AL / Sarah Janína Gurgel Bechtlinger Simon, 2010.  
70 f. : il.

Orientadora: Giselda Macena Lira.  
Dissertação (mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Alagoas.  
Faculdade de Nutrição. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Maceió, 2009.

Bibliografia: f. 69-70.

1. Camarão pitu – Fritura. 2. Camarão pitu – Valor nutricional. 3. Colesterol.  
4. Ácidos graxos poliinsaturados. 5. Composição centesimal. 6. Óxidos de Colesterol. I. Título.

CDU: 612.397

Dedico a minha tia Verônica Gurgel Fragoso de Lima, a minha avó Célia M<sup>a</sup> Gurgel Fragoso de Lima e a minha mãe, sempre presente, Dagmar Gurgel Fragoso de Lima pelo incansável apoio e compreensão durante mais esta conquista.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo auxílio financeiro ofertado que viabilizou a realização desta pesquisa, bem como a Bolsa de Mestrado concedida.

À comunidade pesqueira do município de Marechal Deodoro-AL, pelo auxílio na captura dos camarões.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giselda Macena Lira, pela dedicação, paciência e competência na orientação do presente trabalho, assim como, pela confiança depositada em mim para que o mesmo fosse realizado.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neura Bragagnolo da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, pelo apoio na injeção das amostras no Cromatógrafo Gasoso e Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência.

Às amigas e Bolsistas de Iniciação Científica Thaise Morais Silva e Caterine Cristine de Vasconcelos Quintiliano Cabral, pelo apoio na execução das análises.

Ao doutorando João Gomes, do Departamento de Química da Universidade Federal de Alagoas, pelo auxílio na análise estatística dos resultados.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Alagoas, pelo enriquecimento deste trabalho por meio dos conhecimentos transmitidos em suas aulas.

Aos meus colegas de mestrado, em especial, Tâmara Kelly Gomes, Allysson Haide e João Batista pela cumplicidade em dividir suas angústias e conquistas.

Aos meus tios Sérgio Gurgel e Verônica Gurgel, pela ajuda no transporte das amostras.

Ao meu querido Rodrigo Vilella de Almeida, pelo apoio incondicional desde a graduação, e pelas inúmeras ajudas durante a execução deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

## RESUMO GERAL

Os crustáceos destacam-se por seu grande interesse comercial e boa aceitação no mercado consumidor. Entretanto, além de apresentarem fração lipídica com ácidos graxos poliinsaturados, o fato de sofrerem cocção, como a fritura, pode favorecer a oxidação desses compostos e a produção de óxidos de colesterol citotóxicos, teratogênicos e mutagênicos. No presente estudo, foram revisadas questões envolvendo o processo de fritura em pescado, enfocando as diferentes alterações químicas ocorridas no óleo e no alimento, bem como as implicações nutricionais decorrentes desse procedimento culinário. Assim, considerando-se a escassez de informações acerca da composição química do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus*) encontrado no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba-Alagoas, estudou-se, neste trabalho, o efeito da fritura sobre seu valor nutritivo. Determinou-se, então, nas formas *in natura* e frita desse alimento a composição centesimal, valor calórico, perfil de ácidos graxos, colesterol e óxidos de colesterol. Para o pitu *in natura* e frito, respectivamente, obteve-se os seguintes resultados: umidade: 73,59% e 67,47%; cinzas: 1,31% e 1,47%; proteínas: 23,56% e 28,80%; carboidratos: 0,76% e 0,70%; lipídeos: 1,58% e 2,23%; calorias: 117,20 kcal/100g e 160,20 kcal/100g; ácidos graxos: poliinsaturados 33,03% e 54,72%; ômega-3: 15,67% e 8,79%; ômega-6: 17,36% e 45,93%; colesterol: 102,89 mg/100g e 137,11 mg/100g; óxidos: 7-cetocolesterol 0,01 µg/g e 0,02 µg/g; Triol: 0,81 µg/g e 0,73 µg/g. Concluiu-se que o pitu é um camarão de alto valor nutricional e boa fonte de ácidos graxos essenciais, mas a fritura conduz a modificações significativas na sua composição centesimal, especialmente no seu perfil lipídico, não sendo esse método de cocção o mais indicado para compor uma dieta nutricionalmente equilibrada com tal alimento.

**Palavras-chave:** camarão pitu, fritura, ácidos graxos poliinsaturados, composição centesimal, colesterol, óxidos de colesterol.

## FULL ABSTRACT

The crustaceans are noted for their great commercial interesting and acceptance into the consumer market. However, besides showing lipid fraction with polyunsaturated fat acids, they are suffering cooking methods, such as frying, can favor the oxidation of these compounds and production of cholesterol oxides cytotoxic, teratogenic and mutagenic. In the present study, reviewed issues involved with frying process in fish, focused on different chemical changes that occurred in oil and food, as well as nutritional implications resulted from this culinary procedure. Therefore, considering the lack of information about the chemical composition of the "pitu" prawn (*Macrobrachium acanthurus*) from the Estuary Lagoon Complex Mundaú/Manguaba-Alagoas, studied in this work the frying effect on its nutritional value. It was determined in the *in nature* and fried prawn, the proximate composition, caloric value, fatty acid profile, cholesterol and oxides of cholesterol. The results obtained from *in nature* and fried pitu, were respectively, for moisture (73.59% and 67.47%), ash (1.31% and 1.47%), protein (23.56% and 28.80 %), carbohydrates (0.76% and 0.70%), lipids (1.58% and 2.23%), calories (117.20 kcal/100g and 160.20 kcal/100g), fatty acids (polyunsaturated 33.03% and 54.72%, omega-3 15.67% and 8.79% and omega-6 17.36% and 45.93%), cholesterol (102.89 mg/100 g and 137.11 mg / 100g) and oxides (7-ketocholesterol 0.01 g / g and 0.02 g / g Triol 0.81 g / g and 0.73 g / g). Concluded that "pitu" prawn has a high nutritional value and it's a good source of essential fatty acids, but the frying leads to significant changes in its proximate composition specially in their lipid profile, is not this cooking method the most indicated for a nutritionally balanced diet with this food.

**Key words:** pitu prawn, frying, polyunsaturated fatty acids, proximate composition, cholesterol, cholesterol oxides.

[r1] Comentário:

**LISTA DE FIGURAS****Página**

## Figura 1

a. Cromatograma padrão de 7-Ceto (Picos 1 e 2)

54

b. Cromatograma das amostras de camarão pitu para a detecção de 7-Ceto (Picos 1 e 2)

55

## Figura 2

a. Cromatograma padrão de Triol (Picos 3 e 4)

55

b. Cromatograma das amostras de camarão pitu para a detecção de Triol (Picos 3 e 4)

56

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
Tabela 1 Composição centesimal e valor calórico do camarão pitu ( <i>Macrobrachium acanthurus</i> ) <i>in natura</i> e frito	41
Tabela 2 Perfil de ácidos graxos (%) do camarão pitu ( <i>Macrobrachium acanthurus</i> ) <i>in natura</i> e frito	45
Tabela 3 Índices de qualidade nutricional da fração lipídica do camarão pitu ( <i>Macrobrachium acanthurus</i> ) <i>in natura</i> e frito	51
Tabela 4 Teor de colesterol e óxidos de colesterol (7-Ceto e triol) do camarão pitu ( <i>Macrobrachium acanthurus</i> ) <i>in natura</i> e frito	52

**LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>AGPI</b>	Ácido graxo poliinsaturado
<b>LDL</b>	Lipoproteína de baixa densidade
<b>VLDL</b>	Lipoproteína de muito baixa densidade
<b>EPA</b>	Ácido eicosapentaenóico
<b>DHA</b>	Ácido docosahexaenóico
<b>PPAR-gama</b>	Receptor gama de proliferação ativada do peroxissomo
<b>CELMM</b>	Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba
<b>OsC</b>	Óxidos de colesterol
<b>HH</b>	Hipocolesterolêmico/hipercolesterolêmico
<b>IA</b>	Índice de aterogenicidade
<b>IT</b>	Índice de trombogenicidade
<b>7-Ceto</b>	7-cetocolesterol
<b>Triol</b>	Colestan-3 $\beta$ , 5 $\alpha$ , 6 $\beta$ -triol
<b>CLAE</b>	Cromatografia líquida de alta eficiência
<b>CLAE-APCI-MS</b>	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência Associada à Espectrometria de Massa
<b>MS</b>	Espectrometria de Massa
<b>APCI</b>	Ionização química à pressão atmosférica

**UV**

Espectrofotometria Ultra Violeta

**NCEP**

*National Cholesterol Education Program*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	11
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	
<b>A FRITURA EM PESCADO E SUAS IMPLICAÇÕES NUTRICIONAIS</b>	14
Resumo	15
Abstract	15
Introdução	16
Caracterização do processo de fritura	17
Alterações sofridas pelos óleos durante o processo de fritura	18
Efeitos da fritura sobre a composição do pescado e suas implicações nutricionais	22
Considerações Finais	25
Referências Bibliográficas	26
<b>EFEITO DA FRITURA SOBRE O VALOR NUTRITIVO DO CAMARÃO PITU (<i>Macrobrachium acanthurus</i> Wiegman, 1836) DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ/MANGUABA-AL</b>	32
Resumo	33
Abstract	33
Introdução	34
Material e Métodos	36
Amostragem	36
Preparo da amostra	37
Determinações analíticas	37
Composição Centesimal	37
Valor calórico	38
Colesterol e óxidos de colesterol livres: 7-Ceto, 7 $\alpha$ -OH, 7 $\beta$ -OH, 25-OH e Triol	38
Perfil de ácidos graxos	39
Planejamento e análise estatística	40
Índice da Qualidade Nutricional (IQN) dos lipídeos	40
Resultados e Discussão	41
Conclusões	56
Referências	57
	68

## INTRODUÇÃO GERAL

## INTRODUÇÃO GERAL

O consumo per capita de pescado da população mundial aumentou nas últimas quatro décadas de 9,0 kg em 1961 para 16,5 kg em 2003 (FAO, 2007), devido à grande procura por uma alimentação balanceada e saudável (MOURA *et al.*, 2002).

Dentre o pescado consumido, tem-se destacado o camarão que no Brasil é mais comumente consumido nas regiões litorâneas (MOURA *et al.*, 2002).

Uma das espécies bastante explorada e que apresenta boa aceitação no mercado consumidor, destacando-se na culinária nordestina é o camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836) (CALADO & SOUSA, 2002), o qual apresenta distribuição geográfica nas Antilhas e na porção atlântica do continente americano, podendo também ser encontrado desde a Carolina do Norte (EUA) até o sul do Brasil (QUADROS, 2004).

No Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba-Alagoas (CELMM-AL) o camarão *M. acanthurus* pode ser encontrado tanto no período chuvoso quanto no período de estiagem, associado à vegetação marginal (CALADO & SOUSA, 1998).

Os animais aquáticos, assim como os crustáceos, apresentam teor protéico com alto valor biológico e de fácil digestibilidade, quando comparados à carne de mamíferos e de aves (JOHNSTON *et al.*, 1983; MOURA *et al.*, 2002). Em relação ao conteúdo lipídico, os crustáceos destacam-se como boas fontes de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa das séries ômega 6 (n-6) e ômega 3 (n-3), como linoléico (C18:2 n-6) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3), importantes para a manutenção das membranas celulares, das funções cerebrais e da transmissão de impulsos nervosos (MARTIN *et al.*, 2006), além de atuarem no metabolismo e no transporte das gorduras, bem como, na função imune (SANIBAL & MANCINI FILHO, 2004).

Como os crustáceos apresentam níveis elevados de colesterol e alta proporção de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) em sua fração lipídica (JOHNSTON *et al.*, 1983; SAMPAIO, 2006) isso favorecerá a oxidação do colesterol, produzindo óxidos biologicamente ativos de ação citotóxica, teratogênica e mutagênica (MOURA & TENUTA FILHO, 2002).

Para que ocorra a formação de óxidos de colesterol (OsC) é preciso haver combinação de altas temperaturas, disponibilidade de oxigênio e de AGPI (TAI, CHEN e CHEN, 1999; MOURA & TENUTA FILHO, 2002). Sendo assim, a composição lipídica dos crustáceos associada a métodos de cocção, como por exemplo, a fritura que é usualmente empregada no preparo destes alimentos, também poderão contribuir com a formação de OsC.

O processo de fritura promove a incorporação de substâncias provenientes do meio de cocção e também perdas para esse meio, por evaporação ou por eluição, ocasionando modificações na composição do alimento (FERREIRA *et al.*, 2007). Além disso, os óleos podem sofrer diferentes reações químicas que promovem a redução dos ácidos graxos poliinsaturados e o conseqüente aumento de saturados e monoinsaturados, afetando a disponibilidade dos ácidos graxos essenciais (SANIBAL & MANCINI FILHO 2004; DEL RÉ & JORGE, 2006).

Como não existem informações sobre a composição centesimal, o valor calórico, o perfil de ácidos graxos, o teor de colesterol e óxidos de colesterol do camarão pitu, nas formas *in natura* e frita, este estudo terá como objetivo avaliar o efeito do processo de fritura sobre o valor nutricional do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836) do CELMM-AL, contribuindo com a literatura na obtenção de informações que possibilitarão sua inclusão em Tabelas de Composição Química de Alimentos Regionais/Nacionais, auxiliando na escolha de uma intervenção nutricional mais adequada.

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**  
**A FRITURA EM PESCADO E SUAS IMPLICAÇÕES NUTRICIONAIS**

## **A FRITURA EM PESCADO E SUAS IMPLICAÇÕES NUTRICIONAIS**

### **Resumo**

A fritura é um procedimento de cocção muito difundido nos tempos atuais, presente tanto na cozinha doméstica quanto na indústria de alimentos e amplamente aceita nas mais diversas classes sociais, por ser um método rápido, barato e por conferir aos produtos fritos características únicas de palatabilidade, cor e textura. Durante esse processo ocorre uma série de reações complexas envolvendo vários fatores como a composição do alimento e o tipo de óleo utilizado. O pescado, por ser rico em ácidos graxos poliinsaturados, tende a favorecer ainda mais a oxidação lipídica e os compostos de degradação resultantes interferem na qualidade do produto final, bem como do óleo, podendo oferecer riscos à saúde do consumidor. Por estes motivos, os estudos envolvendo o impacto do processo de fritura sobre as características nutricionais do pescado frito têm recebido notório destaque. Esta revisão tem como objetivo descrever o processo de fritura, as alterações ocorridas nos óleos utilizados, bem como seus efeitos sobre a composição e aspectos nutricionais de pescado.

**Palavras-chave:** fritura, pescado, ácidos graxos poliinsaturados, oxidação lipídica, alterações nutricionais.

### **Abstract**

Frying is a widespread cooking procedure nowadays, present in both domestic kitchen and food industry. It is also widely accepted in many different social classes, for being a quicker and cheaper method that gives a unique flavor, color and texture characteristics to the fried products. During this process a series of complex reactions occurs involving several factors such as the food composition and the type of oil used in it. Because fish is rich in polyunsaturated fatty acids, they have the tendency to favor the lipid oxidation and the resulting

compounds of degradation interfere on the final product quality, as well as on the oil, besides offering a risk to the consumer's health. For these reasons, studies involving the impact of the frying process on the nutritional characteristics of fish fry have received notable attention. This review aims to describe the process of frying, the changes that occurs in the oils used and their effects in the fish composition and nutritional aspects.

**Key words:** frying, fish, polyunsaturated fatty acids, lipid oxidation, nutritional changes.

## Introdução

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) (2008), o consumo *per capita* de pescado da população mundial aumentou de maneira contínua nas últimas quatro décadas de 9,0 kg em 1961 para 16,4 kg em 2005, e isso se dá por conta das pesquisas que demonstram a importância nutricional do pescado para a saúde humana (Moura *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2007).

Os animais aquáticos, em geral, são reconhecidos como importante fonte de componentes com ótima qualidade nutricional, tais como as proteínas de alto valor biológico e de fácil digestibilidade (Puwastein *et al.*, 1999 e Weber *et al.*, 2008). Em relação ao conteúdo lipídico, o pescado destaca-se como boa fonte de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa das séries ômega 6 (n-6) e ômega 3 (n-3), como o linoléico (C18:2 n-6) e o  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3) (Martin *et al.*, 2006), sendo este último, precursor do eicosapentaenóico (EPA-C20:5 n-3) e docosahexaenóico (DHA- C22:6 n-3) formadores de eicosanóides que possuem efeitos hipotensores, inibem a agregação plaquetária e aumentam o HDL, dentre outras funções (Turatti, Gomes e Athié, 2002).

A composição lipídica do pescado com alta proporção de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), associada a métodos de cocção como a fritura, que apresenta temperaturas elevadas, disponibilidade de oxigênio e óleo, sendo usualmente empregada no preparo destes alimentos, irão favorecer a ocorrência de oxidação lipídica com formação de numerosos produtos tóxicos (Moura e Tenuta-Filho, 2002).

A fritura promove a incorporação de substâncias provenientes do meio de cocção e também perdas para esse meio, por evaporação ou por eluição, ocasionando modificações na composição do alimento frito (Ferreira *et al.*, 2007). Além disso, os óleos usados como meio de transferência de calor sofrem diferentes reações químicas (Sanibal e Mancini Filho 2004; Del Ré e Jorge, 2006).

Como o pescado é um alimento que *in natura* apresenta uma composição lipídica benéfica à saúde de quem o consome, auxiliando na prevenção de doenças cardiovasculares, é preciso que se tenha conhecimento também das alterações ocorridas durante a fritura e do surgimento de compostos tóxicos que irão fazer parte de sua composição, bem como de suas implicações nutricionais.

Esta revisão reúne os dados até então existentes na literatura científica, quanto à descrição do processo de fritura, às alterações ocorridas nos óleos, seus efeitos sobre a composição do pescado e suas implicações para a saúde humana.

## Caracterização do processo de fritura

A fritura é uma operação importante por ser um processo rápido de preparação, de baixo custo, eficiente, utilizado em uma ampla variedade de alimentos por conferir características sensoriais de odor, sabor, cor e textura (Almeida *et al.*, 2006). Além disso, este processo aumenta a aceitação de comidas étnicas, dando sabores exclusivos e adicionando crocância às refeições tradicionais, contribuindo para o aumento do consumo de óleos e gorduras vegetais (Saguy e Dana, 2003; Del Ré e Jorge, 2006).

O consumo de óleos no mundo vem aumentando nas últimas décadas. Isso se deve, em parte, ao incremento dos *fast foods*, que se utilizam na grande maioria de frituras. O alimento frito tem se tornado muito popular, apesar de guias alimentares recomendarem a redução do nível de lipídeos na dieta (Dobarganes, Márquez-Ruiz e Velasco, 2000).

No processo de fritura, o alimento é submerso em óleo quente que age como meio de transferência de calor, tornando-se um ingrediente do produto

final (Cella *et al.*, 2002). Esta forma de aquecimento é mais eficiente que o cozimento por ar quente em fornos e mais rápido que o cozimento em água, visto que as temperaturas alcançadas pelo óleo, durante a fritura, são superiores às alcançadas pela água em ebulição (Ans *et al.*, 1999).

Basicamente, a fritura é um processo de desidratação iniciado com mudanças na estrutura celular dos produtos alimentares, com formação de poros, decorrentes da evaporação da água, o que facilita a penetração do óleo nos espaços criados (Math *et al.*, 2004). Apresenta três características distintas: a) por utilizar temperaturas elevadas (160-180°C), permite rápida transferência de calor em curto tempo de cocção; b) a temperatura no interior do alimento não excede 100°C, exceto na crosta, pois a água evaporada consome parte da energia térmica do óleo quente que rodeia o alimento c) ocorre perda mínima de compostos solúveis em água (Lima, 1994; Fillion, 1998; Saguy e Dana, 2003).

A água no interior do produto frito rapidamente migra da porção central para as paredes externas, visando repor o que se perdeu por desidratação. Nesse processo, tanto é eliminada para o meio de fritura, como é convertida em vapor, que escapa através dos capilares e canais da estrutura celular, causando um gradiente de pressão (Blumenthal, 1991). O movimento do óleo pode ser descrito como um processo de avanço e retrocesso, dependendo, principalmente, da pressão de vapor e natureza dos capilares. A pressão de vapor diminui quando o alimento esfria, devido à condensação, criando o efeito vácuo e permitindo que o óleo seja absorvido pelo alimento (Sánchez-Muniz *et al.*, 1992; Almeida *et al.*, 2006).

### Alterações sofridas pelos óleos durante a fritura

No processo de fritura, os óleos são continuamente expostos a vários fatores que levam a uma grande diversidade de reações químicas, tais como: hidrólise, formando ácidos graxos livres, monoacilglicerol e diacilglicerol; oxidação, formando peróxidos, hidroperóxidos, dienos conjugados, epóxidos, hidróxidos e cetonas, promovendo a redução dos ácidos graxos poliinsaturados e o conseqüente aumento de saturados e monoinsaturados, afetando a

disponibilidade dos ácidos graxos essenciais (Sanibal e Mancini Filho, 2002). A extensão dessas reações depende das condições de fritura, principalmente temperatura, duração e aeração envolvida (Clark, 1991; Ans *et al.*, 1999).

Óleos e gorduras utilizados como meio de fritura estão expostos à ação de três agentes que contribuem, individualmente ou em combinação, para diminuir sua qualidade e modificar sua estrutura: a umidade proveniente dos alimentos, que é a causa da alteração hidrolítica; o oxigênio do ar, que entra em contato com o óleo através da superfície do recipiente, possibilitando a alteração oxidativa, e, finalmente, a elevada temperatura em que ocorre a operação, por volta de 180°C, que provoca a alteração térmica (Jorge *et al.*, 2005).

Desta maneira, a alta temperatura tem uma grande influência nos produtos de oxidação, favorecendo a formação de dímeros e polímeros oxidados e não oxidados e, da mesma forma, os ácidos graxos livres originados na hidrólise são mais susceptíveis à alteração térmica e oxidativa do que quando permaneciam esterificados com o glicerol (Jorge, 1997).

A autooxidação ocorre através de um processo geral que envolve basicamente três fases: a) iniciação: um átomo de hidrogênio de um grupo metileno adjacente à dupla ligação é extraído facilmente, gerando um radical livre; b) propagação: o radical livre formado reage com o oxigênio molecular e resulta em um radical peroxila, promovendo a formação de peróxidos que irão reagir com novas moléculas insaturadas para originar hidroperóxidos; e c) terminação: a reação de propagação é terminada devido à decomposição dos hidroperóxidos, que são relativamente instáveis, dando origem aos produtos finais da oxidação (aldeídos, hidrocarbonetos, cetonas, malonaldeído) (Jorge, 1997; Fennema, 2000; Shils, 2003).

A oxidação tem um impacto financeiro significativo devido ao desenvolvimento de sabores e odores rançosos que reduzem as características organolépticas, e a formação de produtos de oxidação que podem causar prejuízos à saúde. O processo oxidativo é catalisado por metais como cobre, ferro, manganês, cobalto e níquel, presentes tanto no óleo, originários do solo onde suas sementes foram cultivadas, quanto nos equipamentos utilizados para refinar, estocar e fritar (Sanibal e Mancini Filho, 2002). É importante notar

que o oxigênio desempenha um grande papel na deterioração do óleo durante a fritura (Saguy e Dana, 2003).

A rápida perda de antioxidantes presentes nos óleos, durante o processo de fritura, estimula o início da fase de oxidação, além da alta concentração de ácidos graxos poliinsaturados que compromete a estabilidade oxidativa (Sanibal e Mancini Filho, 2002). Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, tais como EPA e DHA, são especialmente susceptíveis a oxidação durante os tratamentos térmicos de cocção (Gladyshev *et al.*, 2007). Sendo assim, o óleo mais adequado ao processo de fritura deve ter predominância de ácidos graxos monoinsaturados em sua composição lipídica, e baixo teor de ácidos graxos poliinsaturados, além de elevada qualidade inicial e isenção de pró-oxidantes (Jorge, 1997).

Óleos e gorduras aquecidos e altamente oxidados podem apresentar substâncias potencialmente tóxicas que afetam os sistemas digestivo e circulatório, além de serem cancerígenos (Almeida *et al.*, 2006). Entre os principais riscos à saúde envolvidos no consumo dessas substâncias, pode-se citar a pré-disposição à aterosclerose e a ação mutagênica ou carcinogênica (Jorge *et al.*, 2005).

O mecanismo das alterações termoxidativas e hidrolíticas de um óleo usado para fritura é complexo, pois depende de uma série de parâmetros, tais como tipo de óleo, tempo e temperatura de fritura, relação superfície/volume do óleo, tipo de aquecimento e natureza do alimento a ser frito (Jorge *et al.*, 2005).

Óleos que apresentem qualidade inicial baixa, resultante do seu refinamento, e ácidos graxos com alta quantidade de insaturações, serão oxidados mais facilmente. A composição do alimento a ser frito também pode aumentar as taxas de reações hidrolíticas e também contaminar o óleo. Além disso, as condições do processo de fritura, como tempo/temperatura, o material constituinte dos equipamentos usados para fritar, o qual pode atuar como pró-oxidante, o uso contínuo do mesmo óleo em repetidas frituras e a relação superfície/volume do óleo, influenciam diretamente na ocorrência de reações de degradação (Lima, 1994).

A água favorece o desenvolvimento das reações hidrolíticas com a formação de ácidos graxos livres e de compostos bastante voláteis, os quais estão associados às características organolépticas do óleo e do produto final,

sendo também quimicamente mais reativos. A eliminação de compostos voláteis origina um “cobertor” de vapor sobre o óleo, reduzindo o contato entre o oxigênio e o óleo, ao mesmo tempo em que ajuda a volatilizar e eliminar peróxidos superficiais, causando efeito benéfico (Jorge, 1997; Saguy e Dana, 2003).

O resultado da hidrólise é o aparecimento de ácidos graxos livres que são provenientes da decomposição dos triacilgliceróis do óleo em contato com a água presente no produto a ser frito. Estes favorecem a ocorrência de reações oxidativas, provocam diminuição do ponto de fumaça e da tensão superficial do óleo, reduzindo, conseqüentemente, a estabilidade térmica do mesmo (Jorge, 1997; Fennema, 2000).

Durante a fritura, a degradação termoxidativa leva à formação de triacilgliceróis de grupos acil insaturados, com modificações nas suas propriedades nutricionais, bem como a formação de muitos compostos oxidados, a maioria com polaridade mais alta do que a molécula de triacilglicerol original (Sanibal e Mancini Filho, 2002).

Os principais compostos obtidos na alteração térmica são denominados surfactantes, tais como os dímeros, que podem produzir trímeros, continuando o processo oxidativo. Por terem maior tamanho e peso molecular, os trímeros tendem a aumentar a viscosidade do óleo, favorecendo a formação de espuma e, portanto, a oxidação visto que, a superfície do óleo exposta ao ar torna-se maior e, ainda, produzem maior absorção do óleo pelo produto, devido à capacidade dos surfactantes de reduzir a tensão interfacial óleo/alimento (Lima, 1994; Jorge, 1997; García-Arias *et al.*, 2003). Por isso, também podem ser denominados de agentes tensoativos.

A formação de compostos de degradação, tais como monômeros, dímeros, polímeros e compostos cíclicos de diferentes polaridades, com ou sem oxigênio, é de grande interesse sob o ponto de vista fisiológico e nutricional, pois os compostos tornam-se parte da dieta ao permanecer dissolvidos no óleo de fritura e incorporados ao alimento frito. A presença desses compostos de degradação acarreta uma série de modificações no óleo, tais como tendência à formação de espuma, aumento da viscosidade e da densidade, mudanças nas características organolépticas e o escurecimento (Lima, 1994).

Segundo Rojo e Perkins (1987), os compostos de menores pesos moleculares, como monômeros e dímeros, apresentam uma taxa de absorção de 91 a 96%. Os possíveis danos à saúde envolvidos no consumo de gorduras aquecidas e/ou oxidadas são pré-disposição às enfermidades cardiovasculares, mutagênicas ou carcinogênicas (Lopes *et al.*, 2004).

## Efeitos da fritura sobre a composição do pescado e suas implicações nutricionais

Conforme estudos utilizando vários tipos de pescado diferentes (Gokoglu *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2007; Gladyshev *et al.*, 2007; Weber *et al.*, 2008; Turkkan *et al.*, 2008 Ersoy e Ozeren, 2009) a fritura, quando comparada a outros métodos de cocção (cozimento em água, assado em forno microondas e grelhado) causa maior perda de umidade. Em consequência ocorre aumento da concentração dos nutrientes (proteína, lipídeo e cinzas) no alimento frito.

A elevação dos teores lipídicos totais também está relacionada com a absorção do óleo durante a fritura, que ocorre após a água do alimento ter sido parcialmente perdida por evaporação (Saguy e Dana, 2003; Weber *et al.*, 2008), modificando suas propriedades nutricionais e sensoriais, além da transferência de calor reutilizável (Cella, Regitano-D'arce e Spoto, 2002). Em relação à composição lipídica, os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, como EPA e DHA são significativamente reduzidos na fritura, bem como seu precursor, o ácido  $\alpha$ -linolênico (Gladyshev *et al.*, 2007).

Os compostos formados pela decomposição de ácidos graxos insaturados durante o processo de fritura afetam a disponibilidade dos ácidos graxos essenciais, linoléico e  $\alpha$ -linolênico, responsáveis pela biossíntese dos ácidos araquidônico, EPA e DHA, na formação de prostaglandinas, tromboxanos e prostaciclina, importantes na regulação da pressão arterial, frequência cardíaca, resposta imunológica, no processo de coagulação sanguínea e no funcionamento do sistema nervoso central (Sanibal e Mancini Filho, 2004).

Os resultados obtidos nas pesquisas revelaram que o tipo de óleo utilizado para fritar influenciaria diretamente na composição do produto final.

Sánchez-Muniz *et al.* (1992), constataram que sardinhas fritas em azeite de oliva apresentaram maior teor de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente de ácido oléico, que é o mais abundante nesse tipo de óleo, enquanto que as sardinhas fritas em óleo de girassol tiveram um aumento no teor de poliinsaturados, destacando-se o ácido linoléico, muito presente na composição inicial desse óleo. Resultados similares foram encontrados por García-Arias *et al.* (2003), com sardinha frita em azeite de oliva, por Ferreira *et al.* (2007), com filés de tilápia fritos em óleo de soja, por Turkkan *et al.* (2008), com robalo frito em óleo de girassol, e por Weber *et al.* (2008), com filés de jundiá fritos em óleo de soja e de canola.

Do ponto de vista nutricional, deve-se ter um grande cuidado na escolha do óleo de fritura com relação a sua composição de ácidos graxos (Fillion *et al.*, 1998), visto este ser totalmente incorporado ao alimento e elevando sua densidade energética, portanto, levando a um alto consumo lipídico na dieta (Fillion *et al.*, 1998; Puwastien *et al.*, 1999; Sioen *et al.*, 2006). Vários estudos demonstraram que óleos vegetais ricos em ácidos graxos mono e poliinsaturados, como o de soja, canola, girassol e milho, utilizados na fritura irão resultar em alimentos ricos nesses ácidos graxos, enquanto alimentos fritos em gordura animal serão enriquecidos em ácidos graxos saturados (Sánchez-Muniz *et al.*, 1992; Candela *et al.*, 1997; García-Arias *et al.*, 2003; Ferreira *et al.*, 2007; Gladyshev *et al.*, 2007; Turkkan *et al.*, 2008; Weber *et al.*, 2008).

Alimentos com teores elevados de água e baixos níveis de lipídeos, como os vegetais, irão absorver mais lipídeos do que aqueles com conteúdo inicial lipídico maior, como é o caso dos alimentos de origem animal (Varela *et al.*, 1998; Fillion *et al.*, 1998).

Sob as condições de fritura, como já foi mencionado, os óleos e os alimentos são levados à formação de inúmeros isômeros geométricos trans dos ácidos graxos mono e poliinsaturados (Lopes *et al.*, 2004). Esses isômeros podem originar-se também durante o tratamento térmico no refino e na extração de óleos, no armazenamento e no processo de hidrogenação, por mecanismo induzido termicamente (Sanibal e Mancini Filho, 2002). Os ácidos graxos na forma trans podem ser considerados como intermediários entre um ácido graxo insaturado e um saturado, apresentando efeitos adversos à saúde

por afetarem a disponibilidade de ácidos graxos essenciais, responsáveis pela biossíntese dos eicosanóides que atuam como reguladores de funções teciduais, imunológicas e celulares (Sanibal e Mancini Filho, 2004). A maior importância desses isômeros está relacionada com o desenvolvimento das doenças cardiovasculares, uma vez que sua ingestão pode afetar o perfil das lipoproteínas, aumentando a lipoproteína de baixa densidade (LDL) e diminuindo a lipoproteína de alta densidade (HDL) (Jorge, 1996; Sanibal e Mancini Filho, 2004).

A peroxidação lipídica que ocorre também durante o processo de fritura, leva a formação de hidroperóxidos ou peróxidos cíclicos, compostos necessários para iniciar a oxidação do colesterol presente no alimento, levando a formação de  $7\alpha$  e  $7\beta$ -hidroperoxicolesterol que facilmente são convertidos a  $7\alpha$  e  $7\beta$ -hidroxicoolesterol,  $\alpha$  e  $\beta$  epóxidos e 7-cetocolesterol, sendo este último o mais importante (Osada *et al.*, 1993; Oshima *et al.*, 1996). Os óxidos de colesterol são formados devido à insaturação do próprio colesterol, como também a presença de oxigênio, atividade de água, luz, temperatura elevada, radiação, radicais livres e metais de transição, características dos processamentos térmicos e ao teor de ácidos graxos poliinsaturados, que são facilmente oxidáveis, presente no alimento (Moura e Tenuta-Filho, 2002; Morales-Aizpurúa e Tenuta-Filho, 2005).

Sendo assim, a peroxidação lipídica precede a oxidação do colesterol e quanto maior for o grau de insaturação dos triacilgliceróis, maior será a formação de óxidos de colesterol. Esses óxidos são biologicamente ativos e atuam na inibição da síntese de colesterol, causam distúrbio no metabolismo do ácido araquidônico e estão envolvidos em processos citotóxicos, aterogênicos, mutagênicos e carcinogênicos (Osada *et al.*, 1993; Morales-Aizpurúa e Tenuta-Filho, 2002).

A fritura também causa alterações no teor de minerais provenientes do alimento, como demonstrado no estudo realizado por Gokoglu *et al.* (2004), que avaliou o efeito dos métodos de cocção sobre o conteúdo mineral de truta arco-íris, revelando que a fritura provocou redução de Mg, P, Zn e Mn, aumento de Cu e em relação aos níveis de Na, K, Ca e Fe não houve mudança significativa. Por outro lado, Ersoy e Ozeren (2009) constataram que todos os minerais analisados no bagre africano (Na, K, Ca, Fe, Mg e Mn) tiveram seus

teores aumentados significativamente após a fritura. Segundo Fillion *et al.* (1998), a fritura proporciona perdas minerais muito limitadas, sendo mais expressivas durante o cozimento devido à lixiviação na água de preparo.

Em relação às vitaminas lipossolúveis, a fritura causa um aumento em seus níveis por serem menos termolábeis e por fazerem parte da composição dos óleos vegetais (Saguy e Dana, 2003; Ersoy e Ozeren, 2009). As vitaminas hidrossolúveis tendem a sofrer mais redução devido sua maior sensibilidade ao calor, mas há autores que defendam a fritura como sendo um processo menos agressivo aos compostos termolábeis do que outros métodos. Isso seria possível porque a ação do calor ocorre em um curto período de tempo e a evaporação da água que acontece durante a fritura, não permitiria que a temperatura interna do alimento excedesse 100°C, atuando como efeito protetor (Varela *et al.*, 1998; Saguy e Dana, 2003).

Considerando-se que uma parte do óleo utilizado no processo de fritura é absorvida pelo alimento e torna-se parte da dieta, verifica-se a necessidade da utilização de um meio de fritura de boa qualidade e a manutenção desta qualidade por períodos mais longos (Stevenson, Vaisey-Genser e Eskin, 1984).

## Considerações Finais

Por apresentar uma variedade de fatores que influenciam diretamente a qualidade comercial e nutricional dos alimentos fritos, o processo de fritura torna-se um método de cocção bastante complexo, sendo necessário o seu controle em todas as etapas desde a escolha do óleo a ser utilizado, como também o estabelecimento de tempo/temperatura adequados, cuidados com a presença de oxigênio, a composição do alimento e os equipamentos empregados.

Estudos revelam que durante a fritura do pescado, diversas reações ocorrem levando a alterações em sua composição como a produção de compostos tóxicos na deterioração do óleo utilizado, ocasionando efeitos deletérios à saúde do consumidor. Desta forma, é preciso desenvolver técnicas que auxiliem na inibição da formação desses produtos, tornando o processo mais eficiente em termos nutricionais, econômicos e funcionais.

## Referências Bibliográficas

ANS, V. G.; MATTOS, E. de S.; JORGE, N. Avaliação da qualidade dos óleos de fritura usados em restaurantes, lanchonetes e similares. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.19, n.3, 1999.

ALMEIDA, D. T.; ARAÚJO, M. da P. N.; FURTUNATO, D. M. da N.; SOUZA, J. C.; MORAES, T. M. Revisão de literatura: aspectos gerais do processo de fritura e imersão. **Higiene Alimentar**, v. 20, n. 138, p. 42-47, 2006.

BLUMENTHAL, M. M. Una nueva perspectiva em La química y física de las frituras por inmersión. **Alimentaria**, v. 28, n. 9, p. 144-148, 1991.

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

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, n.2, p.111-116, 2002.

CLARK, W. L.; SERBIA, G. W. Safety aspects of frying fats and oil. **Food Technol.**, v.45, n.2, p.84-90, 1991.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.26, n.1, p.56-63, 2006.

DOBARGANES, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; VELASCO, J. Interactions between fat and food during deep-frying. **Eur. J. Lipid Sci. Tecnol.**, v.102, p.521-528, 2000.

ERSOY, B.; OZEREN, A. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. **Food Chem.**, v.115, p.419-422, 2009.

FEDELLI, E. physical-chemical aspects of frying process. **Grasas y Aceites**, v. 49, Fasc. 3-4, p. 261-264, 1998.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2ª ed. Zaragoza, Editora Acribia, p. 305-319, 2000.

FERREIRA, M. W.; BRESSAN, M. C.; SOUZA, X. R.; VIEIRA, J. O; FARIA, P. B.; ANDRADE, P. L. Efeito dos métodos de cocção sobre a composição química e perfil lipídico de filés de tilápia do Nilo (*Oreochomys niloticus* Linnaeus, 1757). **Cienc. Agrotec. Lavras**, v. 31, n. 3, p. 798-803, mai/jun 2007.

FILLION, L.; HENRY, C. J. K. Nutrient losses and gains during frying: a review. **Int. J. Food Sci. Nutr.**, v. 49, p. 157-168, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture**. Roma, p.52-64, 2008.

GARCÍA-ARIAS, M. T.; PONTES, E. A.; GARCÍA-LINARES, M. C.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, M. C.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. **Food Chemistry**, v. 83, p. 349-356, 2003.

GLADYSHEV, M. I.; SUSHCHIK, N. N.; GUBANENKO, G. A.; DEMIRCHIEVA, S. M.; KALACHOVA, G. S. Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1694-1700, 2007.

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

JORGE, N. **Estudo do comportamento do óleo de girassol e do efeito do dimetil polisiloxano em termoxidação e frituras**. Campinas, 1996. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.

JORGE, N. Alterações em óleos de frituras. **Higiene Alimentar**, v. 11, n. 52, p. 15-22, nov/dez 1997.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P.; LUNARDI, V. M.; MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Quim. Nova**, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.

LIMA, J. R. **Avaliação da qualidade de óleo de soja utilizado para fritura**. Campinas, 60p. (Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia de Alimentos), Universidade de Estadual Campinas, 1994.

LOPES, M. do R. V.; AUED-PIMENTEL, S.; CARUSO, M. S. F.; JORGE, N.; RUVIERI, V. Composição de ácidos graxos em óleos e gorduras de fritura. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 63, n. 2, p. 168-176, 2004.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V. DE; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. DE; VISENTAINER, J. V. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. **Rev. Nutr.**, v.19, n.6, p.761-770, 2006.

MATH, R. G.; VELU, V. e cols. Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad. **J. Food Eng.**, v. 64, n. 4, p. 429-434, 2004.

MORALES-AIZPURÚA, I. C.; TENUTA-FILHO, A. Óxidos de colesterol: ocorrência em alimentos, formação e efeitos biológicos. **Rev. Bras. Ciênc. Farm.**, v.38, n.4, p.431-42, 2002.

MORALES-AIZPURÚA, I.C.; TENUTA-FILHO, A. Colesterol, 7-cetocolesterol e 25-hidroxicolesterol em maionese. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.25, n.3, p.495-99, 2005.

MOURA, A.F.P.; TENUTA-FILHO, A. Efeito do processamento sobre os níveis de colesterol e 7-cetocolesterol em camarão-rosa. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, n.2, p.117-21, 2002.

OSADA, K.; KODAMA, T.; YAMADA, K.; SUGANO, M. Oxidation of cholesterol by heating. **J. Agric. Food Chem.**, v.41, p.1198-202, 1993.

OSHIMA, T.; SHOZEN, K.; USHIO, H.; KOIZUMI, C. Effects of grilling on formation of cholesterol oxides in seafood products rich in polyunsaturated fatty acids. **Lebensm. Winss. Technol.**, v.29, n.1/2, p.94-99, 1996.

PUWASTIEN, P.; JUDPRASONG, K.; KETTWAN, E.; VASANACHITT, K.; NAKNGAMANONG, Y; BHATTACHARJEE, L. Proximate composition of raw and cooked thai freshwater and marine fish. **J. Food Compos. Anal.**, v.12, p.9-16, 1999.

ROJO, J. A.; PERKINS, E. G. Cyclic fatty acid monomer formation in frying fats. Determination and structural study. **J. Am. Oil Chemists' Soc.**, v.64, n.3, p. 414-421, 1987.

SAGUY, I. S.; DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **J. Food Eng.**, v.56, p. 143-152, 2003.

SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; JESUS, M. V.; MEDINA, R. deep-frying of sardines in

different culinary fats. Changes in the fatty acid composition of sardines and frying fats. **J. Agric. Food Chem.**, v.40, p. 2252-2258, 1992.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.24, n.1, p.27-31, 2004.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Ingrid. South Am.**, v.18, p.64-71, 2002.

SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKEN, M.; ROSS, A. C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. São Paulo: Manole, v. 1, p. 84-89, 2003.

SIOEN, I.; HAAK, L.; RAES, K.; HERMANS, C.; HENAUW, S. de; SMET, S. de; CAMP, J. V. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. **Food Chemistry**, v.98, p.609-617, 2006.

STEVENSON, S. G; VAISEY-GENSER, M.; ESKIN, N. A. M. Quality control in the use of deep frying oils. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v.61, p. 1102-1108, 1984.

TURATTI, J.M.; GOMES, R.A.R.; ATHIÉ, I. **LIPÍDEOS: Aspectos funcionais e novas tendências**. Campinas: ITAL, p. 78, 2002.

TURKKAN, A. U.; CAKLI, S.; KILINC, B. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). **Food and Bioproducts Processing**, v. 86, p. 163-166, 2008.

VARELA, G.; RUIZ-ROSO, B. Frying process in the relation fat/degenerative diseases. **Grasas y Aceites**, v. 49, n. 3-4, p. 359-365, 1998.

WEBER, J.; BOCHI, V. C.; RIBEIRO, C. P.; VICTÓRIO, A. de M.; EMANUELLI,

T. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. **Food Chemistry**, v. 106, p. 140-146, 2008.

**EFEITO DA FRITURA SOBRE O VALOR NUTRITIVO DO  
CAMARÃO PITU (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836) DO  
COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ/MANGUABA-AL**

## EFEITO DA FRITURA SOBRE O VALOR NUTRITIVO DO CAMARÃO PITU (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836) DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ/MANGUABAL

### Resumo

Com o objetivo de avaliar o efeito da fritura sobre o valor nutricional do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus*), analisaram-se a composição centesimal, valor calórico, perfil de ácidos graxos, colesterol e óxidos de colesterol nas suas formas *in natura* e frita. Observou-se diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre o camarão *in natura* e frito, respectivamente, para os valores de umidade (73,59% e 67,47%), proteínas (23,56% e 28,80%), lipídeos (1,58% e 2,23%), calorias (117,20 kcal/100g e 160,20 kcal/100g) e ácidos graxos saturados (31,59% e 18,34%), poliinsaturados (33,03% e 54,72%), ômega-3 (15,67% e 8,79%) e ômega-6 (17,36% e 45,93%). A diferença estatística também foi significativa ( $p < 0,01$ ) para os teores de colesterol (102,89 mg/100g e 137,11 mg/100g), mas não para os óxidos de colesterol (7-ceto: 0,01 µg/g e 0,02 µg/g e triol: 0,81 µg/g e 0,73 µg/g). Os índices de qualidade nutricional dos lipídeos apresentaram-se mais favoráveis no camarão *in natura*, evidenciando que a fritura não seria um método de cocção adequado para evitar o aparecimento de componentes que induzem a doenças cardiovasculares.

**Palavras-chave:** camarão pitu, *Macrobrachium acanthurus*, fritura, composição centesimal, ácidos graxos, colesterol, óxidos de colesterol.

### Abstract

Aiming to evaluate the effect of frying on the nutritional value of the pitu prawn (*Macrobrachium acanthurus*), it was analyzed the proximate composition, calorie, fatty acid profile, cholesterol and oxides cholesterol in their fresh and fried forms. It was observed a significant statistical difference ( $p < 0,01$ ) between the fresh prawn and fried, respectively, for the values of the moisture (73.59% and 67.47%), proteins (23.56% and 28.80%), lipids (1.58% and 2.23%), calories (117.20 kcal/100g and 160.20 kcal/100g) and fatty acids saturated (31.59% and

18.34%), polyunsaturated (33.03% and 54.72%), omega-3 (15.67% and 8.79%) and omega-6 (17.36% and 45.93%). The statistical difference was also significant ( $p < 0,01$ ) for levels of cholesterol (102.89 mg/100g and 137.11 mg/100g) but not for oxides cholesterol (7-ceto 0.01  $\mu\text{g/g}$  and 0.02  $\mu\text{g/g}$  and triol 0.81  $\mu\text{g/g}$  and 0.73  $\mu\text{g/g}$ ). The rates of nutritional quality of lipids were more favorable in the fresh prawn, indicating that the frying one would not be an appropriate method of cooking to prevent the appearance of cardiovascular disease.

**Key words:** pitu prawn, *Macrobrachium acanthurus*, frying, proximate composition, fatty acids, cholesterol, oxides cholesterol.

## Introdução

O consumo de pescado vem crescendo devido à maior tendência da população em buscar uma alimentação mais balanceada e saudável (Moura *et al.*, 2002), baseada nas constantes pesquisas que demonstram sua importância nutricional, bem como seus benefícios à saúde humana.

Dentre o pescado consumido, tem-se destacado o camarão que no Brasil é mais comumente consumido nas regiões litorâneas (Moura *et al.*, 2002; Rocha, 2007). Entretanto, em 2007, o consumo per capita/ano de camarão no Brasil (380 g), foi bem abaixo da média mundial (790 g) e muito aquém do consumo registrado para o México (1,6 kg), China (1,6 kg), Estados Unidos (2,2 kg), Japão (2,27kg) e Espanha (3,54 kg) (Rocha, 2007). De acordo com Rocha (2008), os motivos seriam a falta de priorização de uma política pública para a promoção e viabilização da exploração do produto, bem como o preço praticado que ainda é bastante elevado diante do custo de outras opções protéicas de origem animal.

Na região Nordeste do Brasil, o camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836) é muito explorado artesanalmente com relevante interesse comercial e boa aceitação no mercado consumidor, além de se destacar na culinária nordestina (Calado e Sousa, 2002).

A ocorrência do pitu se dá em água doce rasa junto a substratos lamosos e associada à vegetação marginal (Calado e Sousa, 2002). No Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba-Alagoas (CELMM-AL) o

camarão *M. acanthurus* apresenta uma ampla incidência, podendo ser encontrado tanto no período chuvoso quanto no período de estiagem (Calado e Sousa, 1998), entretanto parece não haver dados sobre sua composição química.

O pescado é considerado componente importante de uma dieta nutricionalmente equilibrada por apresentar teor protéico com alto valor biológico, além de ser boa fonte de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa das séries ômega 3 (n-3), tais como  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3), precursor do eicosapentaenóico (EPA- C20:5 n-3) e docosahexaenóico (DHA- C22:6 n-3); e da série ômega 6 (n-6), que corresponde ao ácido linoléico (C18:2 n-6), convertido enzimaticamente em ácido araquidônico (C20:4 n-6). Estes ácidos graxos poliinsaturados atuam em diversos processos fisiológicos e metabólicos. São considerados primordiais na manutenção das membranas biológicas, na retina, no córtex cerebral, tecidos nervosos, ação anti-inflamatória, na proteção cardiovascular e na prevenção de vários tipos de câncer (Lima *et al.*, 2002; Turatti, Gomes e Athié, 2002; Duarte *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2006).

Os crustáceos apresentam alta proporção de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) em sua fração lipídica e também colesterol (Johnston *et al.*, 1983; Sampaio, 2006; Lira *et al.*, 2007), o que favorece a oxidação do esteroide citado, com produção de óxidos biologicamente ativos de ação citotóxica, teratogênica e mutagênica (Moura e Tenuta Filho, 2002).

A formação de óxidos de colesterol é definida pela combinação de altas temperaturas, disponibilidade de oxigênio e de AGPI (Tai, Chen e Chen, 1999; Moura e Tenuta Filho, 2002). Desta forma, a composição lipídica dos crustáceos associada a métodos de cocção, como por exemplo, a fritura que é usualmente empregada no preparo destes alimentos, também poderão contribuir com a formação de óxidos de colesterol.

A fritura é um processo culinário de grande aceitação, visto que o óleo utilizado não só desenvolve características de odor, sabor, cor e textura que tornam os alimentos mais atraentes para o consumo, como também atua como meio de transferência de calor reutilizável, muito mais eficiente que o forneamento e muito mais rápido que o cozimento em água (Cella *et al.*, 2002).

No processo de fritura, os óleos sofrem diferentes reações químicas, tais como: hidrólise, formando ácidos graxos livres e oxidação, formando peróxidos, hidroperóxidos e cetonas que promovem a redução dos ácidos graxos poliinsaturados e o conseqüente aumento de saturados e monoinsaturados, afetando a disponibilidade dos ácidos graxos essenciais (Sanibal e Mancini Filho 2004; Del Ré e Jorge, 2006).

Segundo Ferreira *et al.* (2007), o processo de fritura promove a incorporação de substâncias provenientes do meio de cocção e também perdas para esse meio, por evaporação ou por eluição, ocasionando modificações na composição do alimento.

Embora haja grande interesse nutricional sobre os ácidos graxos ômega 3, ômega 6, colesterol e óxidos de colesterol, poucas pesquisas vem sendo realizadas visando detectar as possíveis alterações que os alimentos podem sofrer quando submetidos ao processo de fritura. Visando preencher uma lacuna na literatura científica sobre este alimento regional, nunca antes analisado, este estudo terá como objetivo avaliar o efeito da fritura sobre o valor nutricional do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus* Wiegman, 1836) do CELMM-AL, possibilitando o conhecimento das implicações do seu consumo para a saúde, auxiliando na escolha de uma intervenção nutricional mais adequada e a sua inclusão em Tabelas de Composição Química de Alimentos Regionais/Nacionais e fornecendo subsídios para favorecer melhor aproveitamento tecnológico da espécie.

## Material e Métodos

### *Amostragem*

Foram analisadas amostras de Camarão pitú (*Macrobrachium acanthurus*, Wiegman, 1836), procedentes do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba-Alagoas, distribuídas da seguinte forma: 15 amostras *in natura* (grupo I), adquiridas logo após a pesca e 15 amostras processadas (grupo II), oriundas do mesmo lote (300g), todas coletadas no período de janeiro a março de 2009. Logo após a aquisição, as amostras foram

acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em isopor com gelo. Em seguida, foram conduzidas ao Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Nutrição (Universidade Federal de Alagoas).

### *Preparo das amostras*

Dos crustáceos obtidos, removeu-se o exoesqueleto, o cefalotórax e o intestino, em seguida, cada lote de 300g foi dividido em 2 porções de 150g. As porções *in natura* constituíram o grupo I e a outra porção foi submetida ao processo de fritura em óleo de soja, por tempo e temperatura necessários considerando-se a textura característica desse alimento, correspondendo a 160°C durante 5 minutos, representando o grupo II. Após a fritura, as amostras foram colocadas sob papel toalha para retirar o excesso de óleo conforme a prática da culinária. As amostras foram, então, identificadas, sendo uma parte imediatamente analisada e outra parte congelada a -17°C, sendo descongeladas apenas no momento da realização das análises.

### *Métodos*

Após homogeneização da amostra, foram realizadas as seguintes determinações em duplicata:

### *Composição centesimal*

1. Umidade - Determinada pela perda de peso em estufa regulada a 105°C (AOAC,1990).
2. Cinzas – Obtidas por incineração de uma quantidade conhecida da amostra, em mufla a 550° C (AOAC,1990).

3. Proteínas – Determinadas pelo método Kjeldahl, que consiste na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína bruta foi utilizado o fator 6,25 (AOAC,1990).
4. Lipídeos Totais – Extraídos a frio pelo método de Folch *et al.* (1957), utilizando 2 extrações com clorofórmio:metanol (2:1), lavagem do resíduo clorofórmio:metanol (2:1), adição de KCL 0,88% em H<sub>2</sub>O, separação das fases, adição de metanol:H<sub>2</sub>O (1:1), fração lipídica ressuspensa em clorofórmio. Alíquotas foram tomadas para determinação gravimétrica.
5. Carboidratos – Quantificados por diferença, através da subtração dos percentuais de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos da percentagem total (100%).  
Os resultados foram expressos em porcentagem, em relação ao peso da amostra integral e seca.
6. Valor calórico total - Calculado a partir dos coeficientes calóricos correspondentes para proteínas, lipídeos e carboidratos, respectivamente 4, 9 e 4 Kcal/g (Brasil,ANVISA, 2001).

#### *Colesterol e óxidos de colesterol livres: 7-Ceto, 7 $\alpha$ -OH, 7 $\beta$ -OH, 25-OH e Triol*

As amostras foram homogeneizadas e submetidas à saponificação direta a frio, segundo Mariutti *et al.* (2007). O extrato obtido foi seco sob N<sub>2</sub>, redissolvido na fase-móvel, filtrado em membrana Millipore de 0,45  $\mu$ m e injetado no cromatógrafo líquido de alta eficiência, utilizando as condições cromatográficas estabelecidas por Saldanha *et al.* (2006).

Utilizou-se um cromatógrafo líquido (Shimadzu) com detectores UV-visível (SPD-10 AVvp) e índice de refração (RID- 10 A) ligados em série. A coluna analítica usada foi Nova Pack HP (300 mm x 3,9 mm x 4  $\mu$ m, Waters) com injetor manual loop de 20 $\mu$ L, e mantida sob temperatura controlada 32°C. A fase móvel constitui-se de n-hexano: isopropanol (97:03) na vazão de 1 mL/min (1), sendo o tempo de análise 50 minutos, os solventes de grau cromatográfico, filtrados e degaseificados.

A identificação dos picos cromatográficos foi realizada através de comparação do tempo de retenção das amostras de camarão com os padrões e a quantificação através das áreas correspondentes dos picos por padronização externa. O limite de detecção foi de 0,01 µg/g para o 7-ceto, de 2,12 µg/g para o  $\alpha$ -epóxido, 1,98 µg/g para o  $\beta$ -epóxido, e 0,031 µg/g para o triol (Mariutti *et al.*, 2008; Mazalli *et al.*, 2006). Os épidos e o colesterol foram detectados pelo índice de refração, pois esses óxidos não absorvem no UV-Visível e o colesterol apresenta melhor separação; os demais óxidos foram quantificados pelo detector UV-VIS a 210nm.

Os óxidos de colesterol foram identificados e confirmados por CLAE-APCI-MS-MS. Foi utilizado um CLAE (Shimadzu) com bomba quaternária (LC-20AD) e unidade degaseificadora (DGU-20 A5) conectada em series ao detector de arranjo de diodo (PDA) (SPD-M20A) e acoplado ao espectrômetro de massas (MS) da Bruker Daltonics (Esquire 4000 model, Bremen, Germany) com fonte de ionização química à pressão atmosférica (APCI) e analisador íon-trap. Os parâmetros do MS foram ajustados no modo positivo; temperatura da fonte a 400°C; corona, nA 4000; o gás N<sub>2</sub> a 300 °C, fluxo a 5 L/min, e nebulizador a 65 psi; e a escala de fragmentação foi de m/z 80 para 450 m/z. A etapa de injeção em CLAE foi realizada no Laboratório de Química de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

#### *Perfil de ácidos graxos*

Inicialmente, foi efetuada a extração da fração lipídica, segundo o método de Folch *et al.*(1957). Posteriormente, foram tomados 25mg de lipídeos e efetuada uma metilação dos ácidos graxos, segundo Hartman e Lago (1973), visando à determinação da composição dos ácidos graxos por cromatografia gasosa. Para a identificação dos ácidos graxos, foram utilizados padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos puros, comparando-se o tempo de retenção dos ésteres metílicos das amostras e dos padrões. A quantificação dos ácidos graxos foi feita por normalização de área, expressando-se o resultado em percentual de cada ácido sobre o total de ácidos graxos. Os extratos lipídicos

esterificados foram injetados em Cromatógrafo Gasoso no Laboratório de Química de Alimentos, da Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

### *Análises estatísticas*

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 2 tratamentos (camarão *in natura*; camarão frito). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, com auxílio do programa SAEG – Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1 (2007), considerando-se o nível de significância de 1%.

### *Índices da qualidade nutricional (IQN) dos lipídios*

A qualidade nutricional da fração lipídica foi avaliada por três índices a partir dos dados de composição em ácidos graxos, conforme os seguintes cálculos:

Índice de Aterogenicidade (IA) =

$$[(C12:0+(4 \times C14:0)+C16:0)]/(\sum AGMI+\sum n6+\sum n3);$$

Índice de Trombogenicidade (IT) =

$$(C14:0+C16:0+C18:0)/[(0,5 \times \sum AGMI)+(0,5 \times \sum n6 + (3 \times \sum n3) + (\sum n3/\sum n6)],$$

ambos segundo Ulbricht e Southgate (1991).

Razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH)=

$$(C18:1_{cis9} + C18:2n6 + C20:4n6 + C18:3n3 + C20:5n3 + C22:5n3 + C22:6n3)/(C14:0 + C16:0),$$

segundo Santos-Silva, Bessa, Santos-Silva (2002).

Em que: AGMI = todos os ácidos monoinsaturados.

## Resultados e Discussão

### Composição centesimal e Valor calórico

Os resultados das análises da composição centesimal do camarão pitu *in natura* e frito, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição centesimal e valor calórico do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus*) *in natura* e frito.

Camarão pitu	Composição Centesimal (g/100g)					
	Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Carboidratos	Calorias (kcal/100g)
<i>In natura</i> (Base Úmida*)	73,59(±1,48) <sup>a</sup>	1,31(±0,18) <sup>a</sup>	23,56(±0,83) <sup>a</sup>	1,58(±0,21) <sup>a</sup>	0,76(±0,32) <sup>a</sup>	117,20 <sup>a</sup>
Frito (Base Úmida*)	67,47(±1,38) <sup>b</sup>	1,47(±0,17) <sup>a</sup>	28,80(±0,58) <sup>b</sup>	2,23(±0,33) <sup>b</sup>	0,70(±0,38) <sup>a</sup>	160,20 <sup>b</sup>
<i>In natura</i> (Base Seca**)	-	4,98(±0,81) <sup>a</sup>	89,42(±3,70) <sup>a</sup>	9,49(±0,53) <sup>a</sup>	2,88(±0,56) <sup>a</sup>	444,69 <sup>a</sup>
Frito (Base Seca**)	-	4,52(±0,53) <sup>a</sup>	88,69(±3,87) <sup>a</sup>	15,39(±0,62) <sup>b</sup>	2,17(±0,42) <sup>a</sup>	493,36 <sup>b</sup>

\*Média de 15 amostras analisadas em duplicata. \*\*Médias obtidas através de cálculos. Na mesma coluna, médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente ( $p < 0,01$ ).

Pode-se verificar que o camarão pitu *in natura* do presente estudo, apresentou teor de umidade inferior ao camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*) *in natura* (78,2%) analisado por Moura *et al.* (2002), mas superior ao referido por Furuya *et al.* (2006) em camarão-canela (*Macrobrachium amazonicum*) *in natura* (70,3%).

Em relação à unidade do camarão pitu frito (67,47%), este sofreu uma redução significativa ( $p < 0,01$ ) neste parâmetro. Visto que a fritura é caracterizada pela migração da água da porção central do alimento para suas paredes externas que a eliminam mais rapidamente até como vapor (Blumenthal, 1991; Almeida *et al.*, 2006). Como são escassos na literatura dados sobre a composição química de camarão frito de forma semelhante ao presente estudo, foram feitas algumas comparações com outras espécies de

pescado. O mesmo foi relatado nos estudos de Gokoglu *et al.* (2004), com filés de truta arco-íris *in natura* (73,38%) e frito (62,69%) e Turkkan *et al.* (2008), com filés de robalo *in natura* (71,62%) e frito (62,90%).

A desidratação do alimento frito aumenta a concentração dos seus outros componentes, como proteínas, cinzas e lipídeos (Fillion e Henry, 1998; Saguy e Dana, 2003). No camarão pitu, o aumento do seu teor de cinzas de 1,31% no estado *in natura* para 1,47% no frito não foi significativo ( $p > 0,01$ ). Enquanto que na pesquisa de Garcia-Arías *et al.* (2003), com filés de sardinha *in natura* (3,26%) e frito (5,39%), assim como na de Weber *et al.* (2008), com filés de jundiá *in natura* (1,08%) e frito (2,47%), a elevação encontrada nos teores de cinzas foi superior ao do camarão pitu, havendo variações na proporção do aumento segundo as espécies de pescado analisadas.

Em relação ao teor protéico, o camarão *in natura* analisado apresentou percentual superior (23,56%), ao relatado por Pedrosa e Cozzolino (2001) em camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis*) *in natura* (10,62%) e próximo ao descrito por Furuya *et al.* (2006), em camarão-canela (*Macrobrachium amazonicum*) *in natura* (24,80%). As diferenças entre os valores obtidos poderiam ser atribuídas à variação do gênero das espécies, visto que o camarão em estudo pertence ao mesmo gênero *Macrobrachium*, analisado por Furuya *et al.* (2006) e seus teores protéicos são semelhantes. Os resultados encontrados apontam uma vantagem deste crustáceo para o consumidor, pois representa uma fonte de proteínas de elevado valor biológico. Após a fritura, o camarão pitu teve seu percentual de proteínas aumentado significativamente ( $p < 0,01$ ) para 28,80%, assim como os filés de robalo *in natura* (18,47%) e frito (24,30%) referidos por Turkkan *et al.* (2008), e os filés de jundiá africano *in natura* (16,2%) e frito (20,00%) analisados por Ersoy e Ozeren (2009). Esse aumento no teor protéico de pescado frito pode ser explicado pela redução da umidade.

O camarão pitu apresentou teor lipídico de 1,58% no estado *in natura*, valor este muito próximo daquele obtido para o camarão-canela (1,50%) (Furuya *et al.*, 2006) e superior aos encontrados por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya *et al.* (1997) (1%) e por Moura e Tenuta-Filho (2002) (1,13%) em camarão-rosa. Segundo Krzeczowski (1970), quando todo o camarão é analisado, incluindo a cabeça, o teor de lipídeos totais varia entre 2,8 a 3,0% e

quando apenas a carne é analisada, a variação fica entre 1,2 a 1,6% como no caso do presente estudo.

Após a fritura, os lipídeos totais do camarão pitu frito aumentaram significativamente ( $p < 0,01$ ) para 2,23%, essa elevação foi constatada do mesmo modo em outros estudos com pescado frito (Garcia-Arías *et al.*, 2003; Gokoglu *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2007; Weber *et al.*, 2008; Ersoy e Ozeren, 2009). Moura e Tenuta-Filho (2002) também relataram aumento significativo no percentual lipídico do camarão rosa após a fritura, de 1,13% para 4,92%, e este deve-se também a absorção do óleo durante a fritura, visto que a gordura não penetra no alimento até que uma quantidade substancial da água tenha sido evaporada (Sánchez-Muniz *et al.*, 1992; Math *et al.*, 2004). Sendo assim, à medida que a água contida no alimento migra para o meio de fritura e parte desta transforma-se em vapor, ocorrem mudanças na estrutura celular do produto frito com formação de poros, que passarão a serem preenchidos pelo óleo (Almeida *et al.*, 2006).

Quanto aos carboidratos totais, seus teores no camarão pitu *in natura* (0,76%) e frito (0,70%) ficaram dentro da faixa referida por Ogawa e Maia (1999), de 0,3 a 1% de carboidratos em pescado. No estudo de Pedrosa e Cozzolino (2001), o cálculo da fração Nifext não indicou a presença de carboidratos para o camarão rosa *in natura*. A diminuição no teor de carboidratos foi determinada pelas variações nos níveis de umidade, proteína, cinzas e lipídeos, visto que o referido parâmetro foi obtido por diferença.

Os dados da Tabela 1 demonstram que, em base seca, a principal alteração nutricional ocorrida no camarão pitu devido à fritura foi o aumento do nível lipídico e do teor calórico, visto que para os demais parâmetros (cinzas, proteína e carboidrato) a fritura não provocou mudanças significativas ( $p < 0,01$ ).

O nível calórico do camarão pitu em base seca sofreu um aumento significativo ( $p < 0,01$ ) de 444,69 kcal/100g no estado *in natura* para 493,36 kcal/100g após a fritura. Em base úmida, níveis calóricos menores que os obtidos por Lira *et al.* (2007), para caranguejo uçá e siri do pilar *in natura* (95 kcal/100g e 96 kcal/100g, respectivamente) foram observados, sendo 117,20 kcal/100g *in natura* e 160,20 kcal/100g para o pitu frito. Pedrosa e Cozzolino (2001), estudando camarão rosa (45,72 kcal/100g) também obtiveram resultados inferiores aos das calorias do pitu. Em sururu e maçonim crus, Lira

*et al.* (2004) também referiram valores calóricos menores do que o camarão pitu, de 103,52 kcal/100g e 107,72 kcal/100g, respectivamente. Vale salientar, que o camarão *in natura* pode ser considerado um alimento de baixo valor calórico quando comparado com outros alimentos (Torres *et al.*, 2000). O aumento calórico ocorrido no camarão frito deve-se à absorção do óleo durante a fritura, acarretando em elevados níveis lipídicos e conseqüentemente em um alimento com maior densidade energética.

### *Perfil de ácidos graxos*

Conforme a Tabela 2, foram detectados 20 ácidos graxos em camarão pitu, dos quais seis são saturados, cinco são monoinsaturados, nove são poliinsaturados e dentre os monoinsaturados detectados, temos um ácido graxo trans. Os ácidos graxos de maior predominância no camarão pitu *in natura* foram os seguintes: palmítico (C16:0), 19,60%; oléico (C18:1n9), 17,19%; eicosapentaenóico (EPA-C20:5 n3), 12,07%; araquidônico (C20:4 n6), 9,54%; esteárico (C18:0), 7,92%; linoléico (C18:2 n6), 6,67%; palmitoléico (C16:1 n7), 5,81%; mirístico (C14:0), 2,38% e docosahexaenóico (DHA-C22:6 n3), 2,27%.

O ácido graxo saturado palmítico (C16:0) foi o que apresentou maior teor (19,60%), dentre os ácidos graxos detectados no camarão pitu *in natura*, sendo considerado um dos mais abundantes na alimentação humana com capacidade de elevar os níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL-colesterol) (Lima *et al.*, 2000; Lottenberg, 2003). Valores inferiores para este ácido graxo, foram encontrados por Furuya *et al.* (2006), em camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) (18,20%), por Moura *et al.* (2002), em camarão rosa (*Penaeus paulensis*) (16,30%) e por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, (1997) em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*) (14,90%). No estudo de Lira *et al.* (2007), os teores de ácido palmítico no caranguejo uçá (21,00%) e no siri do pilar (24,30%) mostraram-se mais elevados do que no camarão pitu.

**Tabela 2.** Perfil de ácidos graxos (%) do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus*) *in natura* e frito.

Ácidos Graxos	Camarão pitú <i>In natura</i> *	Camarão pitú Frito*
Láurico (C12:0)	0,45(±0,18) <sup>a</sup>	0,75(±0,04) <sup>b</sup>
Mirístico (C14:0)	2,38(±0,32) <sup>a</sup>	0,63(±0,09) <sup>b</sup>
Pentadecanóico (C15:0)	0,56(±0,08) <sup>a</sup>	0,14(±0,02) <sup>b</sup>
Pentadecenóico (C15:1n5)	0,43(±0,03) <sup>a</sup>	0,76(±0,04) <sup>b</sup>
Palmitico (C16:0)	19,60(±1,64) <sup>a</sup>	12,30(±0,68) <sup>b</sup>
Palmitoléico (C16:1n7)	5,81(±1,04) <sup>a</sup>	1,52(±0,30) <sup>b</sup>
Heptadecanóico (C17:0)	0,68(±0,33) <sup>a</sup>	0,24(±0,04) <sup>b</sup>
Heptadecenóico(C17:1n7)	0,50(±0,19) <sup>a</sup>	0,15(±0,05) <sup>b</sup>
Esteárico (C18:0)	7,92(±0,70) <sup>a</sup>	4,28(±0,30) <sup>b</sup>
Oléico (C18:1n9)	17,19(±0,93) <sup>a</sup>	20,35(±0,46) <sup>b</sup>
Eláidico(C18:1n9t)	0,17(±0,07) <sup>a</sup>	0,21(±0,09) <sup>b</sup>
Linoléico (C18:2n6)	6,67(±0,97) <sup>a</sup>	42,44(±2,77) <sup>b</sup>
γ-linolênico (C18:3n6)	0(±0,00) <sup>a</sup>	0,05(±0,00) <sup>a</sup>
α-linolênico (C18:3n3)	1,33(±0,20) <sup>a</sup>	4,61(±0,30) <sup>b</sup>
Eicosadienóico (C20:2n6)	0,21(±0,08) <sup>a</sup>	0,62(±0,02) <sup>b</sup>
Eicosatrienóico (C20:3n6)	0,76(±0,04) <sup>a</sup>	0,17(±0,05) <sup>a</sup>
Araquidônico (C20:4n6)	9,54(±1,45) <sup>a</sup>	2,34(±1,20) <sup>b</sup>
Eicosapentaenóico (C20:5n3)	12,07(±1,57) <sup>a</sup>	3,59(±0,87) <sup>b</sup>
Docosatetraenóico(C22:4n6)	0,18(±0,05) <sup>a</sup>	0,31(±0,01) <sup>b</sup>
Docosahexaenóico (C22:6n3)	2,27(±0,30) <sup>a</sup>	0,59(±0,25) <sup>b</sup>
Σ Saturado	31,59(±7,57) <sup>a</sup>	18,34(±4,78) <sup>b</sup>
Σ Monoinsaturado	24,10(±7,30) <sup>a</sup>	22,99(±8,82) <sup>a</sup>
Σ Poliinsaturado	33,03(±4,57) <sup>a</sup>	54,72(±6,02) <sup>b</sup>
Poliinsaturados/Saturados	1,04 <sup>a</sup>	2,98 <sup>b</sup>
Σ ω3	15,67(±5,94) <sup>a</sup>	8,79(±2,08) <sup>b</sup>
Σ ω6	17,36(±4,14) <sup>a</sup>	45,93(±7,95) <sup>b</sup>
Razão ω6/ω3	1,10:1 <sup>a</sup>	5,22:1 <sup>b</sup>
EPA+DHA	14,34 <sup>a</sup>	4,18 <sup>b</sup>

\*Média de 12 amostras analisadas em duplicata. Na mesma linha, médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente ( $p < 0,01$ ).

O camarão *in natura* apresentou teor de ácido esteárico (C18:0) (7,92%) próximo ao referido por Furuya *et al.* (2006), em camarão canela (8,20%) e inferior aos dos camarões rosa (*P. brasiliensis*) (8,60%) e (*P. paulensis*) (14,50%) (Moura *et al.*, 2002). Esse ácido graxo é considerado um lipídeo neutro por não ter efeito sobre as lipoproteínas sangüíneas (Kris-Etherton e Yu, 1997), não sendo capaz de alterar a colesterolemia, visto que sob a ação das enzimas dessaturases e elongases, é rapidamente convertido a ácido oléico no fígado (Lottenberg, 2003).

Detectou-se um teor pouco expressivo do ácido mirístico (C14:0) no camarão *in natura* (2,38%), superior ao do camarão canela (1,60%) (Furuya *et al.*, 2006) e ao do camarão rosa, que também apresentou 1,60% (Bragagnolo e

Rodriguez-Amaya, 1997), e semelhante ao do siri do pilar (2,60%) (Lira *et al.*, 2004). Sendo uma característica nutricionalmente benéfica, visto que dentre os ácidos graxos saturados, o mirístico é considerado o mais hipercolesterolêmico (Kris-Etherton e Yu, 1997; Lottenberg, 2003).

A concentração de ácido láurico (C12:0) encontrada no camarão pitu *in natura* foi de 0,45%, superior a 0,20% do camarão rosa (*P. brasiliensis*) (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1997) e inferior aos percentuais detectados nos moluscos sururu (6,06%) e maçonim (9,41%) (Lira *et al.*, 2004).

O ácido graxo monoinsaturado predominante no camarão *in natura* foi o oléico (C18:1n9), com percentual de 17,19%. Furuya *et al.* (2006) encontraram valor inferior em camarão canela (9,40%), bem como Moura *et al.* (2002), em camarão rosa (*P. brasiliensis*) (7,90%) e (*P. paulensis*) (11,00%).

Montano *et al.* (2001), verificaram no camarão das Filipinas (*Acetes spp.*) percentual superior de ácido palmitoléico (6,60%) em relação ao camarão pitu *in natura* (5,81%), assim como Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997), em camarão rosa (*P. brasiliensis*) (6,30%). Valores inferiores foram referidos por Furuya *et al.* (2006), em camarão canela (3,00%) e por Moura *et al.* (2002), em camarão rosa (*P. paulensis*) (3,40%).

Os ácidos graxos poliinsaturados encontrados em maior quantidade no camarão pitu *in natura* foram o eicosapentaenóico (EPA-C20:5 n3), o araquidônico (C20:4n6), linoléico (C18:2n6) e o docosahexaenóico (DHA-C22:6 n3). Segundo Celik *et al.* (2005), o pescado de água doce tende a apresentar baixos níveis de ácidos graxos n-3 e níveis mais elevados de n-6, quando comparados aos marinhos, devido à composição lipídica de suas dietas. Pescado de água doce se alimenta mais de ácido linoléico (C18:2n6),  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n3) e eicosapentaenóico (EPA-C20:5 n3), portanto terão altos conteúdos de n-6. Por outro lado, os fitoplânctons presentes na alimentação de pescado marinho são ricos em EPA e DHA, elevando os teores de n-3 em sua composição (Celik *et al.*, 2005). Deve-se ressaltar ainda que não apenas a dieta do animal influencia em sua composição lipídica, como também a estação do ano, a espécie, a localização geográfica e o sexo (Puwastien *et al.*, 1999). O crustáceo analisado, por ser proveniente de uma região estuarina lagunar, terá sua composição lipídica com características tanto marinha quanto de água doce.

O teor de EPA no camarão pitu *in natura* foi de 12,07%, superior a 11,00% do camarão das Filipinas (Montano *et al.*, 2001) e inferior ao detectado em camarão canela (13,90%) por Furuya *et al.* (2006) e em camarão rosa (18,70%) por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997). Em relação ao percentual de DHA, o do camarão pitu *in natura* (2,27%) foi inferior ao do camarão canela (6,80%) (Furuya *et al.*, 2006) e ao do camarão rosa (11,20%) (Moura *et al.*, 2002).

Os ácidos graxos EPA e DHA participam de numerosas funções celulares podendo modular a fluidez da membrana, que é um importante determinante na função dos receptores hormonais, e participar das atividades enzimáticas e biodinâmicas das membranas neurais (Mazza *et al.*, 2007). Além disso, o DHA é necessário no sistema nervoso para otimizar a função neuronal e retinal e influenciar os eventos de sinalização, os quais são vitais para a sobrevivência neuronal e a diferenciação celular (Russo 2008). Segundo Lottenberg (2003), os ácidos graxos poliinsaturados citados são capazes de reduzir moderadamente os triglicerídeos plasmáticos, por diminuir a secreção hepática de VLDL e a atividade da enzima triacilglicerolaciltransferase, aumentando a expressão do PPAR-gama, importante na síntese da lipoproteína lipase.

O teor de ácido linoléico (C18:2n6) no camarão pitu *in natura* (6,67%) ficou bem próximo ao do siri do Pilar (6,90%), inferior ao do caranguejo uçá (14,80%) (Lira *et al.*, 2007) e superior ao do sururu (4,47%) (Lira *et al.*, 2004), espécies provenientes da mesma região estuarina lagunar.

A porcentagem de  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n3) no camarão *in natura* (1,33%) foi inferior à detectada por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997), em camarão rosa cru (0,5%), enquanto que Furuya *et al.* (2006), detectaram teor superior em camarão canela cru (4,2%).

Os ácidos graxos poliinsaturados n-3 e n-6, por não serem sintetizados pelo homem e por serem imprescindíveis ao funcionamento adequado do seu organismo são considerados essenciais (Almeida e Bueno Franco, 2006). A família n-3 apresenta importante papel no desenvolvimento e na manutenção de diferentes órgãos, principalmente do cérebro, podendo ser útil na prevenção e no tratamento de diferentes patologias, tais como: distúrbios

cardiovasculares, psiquiátricos, neurológicos, dermatológicos e reumatológicos (Mazza *et al.*, 2007).

Segundo Levitan *et al.* (2009), os ácidos graxos n-3 podem melhorar a saúde cardiovascular através dos seus efeitos antiarrítmicos e da capacidade em reduzir a concentração de triglicerídeos, a pressão sanguínea e a agregação plaquetária. Além disso, desempenham vários papéis biológicos nas células imunes, tais como: fornecer energia, contribuir com as propriedades funcionais das membranas fosfolípídicas, regular a expressão gênica e atuar na síntese de eicosanóides (Calder, 2007).

Por ação de enzimas dessaturases e elongases, os ácidos linoléico (C18:2n6) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n3) podem ser convertidos, respectivamente, à ácido araquidônico (C20:4n6), eicosapentaenóico (EPA-C20:5 n3) e docosahexaenóico (DHA-C22:6n3), todos capazes de produzirem eicosanóides (leucotrienos, tromboxanos e prostaglandinas), os quais influenciam muitos processos biológicos, incluindo a homeostase e a inflamação (Milinsk *et al.*, 2003). As funções cardiovascular, pulmonar, imunológica, reprodutiva e secretora de muitas células podem ser moduladas pelos eicosanóides (Shils *et al.*, 2003) que ainda, desempenham um importante papel no desenvolvimento e no funcionamento de células do sistema nervoso central (Mazza *et al.*, 2007).

Os eicosanóides derivados do ácido araquidônico têm papel na inflamação e na regulação das funções dos linfócitos T e B (Calder, 2007) e exercem um efeito pró-inflamatório mais potente do que os derivados do EPA e DHA (Russo 2008).

Após o processo de fritura observa-se modificação nesse perfil, sendo considerados predominantes: linoléico (C18:2 n6), 42,44%; oléico (C18:1n9), 20,35%; palmítico (C16:0), 12,30%;  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n3), 4,61%; esteárico (C18:0), 4,28% e eicosapentaenóico (EPA-C20:5 n3), 3,59%.

A quantidade de ácido linoléico presente no camarão frito (42,44%) foi aproximadamente sete vezes maior do que no seu estado *in natura*, evidenciando a incorporação do óleo de fritura ao crustáceo durante a cocção. Alguns estudos revelaram que o alto teor desse ácido graxo presente no óleo de soja (55,26%) e no óleo de girassol (67,78%) (Jorge *et al.*, 2005), ocasiona essa mesma elevação no perfil lipídico do alimento quando exposto à fritura

(Sánchez- Muniz *et al.*, 1992; Gladyshev *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2007; Turkkan *et al.*, 2008; Weber *et al.*, 2008).

A fritura causou redução significativa ( $p < 0,01$ ) no nível de ácido palmítico do camarão estudado (12,30%). Como são escassos na literatura dados sobre o perfil de ácidos graxos de camarão frito de forma semelhante ao pitu, e também sob outras formas de fritura, foram feitas algumas comparações com outro tipo de pescado, sendo observado também redução nos níveis de ácido palmítico nas pesquisas de Sánchez-Muniz *et al.* (1992), com filé de sardinha frito (de 27,60% para 14,10%); Turkkan *et al.* (2008), com robalo frito (de 19,48% para 15,47%) e na de Weber *et al.* (2008), com filé de jundiá frito (de 24,60% para 12,30%).

O aumento ocorrido no percentual desse ácido graxo no camarão frito também foi relatado por Gladyshev *et al.* (2006), em carcaça de salmão frita, por Turkkan *et al.* (2008), em robalo frito e por Weber *et al.* (2008), em filés de jundiá fritos.

Após a fritura, o ácido esteárico do camarão sofreu redução ( $p < 0,01$ ) como o referido por Gladyshev *et al.* (2007) em truta frita e por Weber *et al.* (2008) em filé de jundiá frito.

A fritura ocasionou uma redução significativa ( $p < 0,01$ ) nos ácidos graxos essenciais de 12,07% para 3,59% (EPA) e de 2,27% para 0,59% (DHA). Estudos realizados com pescado frito justificaram essa diminuição pelo fato que tais ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa são muito susceptíveis à oxidação durante os tratamentos térmicos culinários (Gladyshev *et al.*, 2006; Gladyshev *et al.*, 2007). Além disso, o alimento frito tende a absorver o óleo de fritura, alterando assim sua composição lipídica, visto que esses óleos normalmente apresentam teores nulos de EPA e DHA (Weber *et al.*, 2008). Segundo Mazza *et al.* (2007), os óleos vegetais constituem as maiores fontes de n-6 enquanto os ácidos graxos poliinsaturados da família n-3 são derivados principalmente de pescado e plantas.

No camarão pitu frito houve diminuição ( $p < 0,01$ ) no percentual do ácido mirístico, assim como em relatos de pescado submetidos à fritura (García-Arias *et al.*, 2003; Gladyshev *et al.*, 2006; Gladyshev *et al.*, 2007; Turkkan *et al.*, 2008).

O percentual de ácido araquidônico do camarão pitu sofreu uma redução de 9,54% no seu estado *in natura*, para 2,34% quando frito. O mesmo foi observado em outros estudos com pescado também submetido à fritura (Sioen *et al.*, 2006; Gladyshev *et al.*, 2006; Gladyshev *et al.*, 2007; Weber *et al.*, 2008).

Na mesma tabela são apresentados, ainda, os percentuais totais dos ácidos graxos para esse camarão, observando-se redução do total de saturados e do somatório de EPA e DHA, e o aumento do total de poliinsaturados no camarão frito ( $p < 0,01$ ). Ferreira *et al.* (2007) constataram também tais modificações em filés de tilápia fritos em óleo de soja, com variações nos teores de saturados totais de 32,55% para 16,30%, monoinsaturados totais de 40,32% para 25,52% e poliinsaturados totais de 22,97% para 57,00%. Assim, o perfil lipídico do pescado frito assemelha-se ao do óleo empregado, já que sempre ocorre a incorporação deste ao alimento (Sánchez-Muniz *et al.*, 1992; Candela *et al.*, 1997; Weber *et al.*, 2008).

Houve diferença significativa entre a razão dos ácidos graxos n-6 e n-3 do camarão *in natura* (1,10:1) e frito (5,22:1). A *Japan Society of Lipid Nutrition* recomenda que a razão n-6/n-3 seja menor que 4:1 para adultos saudáveis e menor que 2:1 para prevenir doenças crônicas em idosos (Uauy, Mena e Valenzuela, 1999), enquanto que no ano de 2006 a Organização Mundial da Saúde, recomendou proporções de 3:1 ou 4:1 (Calderelli *et al.*, 2008). Segundo Martin *et al.* (2006), alguns autores têm recomendado as razões de 2:1 a 3:1 para esses ácidos graxos, por aumentar a conversão do ácido  $\alpha$ -linolênico em DHA.

Nas últimas décadas, a ingestão dietética de n-3 foi significativamente reduzida nos países ocidentais devido ao baixo consumo de vegetais e de alimentos de origem marinha, bem como de um excessivo consumo de óleos refinados provenientes de espécies oleaginosas com alto teor de n-6 (Mazza *et al.*, 2007). Na fritura, a absorção do óleo utilizado, rico em ácido linoléico, pelo alimento, ocasionou redução no teor total de n-3 e elevação no teor total de n-6, resultando em um aumento na proporção de n-6/n-3 no camarão frito.

A qualidade nutricional do perfil lipídico do camarão pitu (Tabela 3) revela que a razão entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados (P/S) no estado *in natura* (1,04) e frito (2,98) encontra-se bem acima do limite

estabelecido pelo *Department of Health and Social Security* (1994), da Inglaterra, que é de 0,45. Os alimentos que apresentem esta razão abaixo da recomendação devem ser considerados impróprios ao consumo devido seu alto teor de ácidos graxos saturados em relação aos poliinsaturados provocar potente indução do aumento do colesterol sanguíneo. No entanto, o índice P/S quando avaliado isoladamente apresenta restrições por não considerar os efeitos metabólicos dos ácidos graxos monoinsaturados (Williams, 2000) e também o esteárico, apesar de ser um ácido graxo saturado, apresenta efeito benéfico para a saúde.

**Tabela 3.** Índices de qualidade nutricional da fração lipídica do camarão pitu *Macrobrachium acanthurus*) *in natura* e frito.

Camarão pitu	P/S	HH	IA	IT
<i>In natura</i>	1,04	2,23	0,51	0,43
Frito	2,98	5,71	0,20	61,01

P/S=Poliinsaturados/Saturados; HH =  $\sum$ hipocolesterolêmicos/ $\sum$ hipercolesterolêmicos (Santos-Silva, Bessa, Santos-Silva, 2002); IA = índice de aterogenicidade e IT = índice de trombogenicidade (Ulbricht; Southgate, 1991).

O índice HH obtido no presente estudo foi de 2,23 (*in natura*) e 5,71 (frito), valores altos para esta relação são desejáveis do ponto de vista nutricional, uma vez que este índice está relacionado diretamente ao metabolismo do colesterol (Ramos Filho *et al.*, 2008). Em relação ao índice de aterogenicidade (IA), que relaciona os ácidos pró-aterogênicos (láurico, mirístico e palmítico) e os anti-aterogênicos (oléico e os poliinsaturados), o do camarão *in natura* foi de 0,51 e o do frito foi de 0,20. Segundo Ramos Filho *et al.* (2008), ao contrário da relação HH, são recomendáveis valores mais baixos de IA.

O índice de trombogenicidade (IT), por outro lado, foi o que apresentou maior aumento, de 0,43 no *in natura* para 61,01 (Tabela 3) no camarão pitu frito, evidenciando os malefícios da fritura como método de cocção para manter uma boa saúde cardiovascular, visto que em uma dieta saudável o IT deve assumir valores menores (Ulbricht e Southgate, 1991).

*Colesterol e óxidos de colesterol (7-Ceto e triol)*

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o colesterol e óxidos de colesterol no camarão pitu *in natura* e frito.

**Tabela 4.** Teor de colesterol e óxidos de colesterol (7-Ceto e triol) do camarão pitu (*Macrobrachium acanthurus*) *in natura* e frito.

Camarão pitu	Colesterol (mg/100g)	7-Ceto (µg/g)	Triol (µg/g)
<i>In natura</i> *	102,89(±2,55) <sup>a</sup>	0,01(±0,00) <sup>a</sup>	0,81(±0,27) <sup>a</sup>
Frito*	137,11(±3,59) <sup>b</sup>	0,02(±0,00) <sup>a</sup>	0,73(±0,42) <sup>a</sup>

\*Média de 10 amostras analisadas em duplicata. Na mesma coluna, médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente ( $p < 0,01$ ).

Os teores de colesterol do pitu frito (137,11mg/100g) aumentaram significativamente ( $p < 0,01$ ) em relação aos desse alimento *in natura* (102,89mg/100g), possivelmente devido à formação de óxidos e à perda de água observada durante o tratamento térmico, resultando em uma concentração deste componente no alimento frito.

Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997), bem como Moura *et al.* (2002), analisando camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*) de origem marinha no estado *in natura*, detectaram teores de colesterol, respectivamente de 127mg/100g e 118mg/100g, superior ao do presente estudo. Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2001), também encontraram maiores teores de colesterol no camarão dulcícola gigante da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) (139mg/100g). Essa diferença pode ocorrer devido a variáveis distintas, tais como: espécie, idade, sexo, tamanho, alimentação disponível em seu habitat, estação do ano em que foi capturado, condições de criação e método de análise empregado (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1997; Freitas *et al.*, 2002).

Após a fritura, o teor de colesterol no camarão pitu aumentou para 137,11mg/100g, o mesmo ocorreu com filé de salmão frito, de 53,34mg/100g para 66,38mg/100g (Echarte *et al.*, 2001), com filés de bacalhau, de 76,51mg/100g para 80,74mg/100g e filés de pescada, de 72,64mg/100g para 80,74mg/100g (Candela *et al.*, 1997), ambos também fritos. A elevação no teor de colesterol foi ainda referida por Echarte *et al.* (2005), em camarão marinho (*Penaeus vannamei*) grelhado, de 161,45mg/100g para 172,53mg/100g. Em

outros estudos com camarão rosa (*Penaeus paulensis*) frito (Moura e Tenuta Filho, 2002) e com filés de sardinha fritos (Sánchez-Muniz *et al.*, 1992), no entanto, foi constatada a redução no teor de colesterol, devido ao processo oxidativo do mesmo.

Os teores de colesterol detectados no pitu *in natura* e frito estão abaixo dos limites de ingestão diária recomendado pelo *National Cholesterol Education Program (NCEP)* (2002), dos Estados Unidos, <300mg/100g para indivíduos saudáveis, e pela IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemia (2007), que recomendam uma ingestão de colesterol inferior a 200mg/100g, para indivíduos com alterações nos níveis séricos de colesterol. Estes resultados representam um fator dietético importante na saúde humana relacionado à prevenção de doença coronariana aterosclerótica (Lottenberg, 2003).

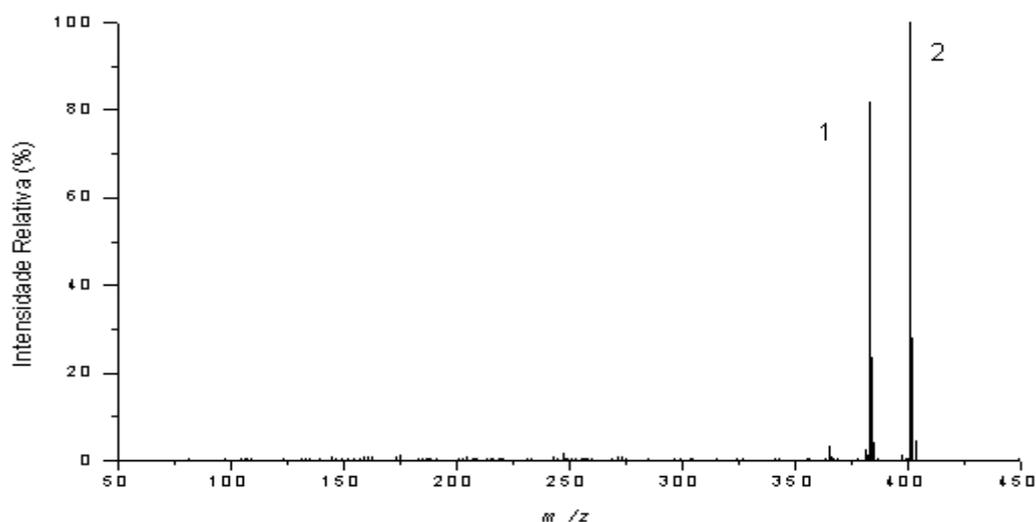
O colesterol, quando aquecido de forma isolada apresenta certa estabilidade por um relativo período de tempo de cozimento (Osada *et al.*, 1993). Mas, como nos alimentos normalmente encontra-se associado a outros lipídeos, sua oxidação irá depender diretamente da peroxidação lipídica, principalmente se estiverem presentes ácidos graxos poliinsaturados mais facilmente oxidáveis (Morales-Aizpurúa e Tenuta Filho, 2002). A presença de oxigênio, calor, radiação, radicais livres, íons metálicos, atividade de água, dentre outros fatores, desencadeia e acelera o processo oxidativo (Ohshima *et al.*, 1996).

Segundo Morales-Aizpurúa e Tenuta Filho (2002), a ocorrência de óxidos de colesterol em alimentos *in natura* se dá em quantidades mínimas, ressaltando que o processo oxidativo do colesterol ocorrerá durante o processamento e/ou armazenamento. Pesquisas revelam que os óxidos de colesterol exibem atividades biológicas potencialmente citotóxicas, aterogênicas, mutagênicas e carcinogênicas (Osada *et al.*, 1993; Sampaio *et al.*, 2006).

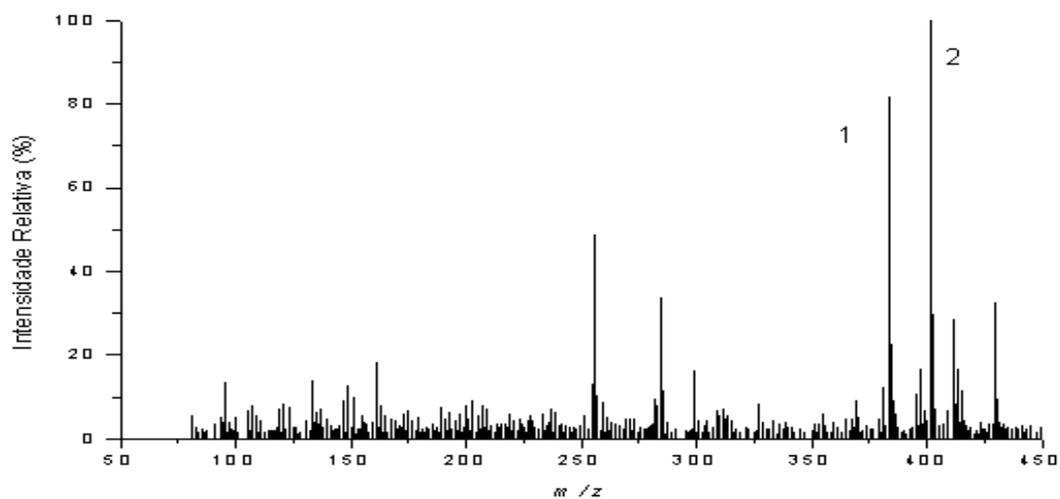
Dentre os óxidos de colesterol mais de 80 produtos foram identificados, sendo os mais frequentemente encontrados em alimentos: 7-cetocolesterol (7-ceto), 20-hidroxicolesterol (20-OH), 25 hidroxicolesterol (25-OH), 7 $\alpha$ -hidroxicolesterol (7 $\alpha$ -OH), 7 $\beta$ -hidroxicolesterol (7 $\beta$ -OH), colesterol 5,6 $\alpha$ -epóxido (5,6 $\alpha$ -epóxido), colesterol 5,6 $\beta$ -epóxido (5,6 $\beta$ -epóxido) e o colestanoetriol (Triol) (Tai *et al.*, 1999).

O camarão pitu, tanto no estado *in natura* como frito, apresentou apenas dois óxidos de colesterol, o 7-Ceto ( $0,01\mu\text{g/g}$  e  $0,02\mu\text{g/g}$ ) e o triol ( $0,81\mu\text{g/g}$  e  $0,73\mu\text{g/g}$ ), e ambos em pequenas quantidades (Tabela 3), sem diferirem estatisticamente ( $p < 0,01$ ) e sem representarem risco à saúde humana. A fritura não teve efeito na formação destes compostos o que representa uma característica positiva no consumo do mesmo, visto que o triol é um dos óxidos de colesterol mais citotóxicos, podendo inibir completamente o crescimento e o desenvolvimento celular (Baggio, 2004). Enquanto que o 7-ceto, por ser encontrado em maior concentração nas primeiras fases do processo oxidativo, pode ser utilizado como o principal indicador da oxidação do colesterol (Tenuta Filho *et al.*, 2003).

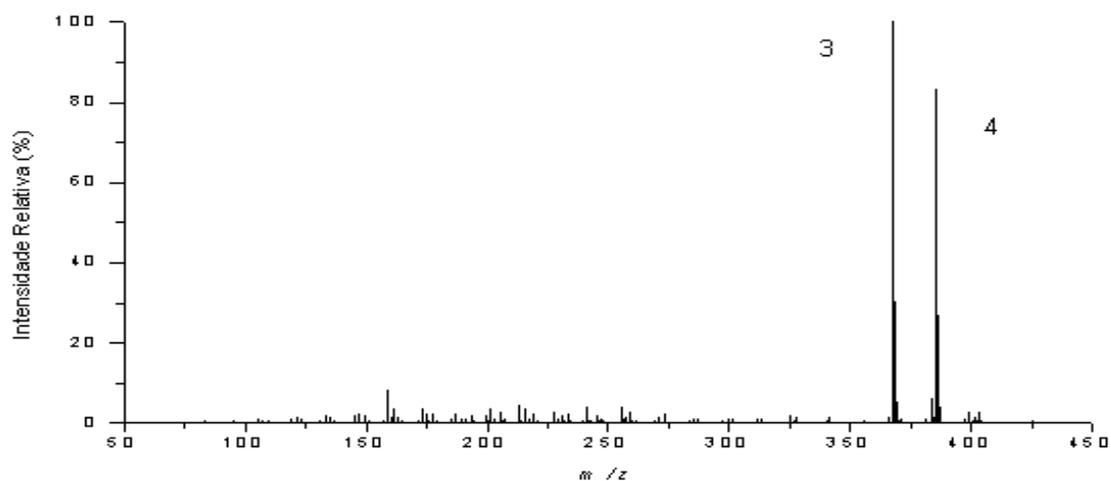
As Figuras 1 e 2 apresentam os cromatogramas da amostras analisadas.



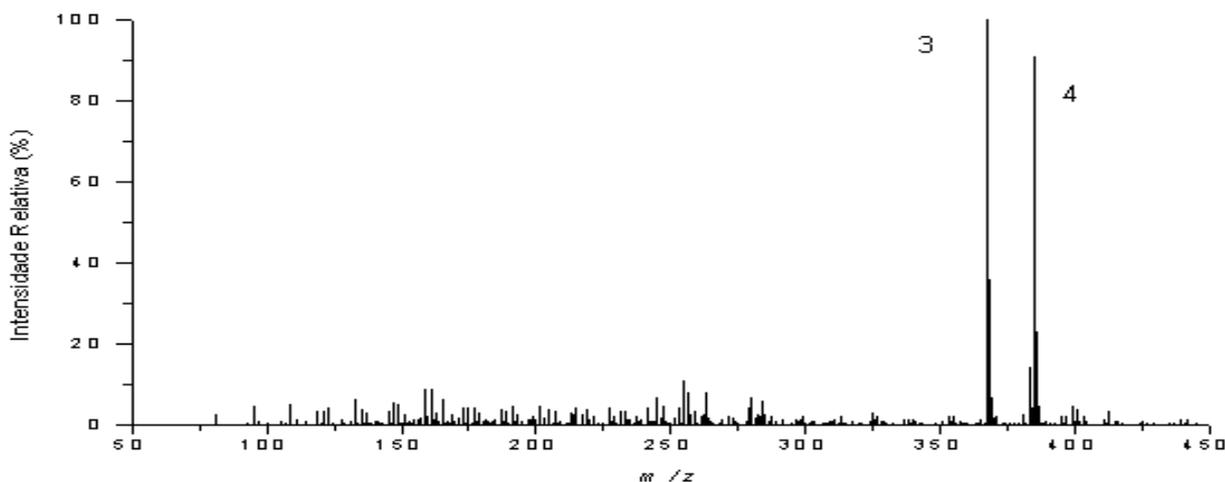
**Figura 1a.** Cromatograma padrão de 7-Ceto (Picos 1 e 2).



**Figura 1b.** Cromatograma das amostras de camarão pitu para a detecção de 7-Ceto (Picos 1 e 2).



**Figura 2a.** Cromatograma padrão de Triol (Picos 3 e 4).



**Figura 2b.** Cromatograma das amostras de camarão pitu para a detecção de Triol (Picos 3 e 4).

Valores mais elevados de 7-Ceto foram encontrados por Moura *et al.* (2002) em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*) *in natura* (0,23  $\mu\text{g/g}$ ), por Moura e Tenuta Filho (2002), em camarão rosa (*Penaeus paulensis*) cru (1,2  $\mu\text{g/g}$ ) e frito (0,5 $\mu\text{g/g}$ ) e por Echarte *et al.* (2005) em camarão marinho cru (3,96  $\mu\text{g/g}$ ) e grelhado (8,04 $\mu\text{g/g}$ ). Em relação ao triol, os níveis presentes em camarão marinho cru (1,23  $\mu\text{g/g}$ ) e grelhado (1,42 $\mu\text{g/g}$ ) (Echarte *et al.*, 2005) foram superiores aos do pitu.

Segundo Moura e Tenuta Filho (2002), os antioxidantes presentes no óleo de soja e no próprio alimento, possivelmente vitaminas A e E, poderiam proteger de certa forma o colesterol do processo oxidativo.

## Conclusões

O camarão *in natura* pode ser considerado fonte dos ácidos graxos da série ômega 6 (linoléico e araquidônico), ômega 3 (EPA) e do ácido graxo monoinsaturado oléico.

A fritura em óleo de soja resultou no aumento do teor de proteínas, lipídeos e calorias, decorrente da perda de água e incorporação de óleo, além de redução do teor de ácidos graxos do tipo ômega-3 e aumento de ácidos graxos do tipo ômega-6, devido aos tipos de ácidos graxos presentes no óleo utilizado.

O teor de colesterol sofreu aumento após a fritura, embora tenha permanecido abaixo dos limites de ingestão recomendados. Os teores de óxidos de colesterol também foram baixos, não representando risco à saúde humana, e a fritura não teve efeito na formação de óxidos de colesterol.

Como esperado, os índices de qualidade nutricional dos lipídeos apresentaram-se mais favoráveis no camarão *in natura* do que no frito, evidenciando que a fritura desse alimento não é um método adequado para combater doenças cardiovasculares.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, D. T.; ARAÚJO, M. da P. N.; FURTUNATO, D. M. da N.; SOUZA, J. C.; MORAES, T. M. Revisão de literatura: aspectos gerais do processo de fritura e imersão. **Higiene Alimentar**, v. 20, n. 138, p. 42-47, 2006.

ALMEIDA, N. M. de; BUENO FRANCO, M. R. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 65, n. 1, p. 7-14, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, D. C., 15ª Edição, 109p, 1990.

BAGGIO, S. R. **Óxidos de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em produtos cárneos processados**. Campinas. 228p (Tese de Doutorado-Faculdade de Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, 2004.

BLUMENTHAL, M. M. Una nueva perspectiva em La química y física de las frituras por inmersión. **Alimentaria**, v. 28, n. 9, p. 144-148, 1991.

BRAGAGNOLO, N. e RODRIGUEZ-AMAYA, D. Otimização da determinação de colesterol por clae e teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em

camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v.17 n.3, p. 275-280, 1997.

BRAGAGNOLO, N. e RODRIGUEZ-AMAYA, D. Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and marine shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*). **J. Food Compos. Anal.** v.14, p.359-369, 2001.

BRASIL. ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução – RDC nº40**, de 21 de março de 2001. Regulamento técnico para rotulagem nutricional de alimentos e bebidas embaladas. Brasília, 2001.

CALADO T. C. S; SOUSA E. C. Variação sazonal e proporção sexual da fauna de camarões da região estuarina do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba . **Bol. Estud. Ciênc. Mar**, n.10, p.65-81, 1998.

CALADO T. C. S; SOUSA E. C. **Crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba - Alagoas**. 1ª Edição. Maceió: FAPEAL; 116p, 2002.

CALDER, P. C. Immunomodulation by Omega-3 fatty acids. **Prostaglandins, Leukotrienes & Essential Fatty Acids**, n.77, p. 327-335, 2007.

CALDERELLI, V. A. S; BENASSI, M. T; MATIOLI, G. Substituição da gordura hidrogenada por óleo de soja na elaboração de pães de linhaça e avaliação da aceitabilidade. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n.3, p. 668-674, 2008.

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

CELIK, M.; DILER, A.; KÜÇÜKGÜLMEZ, A. A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two

different regions and climatic conditions. **Food Chem.**, v.92, n.4, p.637-641, 2005.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, n.2, p.111-116, 2002.

DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Nutritional aspects of cardiovascular disease. **Report on Health and Social Subjects**, n. 46, 178p. London: HSMO, 1994.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.26, n.1, p.56-63, 2006.

DUARTE A.C.; DIAS C.O.; FELGA J.E.; BARROA T.E. **Tópicos de bioquímica celular**. Juiz de Fora-MG, PROMED, 2ª edição, 176p., 2005.

ECHARTE, M.; ZULET, M. A.; ASTIASARAN, I. Oxidation process affecting fatty acids and cholesterol in fried and roasted salmon. **J. Agric. Food Chem.** v.49, p. 5662-5667, 2001.

ECHARTE, M.; CONCHILLO, A.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Óxidos de colesterol en lagostinos frescos y congelados, crudos y a la plancha. **Nutr. Hosp.**, v.20, n.4, p. 1-7, 2005.

ERSOY, B.; OZEREN, A. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. **Food Chem.**, v. 115, p. 419-422, 2009.

FERREIRA, M. W.; BRESSAN, M. C.; SOUZA, X. R.; VIEIRA, J. O; FARIA, P. B.; ANDRADE, P. L. Efeito dos métodos de cocção sobre a composição química e perfil lipídico de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*

Linnaeus, 1757). **Cienc. Agrotec. Lavras**, v. 31, n. 3, p. 798-803, 2007.

FILLION, L.; HENRY, C. J. K. Nutrient losses and gains during frying: a review. **Int. J. Food Sci. Nutr.**, v. 49, p. 157-168, 1998.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, S. A. Simple method for the isolation and purification of total lipide from animal tissues. **J. Biol. Chem.**, v. 226, p. 497-509, 1957.

FREITAS, A.S.; BORGES, J.T.S.; COSTA, R.Q.; CORNEJO, F.E.P.; WILBERG, V.C. Teores de lipídeos totais, ácidos graxos e colesterol em resíduos desidratados de camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* HELLER, 1862) capturado no Estado do Rio de Janeiro. **B. CEPPA**, v.20, n.2, p.355-62, 2002.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; SILVA, A. B. M.; JÚNIOR, O. O. S.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M; VISENTAINER, J. V. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n.4, p. 1577-1580, 2006.

GARCÍA-ARIAS, M. T.; PONTES, E. A.; GARCÍA-LINARES, M. C.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, M. C.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. **Food Chem.**, v. 83, p. 349-356, 2003.

GLADYSHEV, M. I.; SUSHCHIK, N. N.; GUBANENKO, G. A.; DEMIRCHIEVA, S. M.; KALACHOVA, G. S. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). **Food Chem.**, v. 96, p. 446-451, 2006.

GLADYSHEV, M. I.; SUSHCHIK, N. N.; GUBANENKO, G. A.; DEMIRCHIEVA, S. M.; KALACHOVA, G. S. Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. **Food**

**Chem.**, v. 101, p. 1694-1700, 2007.

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

HARTMAN, L.; LAGO, B. C. A. Rapid preparation of fatty methyl esters from lipids. **Lab. Pract.**, v. 22, p. 475-477, 1973.

IV DIRETRIZ BRASILEIRA SOBRE DISLIPIDEMIA E DIRETRIZ DE PREVENÇÃO DE ATEROSCLEROSE DO DEPARTAMENTO DE ATEROSCLEROSE DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. **Arq. Bras. Cardiol.** (suplemento I), v. 88, p. 10, 2007.

JOHNSTON, J.J.; GHANBARI, H. A.; WHEELER, W. B.; KIRK, J. R. Characterization of shrimp lipids. **J. Food Sci.**, v.48, p. 1068-1074, 1983.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P.; LUNARDI, V. M.; MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Quim. Nova**, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.

KRIS-ETHERTON, P.; YU, S. Individual fatty acids effects on plasma lipids and lipoproteins; human studies. **Am. J. Clin Nutr.**, v.65, p. 1628-1644, 1997.

KRZECZKOWSKI, R. A. Fatty acids in raw and processed Alaska Pink shrimp. **J. Amer. Oil Chem. Soc.**, v. 47, p. 451-458, 1970.

LEVITAN, E. B.; WOLK, A.; MITTLEMAN, M. A. Fish consumption, marine Omega-3 fatty acids, and incidence of heart failure: a population-based prospective study of middle-aged and elderly men. **Eur. Heart J.**, v.30, p. 1495-1500, 2009.

LIMA, F. E. L de; MENEZES, T. N. de; TAVARES, M. P.; SZARFARC, S. C.; FISBERG, R. M. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. **Rev. Nutr. Campinas**, v.13, n.2, p. 73-80, 2000.

LIMA, M. M. R.; MOREIRA, N. X.; SANTOS, B. M. A.; MANCINI FILHO, J.; FERNANDES, L. C. Ácidos graxos e câncer. In: CURI, R.; POMPEIA, C.; MIYASAKA, K.; PROCOPIO, J. **Entendendo as gorduras – os ácidos graxos**. 1ª Edição. São Paulo: Manole, 2002.

LIRA, G. M.; MANCINI FILHO, J, SANT'ANA, L. S.; TORRES, R. P., OLIVEIRA, A. C.; OMENA, C. M. B.; NETA, M. L. S. Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió-Al. **Rev. Bras. Cienc. Farm.**, v. 40, n. 4, p. 529-537, 2004.

LIRA, G. M.; TORRES, E. A. F. S.; SOARES, R. A. M.; MENDONÇA, S.; COSTA, M. F.; SILVA, K. W. B.; SIMON, S. J. G. B.; VERAS K. M. A. Nutritional value of crustaceans from Lagoone-Estuary Complex Mundaú/Manguaba-Alagoas. **Rev. Instit. Adolfo Lutz**. v. 66, n.3, p. 261-267, 2007.

LOTTENBERG, A. M. P. Perspectivas atuais sobre a gordura alimentar e as dislipidemias. **Nutrição Brasil**, v.6, p. 327-329, 2003.

MARIUTTI, L.R.B.; NOGUEIRA,G.C.; BRAGNOLO,N. Optimization and validation of analytical conditions for cholesterol and cholesterol oxides extraction in chicken meat using response surface methodology. **J. Agric. Food Chem.**, v 56, p. 2913-2918, 2008.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V. DE; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. DE; VISENTAINER, J. V. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. **Rev. Nutr.**, v.19, n.6, p.761-770, 2006.

MATH, R. G.; VELU, V. e cols. Effect of frying conditions on moisture, fat, and density of papad. **J. Food Eng.**, v. 64, n. 4, p. 429-434, 2004.

MAZALLI M. R.; SAWAYA A. C. H. F.; EBERLIN M. N.; BRAGAGNOLO N. HPLC method for quantification and characterization of cholesterol and its oxidation products in eggs. **Lipids**, v. 41, n.6, p. 615-622, 2006.

MAZZA, M.; POMPONI, M.; JANIRI, L.; BRIA, P.; MAZZA, S. Omega-3 fatty acids and antioxidants in neurological and psychiatric diseases: an overview. **Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry**, v.31, n.1, p. 12-26, 2007.

MILINSK, M. C.; PADRE, R das G.; HAYASHI, C.; SOUZA, N. E de; MATSUSHITA, M. Influence od diets enriched with different vegetable oils on the fatty acid profiles of snail *Helix aspersa maxima*. **Food Chemistry**, v. 82, p. 553-558, 2003.

MONTANO, N.; GAVINO, G.; GAVINO, V. C. Polyunsaturated fatty acid contents of some traditional fish and shrimp paste condiments of the Philippines. **Food Chemistry**, v. 75, p. 155-158, 2001.

MORALES-AIZPURÚA, I. C.; TENUTA-FILHO, A. Óxidos de colesterol: ocorrência em alimentos, formação e efeitos biológicos. **Rev. Bras. Ciênc. Farm.**, v.38, n.4, p.431-42, 2002.

MOURA, A.F.P.; TENUTA-FILHO, A. Efeito do processamento sobre os níveis de colesterol e 7-cetocolesterol em camarão-rosa. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, n.2, p.117-21, 2002.

MOURA, A.F.P.; TORRES, R.P.; MANCINI-FILHO, J.; TENUTA-FILHO, A. Caracterização da fração lipídica de amostras comerciais de camarão-rosa. **Arch. Latinoamericanos Nutr.**, v.52, n.2, p.207-11, 2002.

NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM (NCEP). Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). final report. **Circulation**, v. 106, p. 3143-3421, 2002.

OGAWA, M.; MAIA, E. Alterações da carne de pescado por processamento e estocagem. In: OGAWA, M.; MAIA, E. **Manual de pesca - Ciência e tecnologia do pescado** - Volume I. São Paulo: Livraria Varela, cap.13, p.222-49, 1999.

OSADA, K.; KODAMA, T.; YAMADA, K.; SUGANO, M. Oxidation of cholesterol by heating. **J. Agric. Food Chem.**, v.41, p.1198-202, 1993.

OSHIMA, T.; SHOZEN, K.; USHIO, H.; KOIZUMI, C. Effects of grilling on formation of cholesterol oxides in seafood products rich in polyunsaturated fatty acids. **Lebensm. Winss. Technol.**, v.29, n.1/2, p.94-99, 1996.

PEDROSA, L. F. C; COZZOLINO, S. M. F. Composição centesimal de minerais e de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 21, n.2, p.154-157, 2001.

PUWASTIEN, P.; JUDPRASONG, K.; KETTWAN, E.; VASANACHITT, K.; NAKNGAMANONG, Y; BHATTACHARJEE, L. Proximate composition of raw and cooked thai freshwater and marine fish. **J. Food Compos. Anal.**, v.12, p.9-16, 1999.

RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; HIANE, P. A.; SOUZA, E. M. T. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n. 2, p. 361-365, 2008.

ROCHA, I. P. Panorama da Produção Mundial e Brasileira de Pescados, com ênfase para o Segmento da Aqüicultura. **Revista da ABCC**, Ano 9, n.3 , 2007.

ROCHA, I. P. Exposição de motivos e fundamentação econômica-social sobre

os pleitos do setor de carcinicultura elaborada para as autoridades competentes **Revista da ABCC**, Ano 10, n.2, 2008.

RUSSO, G. L. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. **Biochem. Pharmacol.** v.77, n.6, p.937-946, 2008.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes: Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2007.

SAGUY, I. S.; DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **J. Food Eng.**, v.56, p. 143-152, 2003.

SALDANHA, T.; SAWAYA, A. C. H. F.; EBERLIN, M. N.; BRAGAGNOLO, N. HPLC Separation and determination of 12 cholesterol oxidation products in fish: comparative study of RI, UV and APCI-MS detectors. **J. Agric. Food Chem.**, v.54, p.4107-4113, 2006.

SAMPAIO, G. R.; BASTOS, D. H. M.; SOARES, R. A. M.; QUEIROZ, Y. S.; TORRES, E. A. F. S. Fatty acids and cholesterol oxidation in salted and dried shrimp. **Food Chem.**, v. 95, p. 344-351, 2006.

SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; JESUS, M. V.; MEDINA, R. deep-frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acid composition of sardines and frying fats. **J. Agric. Food Chem.**, v.40, p. 2252-2258, 1992.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.24, n.1, p.27-31, 2004.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R. J. B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid

composition of meat. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 2/3, p. 187-194, 2002.

SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; SHIKEN, M.; ROSS, A. C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. São Paulo: Manole, v. 1, p. 84-89, 2003.

SIOEN, I.; HAAK, L.; RAES, K.; HERMANS, C.; HENAUW, S. de; SMET, S. de; CAMP, J. V. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. **Food Chem.**, v.98, p.609-617, 2006.

TAI, C.Y.; CHEN, Y.C.; CHEN, B.H. Analysis, formation and inhibition of cholesterol oxidation products in food: an overview (Part I). **J. Food Drug Anal.**, v.7, n.4, p.243-57, 1999.

TENUTA-FILHO, A.; MORALES-AIZPURÚA, I. C.; MOURA, A. F. P.; KITAHARA, S. E. Óxidos de colesterol em alimentos. **Rev. Bras. Ciênc. Farm.**, v.39, n.3, p. 319-325, 2003.

TORRES, E. A. F. S. *et al.* Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000.

TURATTI, J.M.; GOMES, R.A.R.; ATHIÉ, I. **LIPÍDEOS: Aspectos funcionais e novas tendências**. Campinas: ITAL, 78p, 2002.

TURKKAN, A. U.; CAKLI, S.; KILINC, B. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). **Food Bioprod. Process.**, v. 86, p. 163-166, 2008.

UAUY, R.; MENA, P.; VALENZUELA, A. Essential fatty acids as determinants of lipids requirements in infants, children and adults. **European J. Clin. Nutrition**, v.53, n.1, p.66-67, 1999.

ULBRICHT, T. L. V; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991.

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

WILLIAMS, C. M. Dietary fatty acids and human health. **Annales de Zootechnie**, v. 49, n. 3, p. 165-180, 2000.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## Referências Bibliográficas

CALADO T. C. S; SOUSA E. C. Variação sazonal e proporção sexual da fauna de camarões da região estuarina do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba . **Bol. Estud. Ciênc. Mar**, n.10, p.65-81, 1998.

CALADO T.C.S, SOUSA E.C. **Crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba - Alagoas**. 1ª ed. Maceió: FAPEAL; 2002.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.26, n.1, p.56-63, 2006.

FERREIRA, M. W.; BRESSAN, M. C.; SOUZA, X. R.; VIEIRA, J. O; FARIA, P. B.; ANDRADE, P. L. Efeito dos métodos de cocção sobre a composição química e perfil lipídico de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757). **Cienc. Agrotec. Lavras**, v. 31, n. 3, p. 798-803, mai/jun 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture**. Roma, p.36-52, 2007.

JOHNSTON, J.J.; GHANBARI, H. A.; WHEELER , W. B.; KIRK, J. R. Characterization of shrimp lipids. **J. Food Sci.**, v.48, p. 1068-1074, 1983.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V. DE; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. DE; VISENTAINER, J. V. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. **Rev. Nutr.**, vol.19, no.6, p.761-770, Nov./Dec. 2006.

MOURA, A.F.P.; TORRES, R. P.; MANCINI-FILHO, J.; TENUTA-FILHO, A. Caracterização da fração lipídica de amostras comerciais de camarão-rosa. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v 52, n. 2, p. 1-9, 2002.

MOURA, A.F.P.; TENUTA-FILHO, A. Efeito do processamento sobre os níveis de colesterol e 7-cetocolesterol em camarão-rosa. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, n.2, p.117-21, 2002.

QUADROS, M. L. A.; MACIEL, C.; BASTOS, S.; SAMPAIO, I. Reprodução do camarão canela - *Macrobrachium acanthurus* em condições controladas de laboratório e montagem de um atlas para identificação de estágios larvais. **Revista Científica da UFPA**. Vol 4, p. 1-5, 2004.

SAMPAIO, G. R.; BASTOS, D. H. M.; SOARES, R. A. M.; QUEIROZ, Y. S.; TORRES, E. A. F. S. Fatty acids and cholesterol oxidation in salted and dried shrimp. **Food Chemistry**, v. 95, p. 344-351, 2006.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.24, n.1, p.27-31, 2004.

TAI, C.Y.; CHEN, Y.C.; CHEN, B.H. Analysis, formation and inhibition of cholesterol oxidation products in food: an overview (Part I). **J. Food Drug Anal**, v.7, n.4, p.243-57, 1999.