

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

MARIO HENRIQUE MÖLLER DA SILVA

**LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS DE
QUALIDADE DO PRODUTO “MEDALHÃO DE PEIXE”
ELABORADO A PARTIR DE CARNE
MECANICAMENTE SEPARADA**

**BELÉM
2006**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

MARIO HENRIQUE MÖLLER DA SILVA

**LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS DE
QUALIDADE DO PRODUTO “MEDALHÃO DE PEIXE”
ELABORADO A PARTIR DE CARNE
MECANICAMENTE SEPARADA**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORAS:

Dra. Nádia Cristina Fernandez Corrêa

Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço

**BELÉM
2006**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

MARIO HENRIQUE MÖLLER DA SILVA

**LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DO PRODUTO
“MEDALHÃO DE PEIXE” ELABORADO A PARTIR DE CARNE
MECANICAMENTE SEPARADA**

BANCA EXAMINADORA:

Profª. Drª. Nádia Cristina Fernandes Corrêa
(DECAL/CT/UFPA – Orientadora)

Profª. Drª. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço
(DECAL/CT/UFPA – Co-orientadora)

Prof. Dr. Antônio Manuel da Cruz Rodrigues
(DECAL/CT/UFPA – Membro)

Prof. Dr. Cláudio Chaves Amanajás
(DECAL/CT/UFPA – Membro)

Dedico este trabalho aos meus filhos:
Ricardo Henrique Pessoa da Silva
e Rafael Henrique Pessoa da Silva

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, a inteligência suprema, causa primária de todas as coisas e por ter concedido a mim o Dom da vida.

A minha **família** querida, pelo incentivo, apoio, tempo e atenção que lhes foi subtraído em favor deste trabalho e ao longo do curso.

À **Profª. Dra. Nádia Cristina Fernandes Corrêa**, e à **Profª. Dra Lúcia de Fátima Henriques Lourenço**, pela orientação e amizade.

Ao meu pai **Prof MSc. Mario Elias Santos da Silva** pela valorosa contribuição e pelas noites em claro que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

À **Indústria de Conservas Pamar Ltda.**, pela concessão de licença para realização do curso.

Aos amigos **Andréa M. M. Guedes** e **Fabio Rogério Trindade da Silva**, pela imprescindível colaboração prestada durante a fase final deste trabalho.

Aos professores **Dr. Lênio José Guerreiro de Faria**, **Dr. Antônio Manoel da Cruz Rodrigues**, **Dr Marcos Enê** do Departamento de Engenharia Química e de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Pará, pelas inúmeras contribuições, ensinamentos e apoio recebido.

Todos os colegas, estagiários e alunos do Laboratório de Operações de Separação em especial à **Brenda Castro**, **Alessandra Caldeira**, **Helena Teixeira**, **Keila Diniz** que contribuíram de forma significativa para elaboração das análises e extrações realizadas.

A todas as pessoas e entidades que, de alguma forma, tornaram possível a realização desta pesquisa.

Uma batalha é conquistada com sabedoria. A vitória resulta da sabedoria posta em ação. Para vencer, é vital fortalecer os poderes da mente e do intelecto de uma pessoa. Além disso, quando se tem a corajosa determinação de realizar algo a todo o custo, a sabedoria requerida será evidenciada e o caminho em direção à glória abrir-se-á.

Daisakū Ikeda

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo identificar a influência dos parâmetros de qualidade obtidos para o produto “Medalhão de Peixe” elaborado a partir de partes comestíveis recuperadas pelo processo de separação mecânica de ossos e pele obtendo CMS (carne mecanicamente separada) na linha de processamento das espécies: pescada amarela (*Cynoscion acoupa*.) e bagre rosado (*Tachysurus barbatus*), com referência particular sobre a “espécie de peixe” e o “tempo de maturação”. Para tal, realizou-se o planejamento fatorial completo do tipo 2² para verificar a influência das variáveis operacionais sobre as respostas lipídio, proteína, umidade e cinzas, no material processado e outras análises, para assegurar as respostas qualitativas dos medalhões de peixes, dentre elas: colorimetria, perfil dos ácidos graxos por cromatografia gasosa, análise microbiológica e análise sensorial. De acordo com o planejamento experimental, foi possível identificar que a variável espécie de peixe (X₁) foi considerada significativa ($\alpha = 0,05$) somente para as respostas lipídio e proteína, sendo, portanto considerada insignificante para as respostas umidade e cinzas, para todos os tempos avaliados. Os resultados obtidos na determinação do valor de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico) foram abaixo de um (1) para ambas espécies: maturada e não maturada. Os índices de acidez observados foram considerados altos quando comparados a outros trabalhos; quanto ao rendimento de óleo encontrado na extração com fluido supercrítico, mostrou-se satisfatório; através de análise de cromatografia gasosa, identificou-se 14 ácidos graxos para ambas as espécies dos quais se destacou o ácido palmítico com a maior concentração, 24 e 30% para pescada amarela e bagre rosado, respectivamente. Dentre os ácidos insaturados, o EPA (ácido eicosapentaenóico) destacou-se nas duas espécies, seguido pelo DHA (ácido docosahexaenóico) e o Araquidônico. Nas análises microbiológicas os resultados encontram-se dentro dos padrões da legislação brasileira para *Salmonella* e *S. aureus*, com exceção de coliformes à 45°. Na análise sensorial, os produtos obtiveram, em média 70,7% de aceitação. Após avaliação dos medalhões de pescada amarela e bagre rosado através dos parâmetros já mencionados, conclui-se que os resultados físico-químicos estão dentro dos limites encontrados na maioria dos peixes marinhos magros, levando-se a considerar que as CMS's (carne mecanicamente separada) são viáveis para a valorização de sub-produtos da indústria de pesca, e os medalhões comportam-se satisfatoriamente como produto alimentício.

ABSTRACT

The objective of this work was to identify the influence of the parameters of quality obtained for the elaborated product “Medalhão de Peixe” from of edible parts recovered by the mechanical separation process of bones and skin getting CMS (mechanically separated meat) in the line of processing of the species: “pescada amarela” (*Cynoscion acoupa*.) and “bagre rosado” (*Tachysurus barbus*), with private reference about the “fish species” and the “time of maturation”. A full factorial design 2^2 was used to verify the influences of the operational variables lipid, protein, water and ash contents. Other analyses, such as colorimetry, fatty acids profile by gas chromatography, microbiological and sensorial analysis were carried out to make sure of the quality of the product. According to the experimental design, it was observed that the variable species of fish (X1) was considered significant ($\alpha = 0,05$) only for the lipid and protein contents, being, therefore considered insignificant for water and ash content, for all the times in study. The results obtained in the determination of TBA (2-tiobarboturic acid) value were below one (1) for both species: matured and nonmatured. The acidity indexes observed were considered high when compared with other works; the oil yield from the supercritical fluid extraction was shown satisfactory. There were 14 fatty acids identified by gas chromatography for both species. Palmitic acid showed the largest concentration, 24 and 30% from “pescada amarela” and “bagre rosado”, respectively. Among the acids insaturados, EPA (eicosapentaenoic acid) showed the higher values for both species, followed by DHA (docosahexaenoic acid) and Araquidônico. In the microbiologicals analysis, the results are found according to the standards the brazilian legislation to *Salmonella* and *S. aureus*, except coliformes 45°C. The products showed the average of 70,7% of acceptance by the sensorial analysis. Based in the results obtained, it is concluded that the physcal chemistry characteristics are in the ranges found in most of the marine thin sea fish. Thus, CMS’s can be considered a viable product that contributes for the valuation of sub-products from the fish industry and the “medalhão de peixe” behaves satisfactorily as a foodstuff.

LISTA DE FIGURAS

Figura	1.	Rosado	(<i>Tachysurus</i>
<i>barbus</i>).....			16
Figura 2. Pescada Amarela (<i>Cynoscion acoupa</i>).....			17
Figura 3. Fluxo da decomposição do ATP no músculo.....			21
Figura 4. Mecanismo da auto-xidação de lipídeos.....			22
Figura 5. Desossadora mecânica.....			37
Figura 6. Detalhe do CMS e Resíduo.....			37
Figura 7. Fluxograma simplificado da elaboração do “medalhão de peixe” de pescada amarela (PA) ou rosado (RS) com e sem maturação de duas horas em gelo fundente.....			38
Figura 8. Escala hedônica utilizada no teste de aceitação.....			43
Figura 9. Gráfico de barras para a resposta lipídio, no tempo t_0			51
Figura 10. Gráfico de barras para a resposta lipídio, no tempo t_1			51
Figura 11. Gráfico de barras para a resposta lipídio, no tempo t_2			52
Figura 12. Gráfico de barras para a resposta proteína, no tempo t_0			56
Figura 13. Gráfico de barras para a resposta proteína, no tempo t_1			56
Figura 14. Gráfico de barras para a resposta proteína, no tempo t_2			57
Figura 15. Gráficos de colunas com os valores de luminosidade “L”.....			65
Figura 16. Gráfico de colunas com valores de “a” e “b”.....			65
Figura 17. Composição percentual dos ácidos graxos encontrados no medalhão de pescada amarela.....			71
Figura 18. Composição percentual das classes de ácidos graxos encontrados no medalhão pescada amarela.....			71
Figura 19. Composição percentual dos ácidos graxos encontrados no medalhão de bagre rosado.....			72
Figura 20. Composição percentual das classes de ácidos graxos encontrados no medalhão bagre rosado.....			72
Figura 21. Composição percentual dos ácidos graxos encontrados na CMS de pescada amarela e bagre rosado.....			73
Figura 22. Composição percentual das classes de ácidos graxos encontrados na CMS de pescada amarela e bagre rosado.....			73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Conteúdo de glicogênio de algumas espécies de pescados mortos sem agonia.....	19
Tabela 2. Variáveis independentes e seus valores codificados.....	44
Tabela 3. Matriz de planejamento.....	44
Tabela 4. Composição físico-química da CMS de pescada amarela e bagre rosado e filé.....	46
Tabela 5. Matriz de experimentos para o tempo t_0	47
Tabela 6. Matriz de experimentos para o tempo t_1	47
Tabela 7. Matriz de experimentos para o tempo t_2	48
Tabela 8. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta lipídio, no tempo de armazenamento t_0	49
Tabela 9. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta lipídio, no tempo de armazenamento t_1	49
Tabela 10. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta lipídio, no tempo de armazenamento t_2	49
Tabela 11. Análise de variância (ANOVA) para resposta lipídio, no tempo t_0	53
Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) para resposta lipídio, no tempo t_1	53
Tabela 13. Análise de variância (ANOVA) para resposta lipídio, no tempo t_2	53
Tabela 14. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta proteína, no tempo de armazenamento t_0	54
Tabela 15. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta proteína, no tempo de armazenamento t_1	55
Tabela 16. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta proteína, no tempo de armazenamento t_2	55
Tabela 17. Análise de variância (ANOVA) para resposta proteína, no tempo t_0	57
Tabela 18. Análise de variância (ANOVA) para resposta proteína, no tempo t_1	58
Tabela 19. Análise de variância (ANOVA) para resposta proteína, no tempo t_2	58
Tabela 20. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta cinza, no tempo de armazenamento t_0	59
Tabela 21. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta cinza, no tempo de armazenamento t_1	59
Tabela 22. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta cinza, no tempo de armazenamento t_2	59
Tabela 23. Análise de variância (ANOVA) para resposta cinza, no tempo t_0	60
Tabela 24. Análise de variância (ANOVA) para resposta cinza, no tempo t_1	60
Tabela 25. Análise de variância (ANOVA) para resposta cinza, no tempo t_2	60
Tabela 26. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta umidade, no tempo de armazenamento t_0	61
Tabela 27. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta umidade, no tempo de armazenamento t_1	61

Tabela 28. Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta umidade, no tempo de armazenamento t_2	62
Tabela 29. Análise de variância (ANOVA) para resposta umidade, no tempo t_0	62
Tabela 30. Análise de variância (ANOVA) para resposta umidade, no tempo t_1	62
Tabela 31. Análise de variância (ANOVA) para resposta umidade, no tempo t_2	63
Tabela 32. Valores de L e replicata obtidos por colorimetria com 120 dias a -18°C	63
Tabela 33. Valores médios de a e b obtidos por colorimetria no t_0 , t_1 , e t_2	64
Tabela 34. Índice de acidez, TBA e rendimento na extração com CO_2 pressurizado a t_0	67
Tabela 35. Índice de acidez, TBA e rendimento na extração com CO_2 pressurizado a t_2	67
Tabela 36. Perfil de ácidos graxos da matéria-prima e dos produtos estudados.....	69
Tabela 37. Resultados das análises microbiológicas das CMS's e “medalhões de peixe” de pescada amarela e bagre rosado.....	74
Tabela 38. Resultado do teste de aceitação dos medalhões de peixe.....	75

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1

INTRODUÇÃO.....

.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 PRODUÇÃO DE PEIXE NA REGIÃO NORTE.....	15
2.1.1 Espécies envolvidas no trabalho.....	15
2.1.1.1	
Rosado.....	
.....	15
2.1.1.2 Pescada	
amarela.....	16
2.2 ALTERAÇÕES DO PESCADO APÓS A CAPTURA.....	17
2.2.1 Autólise.....	17
2.2.2 Rancidez oxidativa.....	21
2.2.3 Alteração microbiana.....	24
2.3 PRODUTOS PESQUEIROS REESTRUTURADOS.....	24
2.3.1 Produtos formados pela reestruturação de pedaços de filé.....	25
2.3.2 Produtos formados por reestruturação de pescado picado sem formação de gel.....	25
2.3.3 Produtos fabricados a partir da geleificação da proteína miofibrilar.....	26
2.4 QUÍMICA DO PESCADO.....	27
2.5 CARNE MECANICAMENTE SEPARADA (CMS).....	28
2.6 LIPÍDEOS FUNCIONAIS DO PESCADO.....	28
2.7 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS.....	32
2.7.1 Extração com dióxido de carbono supercrítico.....	32
2.7.2 Cromatografia gasosa.....	33
2.8 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS.....	34
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 MATÉRIA-PRIMA.....	36
3.1.1 Componentes da formulação do “medalhão de peixe”.....	36
3.1.2 Preparação do “medalhão de peixe”.....	36
3.1.3 Parâmetros qualitativos analisados.....	38
3.1.3.1 Espécies de peixes utilizados na produção da CMS.....	38
3.1.3.2 Tempo de maturação.....	38
3.2 ANÁLISES REALIZADAS NO “MEDALHÃO DE PEIXE”.....	39
3.2.1 Caracterização físico-química das amostras dos “medalhões de peixe”.....	39
3.2.1.1 Lipídios totais.....	39
3.2.1.2 Proteína.....	39
3.2.1.3 Umidade.....	39
3.2.1.4 Cinzas.....	40

3.2.2 Avaliação das alterações de cor por colorimetria.....	40
3.2.3 Preparo das amostras do “medalhão de peixe” para avaliação oxidativa.....	40
3.2.3.1 Secagem das amostras.....	40
3.2.3.2 Descrição da extração do óleo com CO ₂ Supercrítico.....	40
3.2.4 Avaliação oxidativa dos “medalhões de peixe”.....	41
3.2.5 Determinação e quantificação dos ácidos graxos.....	42
3.2.5.1 Preparação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos.....	42
3.2.5.2 Análise da composição em ácidos graxos por cromatografia gasosa.....	42
3.2.6 Análises Microbiológicas.....	43
3.2.7 Análise Sensorial.....	43
3.3 PLANEJAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DO PROCESSO.....	44
3.3.1 Planejamento fatorial do experimento.....	44
3.3.2 Análise estatística.....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....	46
4.2 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS.....	47
4.2.1 Influência das variáveis de entrada sobre a variável de resposta “lipídios”, nos três tempos de armazenamento.....	48
4.2.1.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão.....	48
4.2.1.2 Gráfico de barras (PARETO).....	50
4.2.1.3 Análise de Variância (ANOVA).....	52
4.2.2 Influência das variáveis de entrada sobre a variável de resposta “proteína”, nos três tempos de armazenamento.....	54
4.2.2.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão.....	54
4.2.2.2 Gráfico de barras (PARETO).....	55
4.2.2.3 Análise de Variância (ANOVA).....	57
4.2.3 Influência das variáveis de entrada sobre a variável de resposta “cinza”, nos três tempos de armazenamento.....	58
4.2.3.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão.....	58
4.2.3.2 Análise de Variância (ANOVA).....	60
4.2.4 Influência das variáveis de entrada sobre a variável de resposta “umidade”, nos três tempos de armazenamento.....	61
4.2.4.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão.....	61
4.2.4.2 Análise de variância (ANOVA).....	62
4.3 AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DE COR POR COLORIMETRIA.....	63
4.3.1 Valores de L, a e b nos tempos t₀, t₁, e t₂ de armazenamento a –18°C.....	63
4.3.2 Avaliação da alteração de cor nos tempos t₀, t₁, e t₂.....	64
4.4 AVALIAÇÃO OXIDATIVA DOS MEDALHÕES DE PEIXE APÓS EXTRAÇÃO COM CO₂ PRESSURIZADO.....	66
4.5 DETERMINAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS.....	67
4.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	74
4.7 ANÁLISE SENSORIAL.....	75
5 CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um dos mais baixos índices de consumo de pescado devido provavelmente à falta de conhecimento da importância do pescado na alimentação. A recuperação de proteínas de pescado de espécies de baixo valor comercial ou dos subprodutos da industrialização de espécies de alto valor, promovendo um fim mais nobre e a diminuição do resíduo gerado, constitui-se numa alternativa promissora.

Na região Norte do Brasil, observa-se uma grande influência do Rio Amazonas que drena toda a região, arrastando uma infinidade de nutrientes, mar adentro, garantindo assim a ocorrência de grandes cardumes. O Pará tem um litoral de 562 km, que se estende do Cabo Norte à foz do Gurupí, compreendendo 70.000 km² de plataforma arrastável. Por isso, tem uma vocação natural para a atividade pesqueira, permitindo diversas formas de exploração do seu potencial (PONTES, 2000).

Algumas espécies não industriais possuem aceitação *in natura* no mercado e estão sendo aproveitadas, mas em quantidades pouco significativas em relação ao grande volume capturado. Diversas espécies não são consumidas muitas vezes por questões culturais ou por seu aspecto físico, além disto, as aparas das espécies industrializadas geram uma quantidade considerável de resíduos dentro da indústria de pesca, que podem ser aproveitados na elaboração de produtos alternativos como salsichas, “fishburger”, bolinhos, etc agregando valor a este resíduo.

Em se tratando de aproveitamento de partes comestíveis não comercializadas, que serão utilizadas como matéria-prima para outros produtos, é de vital importância o conhecimento da influência de parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos na avaliação da qualidade do produto final obtido, assim como, o perfil de ácidos graxos contidos no produto e na matriz alimentar que lhe deu origem.

O presente trabalho teve como objetivo identificar a influência dos parâmetros “espécie de peixe” e “tempo de maturação” na qualidade do “medalhão de peixe” em diferentes tempos de armazenamento a -18°C.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO DE PEIXE NA REGIÃO NORTE

A produção de pescado estuarino/marinho da Costa Norte do Brasil no final da década de 90 apresentavam tendências decrescentes na pesca artesanal e crescente na industrial (PAIVA, 1997).

A produção de pesca de captura e o consumo de pescado para alimentação humana são os maiores registrados, com uma produção total em 2000 de 134.000 mil de toneladas (IBAMA, 2001). A região Norte possui a maior diversidade de peixes, com mais de 1.500 espécies já descritas, só de água doce (JUNK; SILVA, 1997).

A produção de peixes na Região Norte totalizou 245.058,0 ton em 2003 onde a maior produção foi no Pará com 154.546,0 ton de peixes (BRASIL, 2003). Em 2004, o Estado do Pará ainda responde por mais de 15% da produção nacional de pescado, sendo o maior produtor nacional (IBAMA/DIFAP/CGREP, 2005).

2.1.1 Espécies envolvidas no trabalho

2.1.1.1 Rosado

O Rosado (*Tachysurus barbatus*) apresentado na Figura 1, também denominado mimoso ou bagre de mar pertence ao grupo dos Silúridos e como tal tem o corpo grosseiro e pouco estético, a cor da pele é cinza intenso na região dorsal e seguindo os padrões do meio aquático vão clareando até se tornar definitivamente branco no ventre (BHARTHEM, 1999).

A cabeça é forte e ligeiramente comprimida. Nela se destacam dois olhos pequenos adaptados para visão em águas turvas e com pouca luz. A boca apresenta dentes filiformes dispostos na forma de placas, que os pescadores conhecem como “raspadillas”. Na periferia bucal são encontradas barbas maxilares curtas e grossas que cumprem por meio de células especializadas funções táteis e gustativas (ISSAC; BHARTHEM, 1995; BHARTHEM, 1999).

A rota de migração destes bagres que provêm do mar, não está ainda bem definida. Analisando o conteúdo estomacal de peixes capturados no início da temporada comprovou-se que o alimento pré-digerido encontrado em seu aparato digestivo, restos de crustáceos e de moluscos, pertencem ao sul do Brasil e a costa atlântica uruguaia. Algumas das teorias dizem que os mesmos provêm do norte do Brasil e chegam até águas argentinas com a finalidade de reprodução. Também se adaptam facilmente as grandes profundidades e aos fundos barrentos (BHARTHEM, 1999).

Estes peixes através de um complexo mecanismo de regulação interna de água e sais, no qual intervêm diversas glândulas e hormônios, se adaptam para a passagem de um a meio de água salgada ou salobra a outro de água doce, e vice-versa (ISSAC; BHARTHEM, 1995; BHARTHEM, 1999).

Em águas brasileiras que banham os Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e São Paulo no período de 1 de janeiro a 31 de março, a pesca do rosado é proibida e fora deste período o tamanho mínimo permitido para captura é de 30 cm (BRASIL, 1984).



Figura 1 Rosado (*Tachysurus barbatus*)

2.1.1.2 Pescada Amarela

A Pescada Amarela (*Cynoscion acoupa*.) apresentada na Figura 2 encontra-se numa grande distribuição geográfica, nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. É um peixe de água salgada e na costa brasileira ocorrem mais de trinta espécies dentro do gênero *Cynoscion*. Tem escamas e entre as características mais interessantes desse grupo, está a capacidade de produzir sons por músculos associados à bexiga natatória. Dentre as espécies mais comuns, estão a Pescada Amarela, que pode alcançar 1,0 m de comprimento e 30 kg, seu tamanho mínimo para captura é de 45 cm (IBAMA, DIFAP/CGEREP, 2004).



Figura 2 Pescada Amarela (*Cynoscion acoupa*)

A Pescada Amarela é muito apreciada como alimento, sendo importante na pesca comercial. Seu corpo é alongado e cilíndrico, com coloração cinza prateada e áreas de tonalidade amarela nas laterais e nas nadadeiras inferiores. Podem ultrapassar facilmente a marca de um metro e alcançar mais de 10 kg (MENEZES; FIGUEREDO, 1978; BRASIL, 1981).

Segundo a estatística da pesca do ano de 2004 a pesca extrativa de pescada amarela no Estado do Pará capturou 16.655 toneladas dessa espécie (BRASIL, 2005).

2.2 ALTERAÇÕES DO PESCADO APÓS A CAPTURA

2.2.1 Autólise

No pescado vivo, enquanto as células estão utilizando O_2 , o seu organismo realiza concomitantemente reações de decomposição e biossíntese. Entretanto após a morte, ou seja, em condições anaeróbias as reações de decomposição passam a prevalecer (OGAWA; OGAWA, 1999).

A diferença em composição dos tecidos do pescado tem grande influência nas velocidades de alteração pós-captura. Dentro de cada espécie, parâmetros como tamanho, estágio de desenvolvimento, métodos de captura e manipulação tem também um efeito significativo (DAVIS, 1999).

As alterações ocorrem logo após a morte do peixe, até certo ponto pode-se considerar que as mesmas podem ocorrer inclusive antes do momento da morte, como no caso dos peixes que tenham lutado durante certo tempo na captura, gastando parte de suas reservas de energia, apresentando características *post-mortem* imediatas. Os principais agentes de alteração são as enzimas e as bactérias endógenas, e seus efeitos resultantes apresentam-se aparentes em

diferentes momentos. Apresentam-se duas fases que se completam: a primeira é a autólise, que pode ser considerada como uma perda de frescor com alteração conseqüente do desequilíbrio das funções metabólicas do peixe. Mais tarde a atividade bacteriana produz os efeitos mais pronunciados de uma alteração evidente e finalmente o pescado torna-se não-comestível (DAVIS, 1999).

As reservas de energia, principalmente o glicogênio, dão continuidade à atividade celular após a morte. Estas reservas geralmente estão reduzidas no pescado devido ao esforço feito antes da morte já que ao cessar a circulação sanguínea é impossível a recuperação das mesmas. A degradação do glicogênio em glicose e ácido láctico é similar ao que ocorre na carne dos mamíferos, exceto no que se refere à fase inicial, na qual se produz glicose fundamentalmente por via hidrolítica e não por reações fosforolíticas (DAVIS, 1999).

O conteúdo de glicogênio apresenta variações nas diferentes partes do corpo, observando-se uma tendência de aumento do conteúdo no sentido da cabeça para a cauda, tendo em vista que a parte caudal precisa de mais energia para seus movimentos (OGAWA; OGAWA, 1999).

Na Tabela 1 observa-se muita diferença no conteúdo de glicogênio entre espécies. Os peixes migrantes contêm mais glicogênio do que os de carne branca. Os moluscos apresentam teores relativamente altos, mais que variam muito com a estação do ano.

O acúmulo do ácido láctico provoca a diminuição do pH do músculo para valores em torno de 5,6 a 5,8, no caso de peixe de carne vermelha, quanto aos peixes de carne branca e pelágicos, o limite inferior de pH é em torno de 6,0 a 6,2, devido ao baixo conteúdo de ácido láctico. Quando o pH diminui as proteínas do músculo se aproximam do seu ponto isoelétrico. Nos valores mais baixos de pH final começa a desnaturação, diminui a capacidade de retenção de água e se liberam pequenas quantidades de exsudados. Durante pouco tempo a glicólise permite uma certa ressíntese de ATP (adenosina trifosfato) em quantidade não suficiente para prevenir a diminuição de sua concentração. Com a diminuição da concentração de ATP abaixo do nível crítico, se produz o *rigor mortis* (OGAWA; OGAWA, 1999).

O tempo transcorrido entre a morte e a aparição do *rigor mortis* varia devido às mudanças no conteúdo de glicogênio e de ATP. Quando se alcança este nível as enzimas que mantém as células do músculo em um estado de relaxamento cessam sua atividade e o músculo começa a se contrair (DAVIS, 1999).

Tabela 1. Conteúdo de glicogênio de algumas espécies de pescados mortos sem agonia.

Espécie de pescado	Glicogênio (mg/100g)
Bonito	880
Bonito	910
Bacalhau	300
Haddock	530
Mariscos (ostra, vieira, etc.)	1 a 8%
Camarão	63
Caranguejo	124

Fonte: Yamanaka (1995) *apud* Ogawa; Ogawa (1999a)

O *rigor mortis* caracteriza-se pela contração muscular que ocorre após a morte de um animal. Inicialmente ocorre decomposição do ATP, produzindo-se ADP (adenosina difosfato), acompanhada de desfosforilação de creatina-fosfato (CP) cujo fósforo inorgânico (Pi) é utilizado para regeneração do ATP. Quando não há mais CP disponível, a degradação do ATP passa a ocorrer de forma irreversível (OGAWA; OGAWA, 1999).

Com o tempo a perda das reservas de energia celular produz um desequilíbrio químico intracelular que ativa certas enzimas endógenas proteolíticas, gerando rupturas nos enlaces peptídicos que provocam o relaxamento da estrutura muscular. Diz-se então que está terminado o *rigor* e neste momento o pescado apresenta a melhor qualidade para ser consumido. O tempo necessário para alcançar o *rigor* é muito variado podendo variar de 20 a 110 horas dependendo da espécie, tipo de captura, etc (DAVIS, 1999).

Existe grande variação na duração do rigor entre espécies uma vez que possuem composições químicas distintas. “Whiting” uma espécie de bacalhau entra em rigor em aproximadamente 1 hora após a morte, “red fish” leva 22 horas para iniciar o rigor, “Cod” capturado por arrasto e conservado em gelo gasta entre 2 a 8 horas. Além da espécie existem outros fatores que alteram a duração como: fatores fisiológicos, grau de exaustão, tamanho dos peixes, temperatura da água ambiente, peixes cultivados sobre indução de locomoção, condições de morte, peixes nativos e cultivados, influencia da temperatura na contração muscular e *rigor mortis* (OGAWA; OGAWA, 1999).

A hidroxidação enzimática dos ácidos graxos, via rotas similares as que têm sido estabelecidas como causadores dos odores característicos que se detectam nos cogumelos, pepinos e melões. Em quase todos os pescados brancos se aprecia uma nota odorífera como de “planta verde” devido à produção de aldeídos e álcoois C₆, por exemplo, o hexanal e hexanol (DAVIS, 1999).

O sabor do pescado cozido depois que tenha passado o rigor difere do sabor de antes

ou durante o processo de *rigor*. No caso de *pré-rigor* o sabor é menos doce com um leve odor metálico e a textura tende a ser mais dura e um pouco fibrosa. Imediatamente após o rigor a textura é firme, mais fácil de mastigar o sabor muda tornando-se claramente doce com notas características que dão as diferentes espécies seus sabores típicos e reconhecíveis (DAVIS, 1999).

Neste momento (*post rigor*) a atividade continuada das enzimas endógenas provoca a degradação quase total de ATP, via adenosina difosfato (ADP), adenosina monofosfato (AMP) seguida de uma rápida desaminação a inosina monofosfato (IMP). A degradação posterior a inosina (INO) é mais lenta que as reações precedentes, conforme indicado pela Figura 3 (COULTATE; 1996; DAVIS, 1999).

A partir do ponto de máxima atração e suculência produz-se uma diminuição gradual dos aspectos, odor textura e sabor do pescado causado pela ação enzimática continuada. Os olhos tornam-se planos e a pele perde a impressão visível dos músculos subjacentes, ainda que a carne possa manter-se suficientemente firme. Ao sofrerem estresse os peixes vivos aumentam muito a produção de muco transparente, que depois da morte, se torna mais visível ao perder a transparência e desenvolver uma opacidade de tom leitoso diluído (DAVIS, 1999).

Após a morte do animal ocorre a decomposição e o desaparecimento dos derivados de ácidos nucleicos, NAD (nicotinamina adenina dinucleotídeo) e NADP (nicotinamina adenina dinucleotídeo fosfato), os quais desempenham importante papel em várias reações de oxirredução, participando como coenzimas, a exemplo da manutenção da coloração da carne envolvendo os hemo-pigmentos, alteração do pH muscular, dependente do grau da glicólise. A natureza das reações em que estas coenzimas se envolvem (tipo oxidativo e reutivo) varia com as espécies de pescado, condições de conservação e tempo pós-morte (OGAWA; OGAWA, 1999).

Ainda que as mudanças até agora descritas sejam consideráveis em termos químicos, e devido quase exclusivamente às atividades das enzimas endógenas, do ponto de vista organoléptico são relativamente pouco importantes. No entanto, são os que estabelecem a diferença entre um produto muito atrativo e outro que quando muito, pode ser classificado como insípido (DAVIS, 1999).

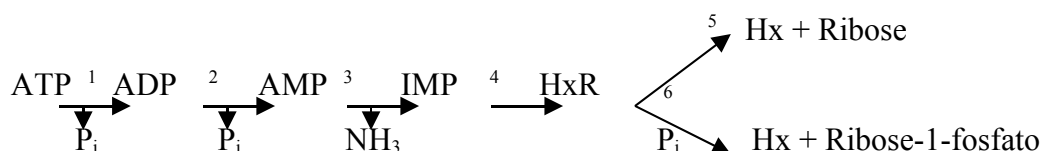


Figura 3. Fluxo da decomposição do ATP no músculo, sendo: 1 – adenosina trifosfatase; 2 – mioquinase; 3 – AMPdeaminase; 4 – IMPfosfatase; 5 – nucleosídeo hidrolase; 6 – nucleosídeo fosforilase; ATP – adenosina trifosfato; ADP – adenosina monofosfato ou ácido adenílico; IMF – inosina monofosfato; HxR – inosina; Hx – hipoxantina.

2.2.2 Rancidez oxidativa

Os problemas de conservação do músculo picado de pescado são principalmente os derivados dos altos níveis de lipídeos poliinsaturados e o efeito da oxidação destes lipídeos sobre o sabor e a textura e a desnaturação e a desagregação das proteínas miofibrilares que originam mudanças na textura e sua funcionalidade (CÂNDIDO; NOGUEIRA; SGARBIEIRI, 1998).

A autooxidação pode ser iniciada por espécies endógenas (H_2O_2 , ROOH) e radicais ($O_2^{\cdot-}$, ROO $\cdot$, OH, GS $\cdot$) ou por espécies exógenas (O_2 , O_3), radicais (NO $_x$, SO $_3^{\cdot-}$) e agentes (UV, radiações ionizantes, calor). Entretanto esse início ainda não está completamente explicado, mas o modelo prevê a formação de radicais livres no carbono alílico. Este radical formado pode reagir com o oxigênio atmosférico e formar um radical peróxido (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

Os radicais livres estão relacionados com várias doenças, incluindo câncer, doenças hepáticas, arterosclerose e envelhecimento. Na maioria das vezes esta relação se dá pela prioridade que os radicais livres tem ao reagir com ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) servindo com iniciadores do processo de peroxidação lipídica ou lipoperoxidação (LPO) (LIMA; CARATIN; SOLIS, 2002).

A oxidação começa com a supressão de um átomo de hidrogênio do carbono adjacente a dupla ligação do ácido graxo o radical alquila resultante reage com o oxigênio atmosférico formando um radical livre instável peroxila. Este radical peroxila inicia a nova sequência, abstraindo um hidrogênio da segunda molécula de ácido graxo insaturado produzindo um hidroperóxido contribuindo para reação em cadeia. A reação em cadeia termina com a formação de produtos não radicais (RR, ROOR) mostrado na Figura 4 (PACHECO, 2005).

O radical alquila R $\cdot$ tem sua vida útil devido às formas de ressonância que os estabilizam. Estes peróxidos formados podem participar de reações de decomposição e formação de novos radicais livres. Esta fase de propagação leva ao aumento do número de radicais livres. Estes radicais são rapidamente formados e reagem entre si na fase terminal (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

Os peróxidos são produtos de oxidação primária, são compostos tóxicos e instáveis e degradam em produtos secundários tais como malonaldeído e 4-hidroxinonal que são também altamente tóxicos. Os produtos de oxidação secundária são os responsáveis pelo desenvolvimento de sabor e odor de ranço (SHAHIDI, 1998).

Os produtos da quebra da reação a partir de hidroperóxidos são carbonilas, cetonas, aldeídos, hidrocarbonetos, álcoois, ácidos carboxílicos e outros e são de baixo peso molecular. Em experimento realizado em laboratório observou-se que durante a oxidação de óleos ricos em ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) do tipo ômega-3 grandes quantidades de propanal foram formados. Os produtos da quebra de hidroperóxidos, como álcoois, aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos geralmente possuem intenso aroma desagradável (SHAHIDI, 1995; WARTHESEN; MUEHLENKAMP, 1997).

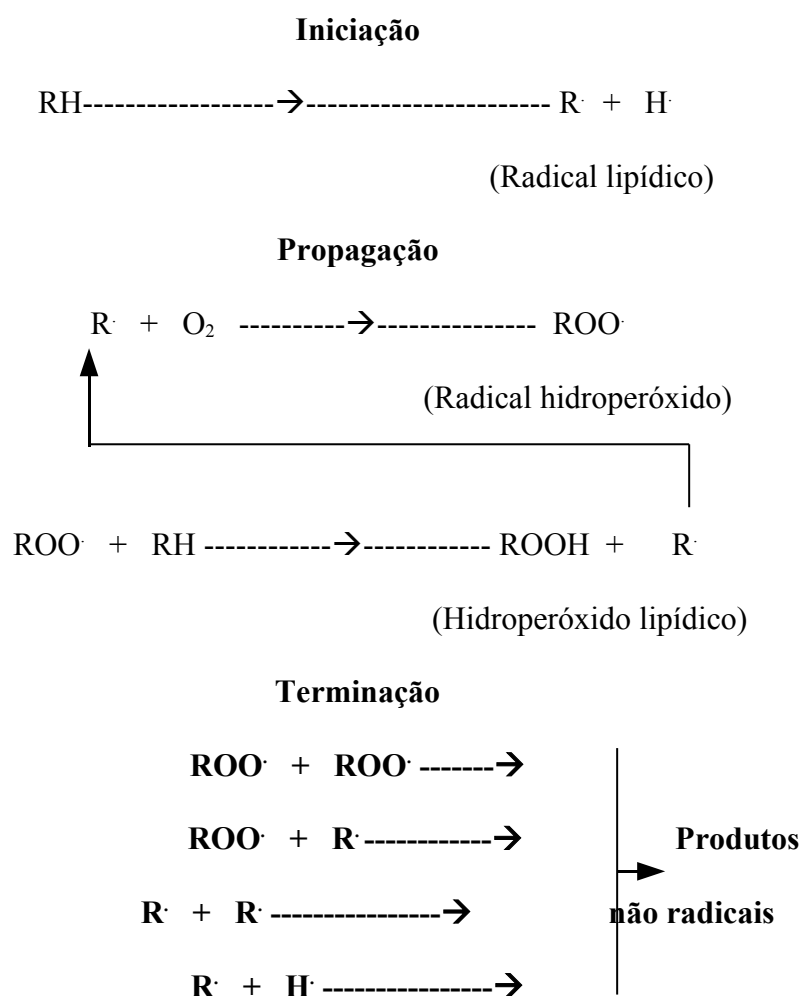


Figura 4 Mecanismo da auto-oxidação de lipídeos

O grau de auto-oxidação depende de vários fatores: a) o grau de insaturação: quanto maior, aumenta o grau de oxidação; b) temperatura: quanto maior, aumenta o grau de oxidação; c) luz: acelera a velocidade de formação de peróxidos e o teor de decomposição destes; d) umidade: pode acelerar ou retardar a auto-oxidação dependendo de outros fatores; e) metais e seus sais: também promovem um aumento na velocidade de auto-oxidação (KAI;

MORAIS, 1988).

Quanto às medidas de rancidez oxidativa, são utilizados o valor ou índice de peróxidos (IP) e o teste do ácido tiobarbitúrico (TBA). A rancidez oxidativa é uma alteração muito complexa, na qual o oxigênio reage primeiro com os ácidos graxos de cadeia insaturada e as gorduras produzindo hidroperóxidos os quais catalisam a degradação de certas substâncias aparecendo outras que conferem ao produto um sabor de ranço (CONNELL 1978; OGAWA; OGAWA, 1999).

O índice de peróxidos é uma medida do primeiro estado de rancidez oxidativa e o valor do ácido tiobarbitúrico do segundo, mas infelizmente não se tem uma total correlação destes valores com as impressões sensoriais de rancidez. O que se pode afirmar é que se o índice de peróxido é maior de 10-20 mEq/kg e o TBA superior a 1-2 mg de aldeído malônico/kg, o peixe provavelmente terá odor e sabor de ranço (CONNELL, 1978; OGAWA; OGAWA, 1999).

De acordo com Jesus e Miranda (1995), ao analisarem amostras de óleo de mapará salgado-seco, encontraram grau de acidez e índice de peróxido superiores aos valores máximos permitidos pela legislação desde o início do experimento. Isto se deve provavelmente ao cloreto de sódio, pois o mesmo acelera marcadamente a peroxidação através da ação catalítica dos metais presentes em sua composição, principalmente quando se trata de sal grosso.

Como forma de evitar as reações de oxidação por bloqueio dos radicais livres pode-se usar aditivos com esta ação, entre eles o ter-butil hidroquinona (TBHQ), butil-hidroxianisol (BHA), Butil-hidroxitolueno (BHT) e eritorbato sódico. Outra forma de controlar o problema consiste em bloquear os metais que atuam como aceleradores das reações de oxidação mediante a adição de EDTA (ácido etilenodiamintetracético), ácido cítrico e tripolifosfato sódico (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

2.2.3 Alteração microbiana

Os músculos dos animais saudáveis são estéreis e a possibilidade de invasão do tecido dos pescados por microrganismos é muito limitada durante a fusão do gelo. Neste sentido, durante o armazenamento a 2°C, perde-se pouco dos odores e sabores característicos do pescado fresco, apresentando um estado neutro e suave sofrendo poucas variações durante um armazenamento total de 24 semanas (DAVIS, 1999).

A microbiota sofre influência de bactérias terrestres devido serem transportadas pelos rios e particularmente a água costeira mostra uma quantidade maior de bactérias comparando-se com águas profundas e de alto mar (OGAWA, 1999).

O pescado recém capturado apresenta uma microflora natural relativamente uniforme, composta principalmente de bactérias psicrófilas e psicrotróficas, que agem a temperaturas inferiores a 20°C. Destacam-se: *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Moraxella*, *Acinetobacter* e *flavobacterium*. Também são encontrados com frequência *Vibrio parahaemolyticu* e *Clostridium botulinum* do tipo E (KAI; MORAIS, 1988).

Quando o pescado é capturado o número de bactérias aumenta devido à contaminação a bordo chegando a atingir 10^5 a 10^6 /cm². A lavagem com água do mar reduz este número para 1/3 a 1/10 (OGAWA, 1999).

O *flavor* próprio da alteração é resultado da ação bacteriana das “extrativas”, moléculas relativamente pequenas e hidrossolúveis dos tecidos do pescado, em especial os constituintes de nitrogênio não protéico. São fundamentalmente aminoácidos, peptídeos pequenos e nos pescados marinhos, óxido de trimetilamina (TMAO). A degradação protéica não adiciona odores nem sabores significativos ao pescado até que a degradação esteja muito avançada, no entanto a desnaturação causada por outros microrganismos pode provocar um amolecimento da textura (DAVIS, 1999).

2.3 PRODUTOS PESQUEIROS REESTRUTURADOS

Os produtos pesqueiros reestruturados têm surgido pela necessidade de se utilizar espécies de pescado sem valor comercial e/ou para aproveitar os recortes do filetado e sobras do postejamento das espécies comercializáveis. As bases desta nova indústria são técnicas japonesas nas quais se processa o músculo do pescado para obter produtos de diversas formas e aparência, e textura que podem imitar as características de produtos naturais (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

Os reestruturados são produzidos fundamentalmente de *surimi*, mas dado ao seu baixo rendimento, tende-se a utilizar músculo sem lavar ou ligeiramente lavado sem refinar. No entanto, é necessária a incorporação de determinados geleificantes ou coadjuvantes da geleificação, hidrocolóides e proteínas para melhorar as propriedades funcionais do músculo (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

O preparo de concentrados protéicos de peixe para consumo humano apresenta problemas técnicos consideráveis, uma vez que o peixe se deteriora muito rapidamente e desenvolve odores e sabores difíceis de serem removidos, além da perda de propriedades funcionais das proteínas. (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

2.3.1 Produtos formados pela reestruturação de pedaços de filé

Os produtos formados pela reestruturação de pedaços de filé são compostos por porções de músculo de pescado que não tenham perdido sua estrutura e miótomos e que se extraem cortando-os de blocos de filé. Os blocos de filé que dão origem a este produto são porções paralelepílicas de aproximadamente 10 kg armazenados congelados. Os blocos são denominados de “pin out” (sem espinhas) e são formados a partir de pedaços de pescados que tenham sido tratados previamente com fosfato, para favorecer a extração da proteína solubilizada e aumentar a coesividade (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

Uma modalidade nova e interessante é o modelado a alta pressão de porções de blocos congelados Cheftel, (1992) *apud* Borderias; Mateos (1996). Segundo este procedimento se introduz na máquina porções de “pin out” a -10°C / -15°C dependendo do equipamento usado. Cada porção é submetida à alta pressão (2.000 bares), por que o ponto de fusão se modifica e o produto se descongela ainda estando a esta temperatura, neste estado a porção passa a um molde e toma a forma desejada. Depois se elimina a pressão e o produto volta a endurecer por congelamento instantâneo, ao voltar a pressão atmosférica.

2.3.2 Produtos formados por reestruturação de pescado picado sem formação de gel

A maioria das técnicas de separação está baseada na extrusão do músculo, a partir dos pescados descabeçados e eviscerados, através de placas perfuradas separando pele e espinhas.

No caso das pequenas espécies pelágicas o tamanho do orifício aconselhado pela maioria dos autores é de 2 ou 3 mm, já que se forem menores originam-se alterações irreversíveis na capacidade de retenção de água e aumenta o risco de degradação protéica durante a conservação no estado congelado. Para espécies magras de maior tamanho, o orifício de 4 mm é o ideal (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

Nem sempre se lava o pescado picado; somente no caso de músculos com muita gordura, cor e sabor acentuados. Segundo alguns autores a lavagem com água fria pode eliminar até 80% da gordura, se for adicionado à água bicarbonato de sódio a remoção é ainda maior. Outros autores recomendam lavar duas vezes a primeira com bicarbonato de sódio a 3% e cloreto de sódio a 1%, e a segunda somente com água (BORDERIAS; MATEOS 1996).

Segundo Ogawa; Ogawa (1999), a resistência da carne de qualquer espécie de peixe ao congelamento, no que se refere à estabilidade da capacidade de formação de gel, é reduzida pela lavagem em água. Porém, para alguns gadídeos como “Alaska Pollack”, a lavagem permite uma maior estabilidade durante a estocagem congelada, uma vez que, elimina substâncias que aceleram a desnaturação protéica como o formaldeído e compostos oxidados provenientes de lípídeos. Portanto, o processo de lavagem é feito para eliminar substâncias que favoreçam a desnaturação inclusive enzimas mesmo comprometendo a formação de gel.

Segundo Borderias e Mateos (1996) a necessidade de lavá-los deve ser devidamente considerada especialmente em países onde a cor escura e o sabor forte do pescado não parecem ser fator negativo em determinados produtos; pelo contrario, com a lavagem ocasiona-se uma perda considerável de proteínas e outras substâncias solúveis, que causam prejuízos para o valor alimentício e na maioria das vezes criam problemas de contaminação.

No caso do músculo picado que não vai ser utilizado de imediato na elaboração de produto final, a técnica mais utilizada para conservação é o congelamento e o armazenamento em estado congelado. A maioria dos tecnólogos recomenda para práticas comerciais temperaturas abaixo de -18°C (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

2.3.3 Produtos fabricados a partir da geleificação da proteína miofibrilar

Os produtos fabricados a partir de pescado gelificado se conseguem a partir de pescado picado, ou ligeiramente lavado ou a partir de surimi (palavra japonesa que significa

músculo de pescado picado). No caso de se utilizar pescado picado, devido ao menor poder geleificante, deve-se utilizar uma série de ingredientes, como hidrocolóides e proteínas não musculares que reforcem a capacidade de formar gel. De todas as formas é mais geral a utilização de surimi, por ser mais refinado que as demais (BORDERIAS; MATEOS, 1996).

A adição de açúcares como sacarose, sorbitol, glucose etc. atuam prevenindo a desnaturação pelo congelamento, entretanto polissacarídeos não apresentam o mesmo efeito. Além de açúcares podem ser utilizados aminoácidos de caráter ácido como glutâmico e aspártico e os que possuem radicais-SH, como cisteína, glutatona e ainda alguns ácidos dicarboxílicos e oxi-ácidos (OGAWA; OGAWA, 1999).

Segundo OGAWA; OGAWA (1999), os sais polimerizados desempenham as seguintes funções: aumentar a capacidade de retenção de umidade da pasta; acelerar a peptização das proteínas miofibrilares; controlar o pH e aumentar a consistência da textura do “kamaboko” (espécie de gel de pescado quase insípido utilizado na cozinha japonesa). Completa-se a referida formulação com o éster glicerina-ácido graxo, que emulsifica a pasta o que acarreta a formação de cristais de gelo de menor tamanho durante o congelamento, melhor coloração e textura macia do produto.

O surimi tem principalmente duas propriedades: a capacidade de formação de gel que permite adquirir uma gama variada de textura e a capacidade de conservação durante longos períodos em estado congelado devido à ação de crioprotetores sobre as proteínas (CÂNDIDO NOGUEIRA; SGARBIEIRI, 1998).

2.4 QUÍMICA DO PESCADO

O músculo do pescado pode conter 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína, 1 a 2% de cinzas, 0,3 a 1% de carboidrato e 0,6 a 36% de lipídios. Este último componente apresenta uma maior variação, em função do tipo de músculo corporal em uma mesma espécie (por exemplo; em atum a carne dorsal apresenta teores de 1 a 2% de lipídios, enquanto a carne abdominal pode alcançar até 20%), sexo, idade, época do ano, habitat e dieta, entre outros fatores (OGAWA; OGAWA, 1999).

O pescado possui uma variável proporção de carne escura (carne sangüínea) no seu corpo, o que não se observa em outros animais. Por exemplo, o percentual médio de músculo

escuro na cavalinha e na sardinha verdadeira é de 12% e de 18% respectivamente. Essa carne mostra-se com menor conteúdo de umidade do que carne branca do pescado, além do que o conteúdo de proteína é consideravelmente mais baixo. Ao contrário, o conteúdo de lipídios mostra-se mais alto. Cinzas quase não apresentam diferenças nos dois tipos de carne, porém o conteúdo de Fe, S, e Cu são mais altos na carne sangüínea. A carne escura também é rica em pigmentos musculares e tecidos conectivos (OGAWA; OGAWA, 1999; FENNEMA, 2000).

2.5 CARNE MECANICAMENTE SEPARADA (CMS).

Uma parte significativa da carne do pescado é perdida após a filetagem por impossibilidade da sua separação manual das carcaças. Soma-se a isso a existência, em toda pesca industrial, de fauna acompanhante, muitas vezes simplesmente descartada por baixo valor comercial, e que pode ser aproveitada (QUEIROZ, 2004).

A grande inovação tecnológica para recuperação da carne residual das carcaças e o aproveitamento da fauna acompanhante foram o aparecimento de equipamentos capazes de separar o material agregado as espinhas com facilidade. O Ministério da Agricultura considera Carne Mecanicamente Separada (CMS), a carne retirada a partir dos ossos, carcaças ou partes de carcaças, submetida à separação mecânica em equipamentos especiais – Máquina de Separação Mecânica (MSM) – e imediatamente congelada por processos rápidos ou ultra-rápidos (ALAOR, 1994).

De acordo com o Codex Alimentarius, a CMS ou “minced fish” é definido como produto obtido a partir de uma única espécie ou mistura de espécies de peixe com características sensoriais similares, submetidos a processo de separação mecânica, resultando em partículas de músculo esquelético isentas de ossos, vísceras e pele (FAO/WHO, 1994).

Segundo Alaor (1994), é possível obter até 80% do peso das carcaças após a filetagem, de carne mecanicamente separada.

A tecnologia da fabricação de polpa de pescado desenvolvida no Japão permite a sua produção em larga escala, devido ao suprimento estável de matéria-prima e fontes abundantes de espécies de baixo valor comercial, além de ser um ingrediente altamente funcional, de boa qualidade nutricional e apresentando longa vida de prateleira sob congelamento (SIMÕES et al, 2004).

2.6 LIPÍDEOS FUNCIONAIS DO PESCADO

A palavra “lipídio” é derivada do grego *lipos*, que significa gordura. Do ponto de vista químico, a definição de lipídio relaciona-se com a solubilidade em meio apolar, englobando diversas substâncias extraíveis por solventes apolares, tais como éter, hexano, clorofórmio, etc. Genericamente, a estrutura fundamental dos lipídios é composta de ácidos graxos ou estruturas diretamente a eles relacionadas (GRAZIOLA; SOLIS e CURI, 2002).

Os processos metodológicos utilizados em sucessivos anos, na busca do conhecimento aprofundado dos lipídeos em geral, e mais particularmente dos ácidos graxos, já permitiam por volta de 1980, observar inter-relações entre estruturas e efeitos biológicos, de tal modo que era possível saber que, do ponto de vista bioquímico, era mais importante considerar o papel que ocorria próximo do grupamento metila do extremo da cadeia de carbonos, do que se fixar no grupo carboxila da outra ponta, considerada a inicial.

Essa observação levou a proposta de que a numeração dos carbonos da cadeia, até então feita a partir da carboxila, tivesse como ponto de referência o grupamento metila do carbono terminal, denominado ômega (ω – última letra do alfabeto grego). Assim, quando a primeira insaturação ocorresse entre os carbonos 3 e 4, contados a partir de ômega, teríamos um composto da família ω -3; seria da família ω -6 quando ocorresse entre carbonos 6 e 7, e finalmente, da família ω -9 quando ocorresse entre os carbonos 9 e 10 (BELDA e POURCHET-CAMPOS, 1991; NELSON; COX, 2002; PEREDA et al, 2005).

A partir dos ácidos graxos saturados formam-se os monoinsaturados, no fígado, através de reação catalisada por dessaturases microssomais. Dos monoinsaturados se originam os poliinsaturados por ação de dessaturases específicas para posição de ligação dupla na cadeia. Como os animais possuem apenas uma dessaturase, a delta-9, eles só têm condições de sintetizar o ácido oléico ou sua família ω -9, impossibilitados de produzir endogenamente as famílias ω -3 e ω -6 que, por isso são considerados essenciais na alimentação (BELDA e POURCHET-CAMPOS, 1991; INHAMUNS, 2000; POMPÉIA, 2002).

A essencialidade dos ácidos graxos tem dois requisitos: ser imprescindível ao organismo e não poder ser sintetizado pelo mesmo. Assim, os ácidos graxos essenciais compõem uma classe de moléculas que não podem ser geradas pelo organismo, mas que são necessárias ao seu funcionamento (POMPÉIA, 2002).

Segundo Pompéia (2002), após a década de 1980 é que se descobriu a necessidade dos ω -3 na dieta, para evitar principalmente distúrbios neurológicos e visuais, tais ácidos graxos estão também implicados no funcionamento de diversos órgãos e sistemas, basicamente pela sua conversão em eicosanóides, mediadores lipídicos farmacológicos que incluem, entre outros, as prostaglandinas (PG), os leucotrienos (LT), as tromboxanas (TX) e as lipoxinas (LX).

As prostaglandinas, que funcionam como verdadeiros hormônios já que permeiam eventos biológicos em células distantes, são originadas dos ácidos araquidônicos (AA), eicosapentaenóico (EPA) e do gama-linolênico. A partir de AA e EPA, respectivamente, as plaquetas produzem estruturas chamadas de tromboxanas A_2 (TXA₂) e A_3 (TXA₃) (NELSON; COX, 2002).

A TXA₂ estimula a vasoconstrição e a agregação plaquetária e a TXA₃ é farmacologicamente inativa, mas responsável pelo processo de coagulação quando a concentração de oxigênio aumenta. Todavia o enriquecimento de fosfolípido plaquetário *in vitro* com EPA e DHA resultou em uma inibição seletiva da função receptora de tromboxanas A_2 e prostaglandinas H_2 (SWANN et al, 1990).

Os ácidos graxos têm importante papel no tecido biológico, pois como constituintes lipídicos das membranas celulares, influenciam diretamente certas propriedades tais como, integridade, fluidificação, permeabilidade e atividade de ligação enzima-membrana. De acordo com o tipo de ácido graxo consumido, importantes implicações para o coração humano podem ser geradas, principalmente no que se referem às concentrações de lipídios no plasma e ao risco de doenças cardiovasculares. Numerosos estudos em animais, investigações epidemiológicas e triagens clínicas têm mostrado que os AGPI ω 3 são importantes para as funções biológicas normais, além de regular o metabolismo das prostaglandinas e reduzir o nível de triacilgliceróis (INHAMUNS, 2000; SUÁREZ-MAHECHA et al, 2002).

Contudo Pizato *et al* (2006), reportam o efeito do óleo de peixe em dietas de ratos, cujo aumento de EPA e DHA inibem a proliferação de células-T e regulação de macrófagos citotóxicos em tumores precoces, com reflexo direto na regulação da expressão gênica, pois estimulam a produção do fator de necrose tumoral, suprimindo a carcinogênese.

A razão dos eicosanóides da família ω -6 e ω -3 indica um valor 4,5: 1 tido como ideal para o equilíbrio desses ácidos em humanos, ou seja, cerca de cinco vezes mais ω -6 que ω -3. Todavia em nossa sociedade essa razão é de 12-15:1 de mostrando uma falta de consumo de

ω -3 (NELSON; COX, 2002). Segundo Pompéia (2002), devido à competição dos ácidos graxos por dessaturases, sugere-se, numa dieta ideal, uma fração maior de ácido graxo ω -6 do que ω -3, havendo controvérsia entre autores quanto a proporção ideal, que varia de 4:1 a 14:1.

A *Food and Agriculture Organization* (FAO) e a *World Health Organization* (WHO) recomendam desde 1994 que devemos ingerir 3% de ácidos graxos essenciais, principalmente n-3 e n-6, com base na energia total consumida de 3.000 calorias/dia. Porém, o mais importante é que o consumo de n-3 e n-6 deve ser balanceado, onde a relação ω -3/ ω -6 deve ser de 0,2. Esta proporção foi definida pelos pesquisadores da FAO/WHO com base na dieta da população de Okinawa, Japão (FAO/WHO, 1994; PARK; KOO; CARVALHO, 1997).

Nos últimos anos tem aumentado a popularidade dos produtos do mar. Entretanto os peixes e os mariscos tem sido uma importante fonte de proteínas e lipídeos de origem animal desde o começo da civilização. Tem gerado, no entanto, particular interesse os lipídeos marinhos que tem altas concentrações de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) Omega-3 de cadeia longa. Esse interesse surge da observação da dieta dos esquimós da Groenlândia que se baseia principalmente no pescado e na carne de foca. Apesar do alto conteúdo de gordura da dieta dos esquimós, a incidência de enfermidades cardiovasculares (ECV) é consideravelmente menor que da população dinamarquesa, lembrando também o caso do Japão, no qual houve baixa incidência de desordens cardiovasculares enquanto foi elevado o consumo de peixe, condição perdida com a ocidentalização dos hábitos alimentares (BELDA e POURCHET-CAMPOS, 1991; SHAHIDI, 1998).

Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa n-3 são característicos de peixes marinhos gordos e ocorrem geralmente nos triacilgliceróis (TG) e nos fosfolipídeos (PL) dos peixes. Os efeitos benéficos dos lipídios marinhos são atribuídos quase que exclusivamente aos ácidos graxos n-3 eicosapentaenóico (EPA) e ao docosahexaenóico (DHA), são atribuídos a eles vários efeitos benéficos a saúde humana, incluindo a prevenção de doenças cardiovasculares, no sistema vascular e homeostático, no cérebro, retina e outros tecidos corporais, pois são considerados de grande importância no metabolismo, exercendo funções biológicas específicas. Badolato *et al.* (1991), ainda cita estudos relacionados com processos antiinflamatórios e fortalecimento do sistema imunológico, principalmente nos casos de asma e artrite reumatóide. Isto emergiu em fortes demandas para seus concentrados para indústria farmacêutica assim como a indústria de alimentos na forma de suplemento.

Estes ácidos graxos se formam em fitoplâncton unicelular, zooplâncton e nas algas marinhas multicelulares e percorrem a cadeia alimentar até sua incorporação ao organismo dos peixes e outras espécies marinhas que ocupam as escalas mais altas da cadeia alimentar. Tem-se sugerido que o alto conteúdo de ácidos graxos ômega-3 dos lipídeos marinhos é uma consequência da adaptação as temperaturas frias, já que os AGPI ômega-3 permanecem líquidos em baixas temperaturas e não tem tendência a cristalizar (BELDA; POURCHET-CAMPOS, 1991; SHAHIDI, 1998; NELSON; COX, 2002; SUÁREZ-MAHECHA et al, 2002).

As algas vermelhas e pardas contém altas concentrações de ácidos graxos C20:4 ω 6 e C20:5 ω 3 e as algas verdes possuem quantidades elevadas de ácidos graxos C18:3 ω 3 e C18:4 ω 3. O conteúdo de C20:5 ω 3 em *Porphyra temera* e *P. Yezoensis*, utilizadas como alimento no Japão, atinge até mais de 50% do total de ácidos graxos insaturados (SAMPAIO; SAKER-SAMPAIO, 1999).

Por sua vez, a diferença entre óleos e gorduras é definida a partir do ponto de fusão, classificando-se como óleo quando esta temperatura encontra-se abaixo de 20°C e como gordura quando está acima de 20°C. Esta propriedade física esta fortemente condicionada ao arranjo espacial dos ácidos graxos, a qual confere maior ou menos estabilidade às agregações lipídicas, dependendo do tipo de isomeria *cis-trans* apresentada pelo composto. Além disso, o grau de insaturação e o comprimento da cadeia hidrocarbônica também influenciam esta característica física. A configuração *cis* apresenta uma cadeia hidrocarbonada fortemente dobrada, que permite arranjos menos estáveis e requerem menores quantidades de energia para o rompimento das ligações químicas, e conseqüentemente possuem o ponto de fusão mais baixo. Na configuração *trans*, a cadeia hidrocarbonada mantém-se praticamente linear permitindo a formação de grupamentos quase cristalinos e com pontos de fusão mais elevados (NELSON; COX, 2002; PEREDA et al, 2005).

2.7 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

2.7.1 Extração com dióxido de carbono supercrítico.

Este processo é uma técnica que explora o poder de solubilização dos agentes de extração, a temperaturas e pressões acima do ponto crítico destes e consiste, basicamente, em duas etapas: extração e separação. Na etapa de extração, a matéria-prima é colocada em contato com o agente extractante (solvente), a pressão e temperatura acima do seu ponto crítico. Na etapa de separação o agente extractante é separado do extrato por redução de pressão (MORAES, 2000).

A extração de óleo convencional utiliza solvente orgânico (hexano) e consiste basicamente nas seguintes etapas: desintegração mecânica, prensagem e extração com solvente a altas temperaturas. Os resíduos de solvente inerente à extração convencional têm se tornado cada vez mais inaceitáveis para produtos básicos usados para o consumo humano (ARAÚJO; MEIRELES, 1998).

O dióxido de carbono (CO_2) é o fluido supercrítico mais investigado como solvente, por ser de baixo custo, atóxico, não inflamável, obtido com abundância e com alta pureza. Possui uma temperatura e pressão crítica baixas ($T_c=31,1^\circ\text{C}$ e $P_c=72\text{-}74$ bar), sendo, portanto o solvente ideal para a área de extração, refino e fracionamento de óleos e gorduras (McHUGH; KRUKONIS, 1986; ARAÚJO; MEIRELES, 1998; SIHVONEN et al., 1999; RAVENTÓS; DUARTE; ALARCÓN, 2002).

Assim sendo, fluidos supercríticos vêm adquirindo ampla utilidade em muitos processos e aplicações industriais como descafeinização do café, investigações a nível laboratorial, tais como extração de princípios ativos de produtos naturais (alcalóides) e encapsulamento de produtos quimioterapêuticos por cristalização a partir de mistura supercríticas e/ou a utilização de fluido supercrítico como anti-solvente (MOHAMED, 1997).

Segundo Brunner (2005), novas técnicas de fluidos supercríticos com separações cromatográficas contínua incluem a caracterização de compostos de pouca duração com extensas mudanças de volatilidade e polaridade podendo separá-los em uma simples corrida, como os enantiômeros.

2.7.2 Cromatografia gasosa

O cromatógrafo gasoso é um instrumento analítico que fornece um método simples, rápido, sensível, e acurado para a separação, identificação e determinação de compostos. Um gás de arraste, inerte de alta pureza, é enviado via controlador de fluxo ao injetor. A amostra seja sólida, líquida ou em solução, é vaporizada no injetor aquecido e empurrada para a coluna sem qualquer modificação no fluxo do gás de arraste. O processo de separação ocorre sob condições controladas da temperatura freqüentemente isotérmica ou em um programa linear de temperatura onde o efluente da coluna alcança um detector termostatzado. O sinal enviado pelo detector é convertido em voltagem analógica, através de um amplificador e é registrado como uma função do tempo por um registrador potenciométrico (MAIA, 1982).

Em uma análise cromatográfica de lipídios o objetivo é a completa separação das classes de lipídios e espécies moleculares com o propósito de quantificar seus componentes e permitir a identificação por uma técnica adequada. Considerando que extratos de solventes orgânicos contêm misturas complexas de lipídios, diferindo em peso molecular, insaturação e em número e tipos de grupos funcionais, não há um método analítico isolado que seja capaz de identificar e quantificar todas as espécies de lipídios. Comumente os ácidos graxos em alimentos são analisados através de cromatografia gasosa de seus ésteres metílicos (FAMEs - *fatty acid methyl esters*) detectados por ionização em chama (INHAMUNS, 2000).

2.8 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Segundo Silva (2005), um experimento constitui-se em uma série de testes na qual são realizadas propositalmente variações nos parâmetros de controle do processo ou de uma operação industrial, com o objetivo de observar e identificar as variações na resposta.

Um dos problemas mais comuns que um experimentador pode enfrentar é a determinação da influência de uma ou mais variáveis sobre uma outra variável de interesse. Mediante um planejamento de um experimento é possível determinar quais são os fatores e as respostas de interesse para o sistema que se deseja estudar. Os fatores, isto é, as variáveis controladas pelo experimentador, tanto podem ser qualitativas como quantitativas. Dependendo do problema, pode haver mais de uma resposta de interesse (NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1995).

De acordo com Silva (2005), através de experimentos estatisticamente planejados pode-se determinar: quais as variáveis, ou fatores, do processo são mais influentes no (s) parâmetro (s) de resposta de interesse, o qual se constitui na variável independente; os níveis de ajuste das variáveis do processo influentes na resposta, de modo que a variabilidade do parâmetro de resposta seja mínima; os níveis de ajuste das variáveis do processo, de modo que o valor do resultado seja próximo do valor nominal; os níveis de ajuste das variáveis influentes na resposta, de modo que o efeito das variáveis não controláveis seja reduzido, ou seja, é possível identificar e quantificar a influência das variáveis individuais e/ou combinadas sobre as variáveis de resposta, descartando assim as variáveis de menor significância.

Segundo Box; Hunter; Hunter (1978), os métodos estatísticos suavizam as dificuldades na determinação do erro experimental. Duas das técnicas de planejamento de experimentos são utilizadas: os experimentos fatoriais completos e os experimentos fatoriais fracionários. Os planejamentos fatoriais completos são especialmente utilizados quando se deseja estudar o efeito nas variáveis de resposta, da combinação de vários fatores de controle. Um caso de projeto fatorial completo é o 2^k , onde k representa o número de variáveis, ou fatores, e o 2 o número de níveis, ou valores e qualidade que estas k variáveis podem assumir.

As variáveis independentes nos projetos fatoriais em dois níveis são codificadas para facilitar a construção dos projetos experimentais. A codificação adimensionaliza as variáveis, deixa os eixos ortogonais em k dimensões e ainda define todas as variáveis em uma mesma métrica. Existem ainda vantagens adicionais quando se trabalha com variáveis codificadas e contínuas, como por exemplo, a possibilidade de se ajustar modelos de primeira ordem. As variáveis codificadas proporcionam facilidade computacional, com o aumento da exatidão na estimativa dos coeficientes do modelo e facilidade de interpretação dos mesmos, pois todas as variáveis estão sendo estudadas dentro de um mesmo intervalo (KHURI; CORNEL, 1987).

Métodos estatísticos têm sido muito utilizados para o beneficiamento de produtos naturais, que consta de vários processos e operações unitárias. O emprego de métodos estatísticos permite a redução do número de experimentos a realizar e da determinação do erro experimental (FARIA; COSTA, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima utilizada neste trabalho é constituída dos resíduos da filetagem e posteamento da indústria de pesca gerando como produto o “medalhão de peixe”.

O “medalhão de peixe” foi elaborado nos dias 14 e 15 de novembro de 2005, a partir de carne mecanicamente separada (CMS) da pescada amarela e do rosado, utilizando uma desossadora mecânica instalada na Indústria de Pesca ECOMAR, localizada no município de Vigia no Estado do Pará – Brasil, que foi parceira deste trabalho fornecendo matéria-prima, permitindo a utilização dos seus equipamentos, mão de obra qualificada e a mistura de condimentos para a elaboração do produto destinado exclusivamente ao experimento.

3.1.1 Componentes da formulação do “medalhão de peixe”

- Carne de peixe mecanicamente separada (CMS)
- Glutamato monossódico
- Óleo de soja
- Cloreto de sódio
- Vinagre branco
- Açúcar refinado
- Eritorbato de sódio (sais da vitamina C)
- Proteína de soja texturizada (PTS)
- Corante natural (urucum)
- Água para reconstituição PTS
- Aldeídos aromatizantes
- Tripolifosfato de sódio

3.1.2 Preparação do “medalhão de peixe”

As partes comestíveis não comercializadas das duas espécies de peixes envolvidas no trabalho foram congeladas e armazenadas a -18°C para posteriormente serem processadas em equipamento apropriado para desossa mecânica do músculo, separando pele, ossos e espinhas, como mostra a Figura 5 e 6. Em seguida, a CMS foi homogeneizada com uma mistura de

condimentos, elaborada pela empresa. Obedecendo a seqüência, cada produto obtido foi embutido, com bomba de enchimento contínuo para pastas, em “tripas” de polímero, com diâmetro de um hambúrguer comercial (9,5cm), e mantido imerso em gelo fundente até posterior congelamento, em túnel de congelamento por ar forçado, a -18°C (ver Figura 7). Após esta fase os “medalhões de peixe” elaborados em forma de bastão foram serrados com serra fita de porcionamento (formadora de medalhões), com espessura em torno de 10 mm, foram embalados em sacos plásticos através de máquina envelopadeira (embalagem higienizada) e identificados. Em seguida, acondicionados em caixas isotérmicas e levadas ao Laboratório de Engenharia Química/Departamento de Engenharia Química e de Alimentos/Centro Tecnológico/Universidade Federal do Pará, onde foram feitas as análises. No Sub-Laboratório de Carnes, os “medalhões de peixe” foram armazenados a -18°C , até o momento das análises e demais procedimentos experimentais.

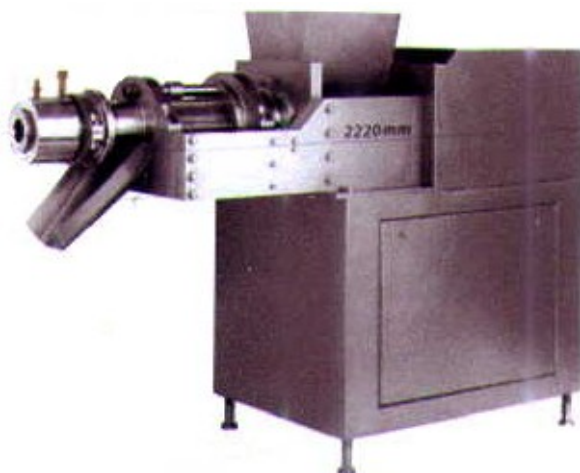


Figura 5 Desossadora mecânica

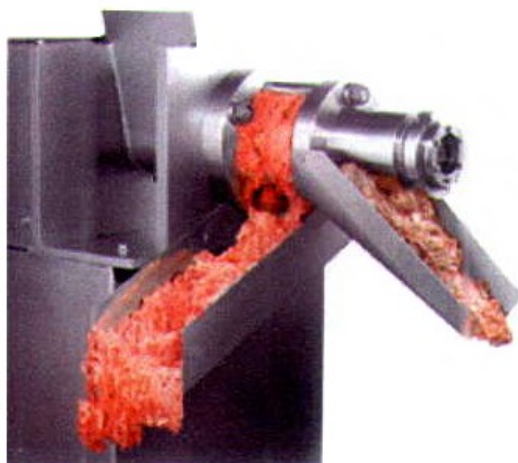


Figura 6 Detalhe do CMS e Resíduo

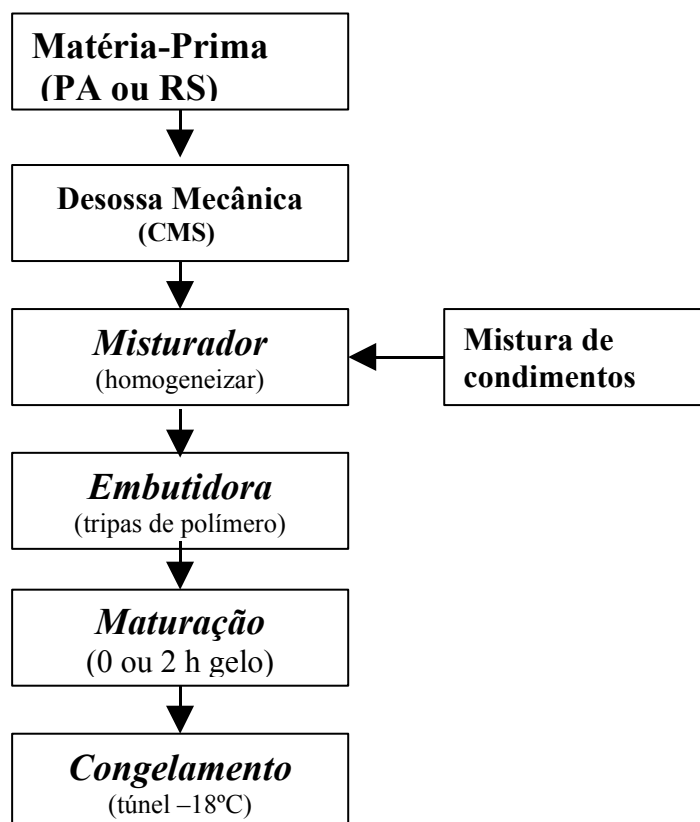


Figura 7 Fluxograma simplificado da elaboração do “medalhão de peixe” de pescada amarela (PA) ou rosado (RS) com maturação (0 e 2h) em gelo fundente.

3.1.3 Parâmetros qualitativos analisados

Os parâmetros qualitativos analisados são “espécies de peixes” utilizadas na produção da CMS (Pescada Amarela e Rosado) e “tempo de maturação” (zero e duas horas).

3.1.3.1 Espécies de peixes utilizadas na produção da CMS

A escolha das espécies Pescada Amarela e Rosado se deu em virtude da disponibilidade das mesmas na época de elaboração deste trabalho.

3.1.3.2 Tempo de maturação

O tempo de maturação do “medalhão de peixe” é outro fator a ser estudado e está diretamente relacionado com a textura e aceitabilidade do produto.

A carne mecanicamente separada (CMS) foi submetida a dois tipos de pré-tratamento, com duas horas de maturação (CM) e sem maturação (SM).

O pré-tratamento CM consiste em permanecer com o “medalhão de peixe” embutido em gelo fundente (0 a 3°C) durante duas horas antes de levá-lo ao túnel de congelamento. O pré-tratamento SM consiste em levar o “medalhão de peixe” imediatamente após o embutimento para o túnel de congelamento.

3.2 ANÁLISES REALIZADAS NO “MEDALHÃO DE PEIXE”

3.2.1 Caracterização físico-química

Para facilitar o fracionamento das amostras os “medalhões de peixe” foram triturados em “cutter” durante cerca de 10 segundos e acondicionados em frascos plásticos com tampa rosqueada.

3.2.1.1 Lipídios totais

Foram determinados segundo o método Soxhlet, utilizando-se equipamento extrator de lipídios TECNAL, e com solvente extrator éter de petróleo, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1987);

3.2.1.2 Proteína

O nitrogênio total foi determinado utilizando aparelho de destilação da marca TECNAL, através, pelo método Kjeldahl, e conversão em proteína multiplicando o valor obtida pelo fator 6,25, de acordo com AOAC (2002);

3.2.1.3 Umidade

As determinações de umidade foram feitas por perda de peso da amostra realizadas em estufa QUIMS, aquecida a 105°C, até peso constante de acordo com AOAC (2002);

3.2.1.4 Cinzas

Foram determinadas por incineração da matéria-orgânica, em forno mufla QUIMS a 550 °C, até peso constante, de acordo com AOAC (2002);

3.2.2 Avaliação das alterações de cor por colorimetria

A avaliação da cor foi feita utilizando colorímetro MINOLTA modelo CR 310, previamente calibrado para fonte iluminadora C65, obtendo-se os parâmetros de L (luminosidade), a (intensidade do vermelho) e b (intensidade do amarelo). As amostras utilizadas nesta análise foram “medalhões de peixe” congelados.

3.2.3 Preparo das amostras do “medalhão de peixe” para avaliação oxidativa

3.2.3.1 Secagem das amostras

As amostras de “medalhão de peixe” foram descongeladas a temperatura ambiente, espalhadas em bandejas e levadas a uma estufa (SOC. FABBE Mod 170) com recirculação de ar forçada à 60°C, onde permaneceram até atingir umidade inferior a 7%. As amostras secas foram piladas, embaladas a vácuo e armazenadas a – 18°C, devidamente identificadas, até o momento da extração do óleo com CO₂ pressurizado.

3.2.3.2 Descrição da extração do óleo com CO₂-Supercrítico

A extração do óleo do “medalhão de peixe” foi feita, utilizando uma Planta de Extração com Fluido Supercrítico em escala piloto, existente no sub-laboratório de Operações de Separação (LAOS)/DEQAL/UFPA, já descrita em trabalhos anteriores (CORRÊA, 1994). A parte usada é constituída do seguinte: um compressor de membrana (Andreas Hoffer, Mod. MKZ 120-50, Alemanha), com capacidade de elevar a pressão de 100 a 350 bar, a uma vazão de até 2,2 kg/h; um recipiente de aço com capacidade para 1.000 cm³, com camisa de aquecimento (Metalwerkstatt, TUHH, Alemanha), usando como extrator um recipiente de aço inox de 5 cm de diâmetro e 20 cm de altura, removível, usado como separador, um totalizador de volume de gás (Bopp & Reuter Mess-Technik, Alemanha) e uma unidade eletrônica de controle (Elektrowerkstatt, TUHH, Alemanha). Para manter constante a temperatura de operação dentro do extrator, foi usado um banho termostático (Haake Mess-Technik GmbH, Mod. N3, Alemanha). A temperatura do extrator foi medida com um termopar NiCr/Ni (SAB GmbH & Co., Mod. TEM-303, Alemanha), com precisão de $\pm 3^{\circ}\text{C}$, e a pressão, através de um manômetro de Bourdon (Wika Alexander Wiegand GmbH, Mod. 332.30), 0 – 400 bar, Alemanha com precisão de ± 5 bar. Para controlar a vazão do solvente foi usada uma válvula agulha de 1/8 de polegada (Autoclave Engineers, Mod. SW 2081, EUA) envolta em água aquecida a uma temperatura mantida entre 55 e 65°C.

A condição usada na extração foi a seguinte: a pressão mantida em torno de 250 bar e a temperatura em torno de 50°C e vazão do gás mantida entre 0,7 e 0,8 kg/h. Esta temperatura era regulada pela quantidade de água circulando no trocador de calor existente na saída do compressor. A pressão era facilmente ajustada pela válvula de retorno e a vazão de CO₂, pela válvula de controle.

O óleo foi coletado nos recipientes usados como separador, previamente pesados, em intervalos de tempo regulares de 30 minutos até a extração de uma massa de óleo por tubo de 0,5 g de óleo, valor que abaixo do qual se paralisava a extração devido ao baixo rendimento. Cada recipiente coletado foi avaliado em relação a sua acidez através do Índice de Acidez descrito no próximo item 3.2.4.

Os óleos provenientes da extração foram acondicionados em frascos de vidro protegidos da luz, com atmosfera nitrogenada e mantidos a -18°C .

Foram realizadas duas bateladas de extrações, variando o tempo de armazenamento do medalhão de peixe, a primeira foi realizada logo após chegada das amostras ao laboratório e a segunda, após 60 dias de armazenamento à -18°C .

3.2.4 Avaliação oxidativa dos “medalhões de peixe”

A análise para a avaliação da rancidez oxidativa descrita abaixo foi baseada na metodologia descrita pela AOCS (2002).

- Valor de TBA: Este método permite a determinação direta do valor do ácido 2-tiobarbitúrico (valor de TBA) AOCS (Cd 1990) em óleos e gorduras sem o isolamento preliminar de produtos de oxidação secundária. Este método é aplicado para produtos de origem animal e vegetal em óleos, gorduras e ácidos graxos e seus ésteres, ésteres glicólicos parciais e materiais similares. Mede a quantidade de malonaldeído, um dos produtos da degradação lipídica que produz coloração vermelha detectável por espectrofotometria regulada em 530nm.

- Índice de acidez (I.A.): Foi determinado segundo o método preposto pela AOCS (cd-3^a-63, 1977). Este índice é definido como o número de mg de dióxido de potássio 0,1 N necessário para neutralizar os ácidos graxos livres de um grama de amostra. Este índice revela o estado de conservação dos óleos e gorduras, uma vez que com o tempo, pode ocorrer o fenômeno de oxidação como aparecimento de ácidos graxos livres.

3.2.5 Determinação e quantificação dos ácidos graxos

A determinação e quantificação de ácidos graxos por cromatografia gasosa se deram através de seus respectivos ésteres metílicos (FAMES, *fatty acid methyl esters*) os quais foram obtidos segundo Moraes (2000), com as seguintes modificações: catalisador da reação de 0,5 mL de ácido sulfúrico para três gotas de ácido clorídrico, as proporções dos reagentes e o tempo de refluxo.

3.2.5.1 Preparação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos

A transesterificação foi realizada pesando-se 0,5 g de óleo, em um erlenmeyer de 250 mL, adicionando-se 100 mL de álcool metílico e três gotas de ácido clorídrico. Deixando em refluxo por uma hora. Após o refluxo e resfriamento, retirou-se uma alíquota de 6 mL e

adicionou-se a um balão volumétrico de 50 mL contendo 1 mL de hexano e 2 mL de éter etílico. Completou-se o volume com água destilada, retirou-se o sobrenadante transferindo-os para frascos de vidro devidamente pesados, com a devida eliminação do solvente. Ao frasco com os ésteres metílicos concentrado foi adicionado 2 mL do solvente isoctano padrão cromatográfico e transferido para outro frasco com uma pequena alíquota de sulfato de sódio anidro com o objetivo de reter moléculas de H₂O que por ventura tenham acompanhado os ésteres metílicos. Desta solução retirou-se 1µL para injeção no Cromatógrafo Gasoso.

3.2.5.2 Análise da composição em ácidos graxos por cromatografia gasosa.

Os ésteres metílicos dos ácidos graxos foram analisados em cromatógrafo a gás Varian, Mod. CP 3380, equipado com detector de ionização de chama (FID) com injetor manual split/splitless e coluna capilar de sílica fundida Varian CP-SIL 88 (60m x 0,25mm) (Varian – USA), com os seguintes parâmetros de operação: temperatura do detector 250°C; temperatura do injetor 245°C; temperatura da coluna 150°C por 0,5 min. e programada a 4°C por minuto até 170°C; 5°C por minuto até 195°C e 10°C por minuto até 215°C.

3.2.6 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia, pertencente ao Laboratório de Engenharia Química (LEQ)/ Centro Tecnológico / Universidade Federal do Pará. Foram efetuadas as seguintes determinações com suas respectivas unidades: *Coliformes* a 45°C, expresso em número mais provável (NMP), *Salmonella* em padrão de presença ou ausência e *Staphylococcus aureus* em unidades formadoras de colônias (UFC/g), em acordo com a metodologia descrita por Vanderzant; Splittstoesses (1992).

3.2.7 Análise Sensorial

Para se realizar a análise sensorial os medalhões de peixe foram tratados termicamente (fritos) até temperatura $\geq 70^{\circ}\text{C}$ no seu interior, sendo a temperatura monitorada com o auxílio de um termômetro de inserção. Em seguida, as amostras foram cortadas em fatias de igual tamanho e identificadas por números aleatórios de três dígitos.

A análise sensorial feita utilizou o método de aceitação ou preferência, mediante escala hedônica, mostrada na Figura 8, utilizando uma escala de nove pontos, desde gostei muitíssimo até desgostei muitíssimo com trinta provadores não treinados com idades e funções variadas e pertencentes a ambos os sexos (DUTCOSKY, 1996; PEDRERO; PANGBORN, 1997).

TESTE DE ACEITAÇÃO	
Nome: Produto: Medalhão de peixe	
Prove a amostra e indique a sua aceitação.	Data / /
1. aceitei muitíssimo 2. aceitei muito 3. aceitei moderadamente 4. aceitei 5. indiferente 6. não aceitei 7. não aceitei moderadamente 8. não aceitei muito 9. não aceitei muitíssimo	AMOSTRA: _____ () AMOSTRA: _____ () AMOSTRA: _____ () AMOSTRA: _____ ()

Figura 8. Escala hedônica utilizada no teste de aceitação.

3.3 PLANEJAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DO PROCESSO

3.3.1 Planejamento fatorial do experimento.

Aplicou-se o planejamento experimental fatorial completo 2^2 , com replicata, totalizando oito corridas. Cada fator está presente em dois níveis. A ordem das corridas foi aleatória, com o intuito de evitar a ocorrência de distorção estatística nos resultados, isto é, para impedir que desvios atípicos sejam obrigatoriamente associados a determinadas combinações de níveis. Essa randomização é um princípio experimental extremamente importante, pois ajuda a impedir que fatores indesejáveis, dos quais não estão cientes, contaminem os efeitos que queremos investigar.

O planejamento teve como objetivo determinar a possível influência das variáveis de entrada: espécie de peixe utilizada na elaboração (X_1 , pescada amarela e bagre rosado) e maturação (X_2 , sem maturação e com 2 horas de maturação) e de suas interações binárias sobre as variáveis de resposta: lipídios (L), proteínas (P), cinzas (C) e teor de umidade (U).

A Tabela 2 apresenta as variáveis independentes e seus valores reais e codificados. O projeto fatorial completo do tipo 2^2 conduziu a 4 corridas, com replicata, totalizando 8 corridas experimentais. A visualização destas combinações, que é chamada de matriz de planejamento, é apresentada na Tabela 3.

Tabela 2 Variáveis independentes e seus valores codificados.

Variáveis de entrada	Variáveis Codificadas	Níveis	
		-1	+1
Espécie de peixe	X ₁	Pescada Amarela	Bagre Rosado
Maturação	X ₂	Sem maturação	2 horas de maturação

Tabela 3 Matriz de planejamento

Corridas	Variáveis Codificadas		Variáveis de respostas			
	X ₁	X ₂	L (%)	P (%)	C (%)	U (%)
1	-	-	L1	P1	C1	U1
2	+	-	L2	P2	C2	U2
3	-	+	L3	P3	C3	U3
4	+	+	L4	P4	C4	U4
5	-	-	L5	P5	C5	U5
6	+	-	L6	P6	C6	U6
7	-	+	L7	P7	C7	U7
8	+	+	L8	P8	C8	U8

3.3.2 Análise estatística

Os dados experimentais geraram um modelo polinomial, a partir dos coeficientes de regressão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software STATISTICA 7.0 (Statsoft-USA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na caracterização físico-química das matérias-primas do “medalhão de peixe” e os resultados obtidos por Pinto (2006) e Moreira (2005) trabalhando com filé de pescada amarela e bagre respectivamente. Quando se compara a CMS de pescada amarela com os valores para filé da mesma espécie citados por Pinto (2006), verifica-se que no filé de pescada amarela os valores encontrados diminuíram em 55,07% para cinzas, 17,3% para lipídios, entretanto aumentaram 21,8% para proteínas. Acredita-se que o aumento observado em cinzas da CMS de pescada amarela quando comparada com os valores encontrados por Pinto (2006), deve-se mais à diferença de processamento, pois na CMS os resíduos são submetidos à prensagem em discos perfurados que permitem a passagem de resíduos de esqueleto rico em minerais principalmente cálcio e fósforo.

Tabela 4 Composição físico-química da CMS de pescada amarela, bagre rosado e filé de pescada amarela e bagre.

Determinações	Pescada amarela	Bagre rosado	Pescada amarela (Pinto, 2006)	Bagre (Moreira, 2005)
Valor calórico (Kcal)	81,34	75,47	-	86,06
Carboidratos (%)	0,57	1,11	-	0,61
Lipídeos (%)	2,66	1,03	2,20	1,58
Proteínas (%)	13,78	15,44	16,79	17,35
Cinzas (%)	3,45	3,59	1,55	0,90
Umidade (%)	79,26	78,83	78,91	79,56

Ainda na Tabela 4 quando se compara a CMS do bagre rosado com os valores para filé de bagre citados por Moreira (2005), verifica-se que no CMS de bagre rosado os valores encontrados diminuíram em 12,37% para proteínas, 53,4% para lipídios, 14,03% para valor calórico, entretanto aumentaram 82% para carboidratos e cerca de 4 vezes mais para cinzas. Acredita-se que o aumento observado em cinzas deva-se também ao fato da diferença de processamento, citado anteriormente. Em relação às proteínas verifica-se um menor valor na CMS de pescada amarela quando comparada com os valores encontrados por Pinto (2006) isto provavelmente se deve a etapa de desossa. Quanto ao bagre rosado tem-se que os valores de lipídeos e proteínas citados por Moreira (2005) foram mais elevados o que pode ser

justificado pela diferença entre as espécies de bagre estudadas e também por fatores sazonais que podem ser responsáveis pelas diferenças nos resultados entre autores.

4.2 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

As análises das corridas experimentais foram realizadas de acordo com as matrizes de experimentos com os resultados das variáveis de respostas, lipídeos (L), proteínas (P), cinzas (C) e umidade (U) que estão apresentados na Tabela 5, 6 e 7, para os tempos de armazenamento t_0 (execução inicial das análises), t_1 (60 dias) e t_2 (120 dias), respectivamente.

Tabela 5 Matriz de experimentos para o tempo t_0 .

Corridas	Variáveis Codificadas		Variáveis de Respostas			
	X ₁	X ₂	L (%)	P (%)	C (%)	U (%)
1	-	-	1,02	14,44	3,57	73,28
2	+	-	0,17	16,17	3,62	73,65
3	-	+	0,82	14,82	3,46	73,74
4	+	+	0,15	16,00	3,82	73,57
5	-	-	0,76	15,08	3,62	73,40
6	+	-	0,16	16,10	3,60	73,60
7	-	+	1,10	14,93	3,63	76,07
8	+	+	0,13	16,78	3,58	73,27

Tabela 6 Matriz de experimentos para o tempo t_1 .

Corridas	Variáveis Codificadas		Variáveis de Respostas			
	X ₁	X ₂	L (%)	P (%)	C (%)	U (%)
1	-	-	0,61	14,36	3,70	72,42
2	+	-	0,06	16,17	3,91	73,65
3	-	+	0,64	14,35	3,94	73,74
4	+	+	0,05	15,90	3,75	73,57
5	-	-	0,07	13,95	3,95	73,40
6	+	-	0,05	16,79	3,92	73,6
7	-	+	0,83	14,88	3,79	76,07
8	+	+	0,06	16,00	3,66	73,27

Tabela 7 Matriz de experimentos para o tempo t_2 .

Corridas	Variáveis Codificadas		Variáveis de Respostas			
	X_1	X_2	L (%)	P (%)	C (%)	U (%)
1	-	-	2,26	14,47	3,41	73,31
2	+	-	0,91	15,81	3,88	73,18
3	-	+	1,87	14,57	3,63	72,87
4	+	+	0,59	15,38	3,54	74,38
5	-	-	2,53	14,75	3,64	72,82
6	+	-	0,44	15,87	3,71	73,18
7	-	+	1,98	15,03	3,49	73,55
8	+	+	0,52	16,90	3,92	72,18

4.2.1 Influência das variáveis de entrada “espécie de peixe” e “tempo de maturação” sobre a variável de resposta “lipídios”, nos três tempos de armazenamento

4.2.1.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão

As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam a estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta lipídio, no tempo de armazenamento t_0 , t_1 e t_2 , respectivamente.

Essas Tabelas mostram que somente a variável espécie de peixe (X_1) e a Grande Média são consideradas significativas para a resposta lipídio, nos três diferentes tempos de armazenamento t_0 , t_1 e t_2 , tomando por base a magnitude de seus efeitos e o erro padrão, para a confiança de 95% ($\alpha=0,05$). O restante das variáveis (tempo de maturação e a interação entre a espécie de peixe e o tempo de maturação) não produz efeito significativo devido o valor de seus efeitos serem menores que o erro.

Este resultado pode ser conferido mediante as características físico-químicas das espécies estudadas em termos de lipídios, onde nas Tabelas 5, 6 e 7 verifica-se que ao comparar a pescada amarela com o bagre rosado (Variável X_1), ocorre um decréscimo no teor de lipídios nos tempos de armazenamento t_0 , t_1 e t_2 de 83 %, 90 % e 59,7%, respectivamente.

Segundo a classificação apresentada por Rocha et al (1982), são considerados peixes magros espécies que possuem teor de lipídeo menor que 5%. Embora as duas espécies estudadas estejam classificadas como “peixes magros”, a pescada amarela apresentou teor de lipídeo uma vez e meio maior que o bagre rosado.

Tabela 8 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta lipídio, no tempo de armazenamento t_0 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande Média	$0,5387 \pm 0,0478$	0,8837
X_1	$-0,7725 \pm 0,0957$	-0,0070
X_2	$0,0225 \pm 0,0957$	0,0007
X_1X_2	$-0,0475 \pm 0,0957$	-0,000009
$R^2 = 0,9424$		

Tabela 9 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta lipídio, no tempo de armazenamento t_1 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande Média	$0,3837 \pm 0,0311$	0,6843
X_1	$0,6575 \pm 0,0622$	-0,0061
X_2	$0,0225 \pm 0,0622$	0,0004
X_1X_2	$-0,0225 \pm 0,0622$	-0,000004
$R^2 = 0,9655$		

Tabela 10 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta lipídio, no tempo de armazenamento t_2 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande Média	$1,3875 \pm 0,0697$	3,3740
X_1	$-1,5450 \pm 0,1394$	-0,0165
X_2	$-0,2950 \pm 0,1394$	-0,0045
X_1X_2	$0,1750 \pm 0,1394$	0,00003
$R^2 = 0,9699$		

O modelo para a variável de resposta lípidio, obedece a forma da Equação 3, na qual ε representa um componente de erro aleatório.

$$\hat{Y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ij} + \varepsilon \quad 3$$

Com base nos valores dos coeficientes de regressão (R^2) apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10, propõe-se o modelo polinomial de 1ª ordem (Equação 4), que melhor explica a reprodutibilidade dos dados para os tempos t_0 , t_1 e t_2 , utilizando somente os coeficientes e as variáveis codificadas, estatisticamente significativas para a resposta lípidios.

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 \quad 4$$

Os coeficientes de regressão apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10 indicam que 94,24%, 96,55% e 96,99% das variabilidades experimentais são descritas ou explicadas pela Equação 4, respectivamente.

O emprego da Equação 4 permite o cálculo do teor de lípideo na pescada amarela e no bagre rosado, ou seja, X_1 pode assumir os valores -1 ou 1, respectivamente.

4.2.1.2 Gráfico de barras (PARETO)

As Figuras 9, 10 e 11 que correspondem ao diagrama de barras ou Pareto, para os três diferentes tempos de armazenamento, comprovam a maior significância do efeito individual da espécie de peixe (X_1), conforme indicado no item 4.2.1.1, pois seu efeito está à direita da linha limite da probabilidade de 5%, o que coloca esse efeito na região de hipótese alternativa. Os valores numéricos desses efeitos estão padronizados, ou seja, dividido pelo erro. Evidenciando dessa forma, que a espécie pescada amarela é mais rica em lípideo que o bagre rosado.

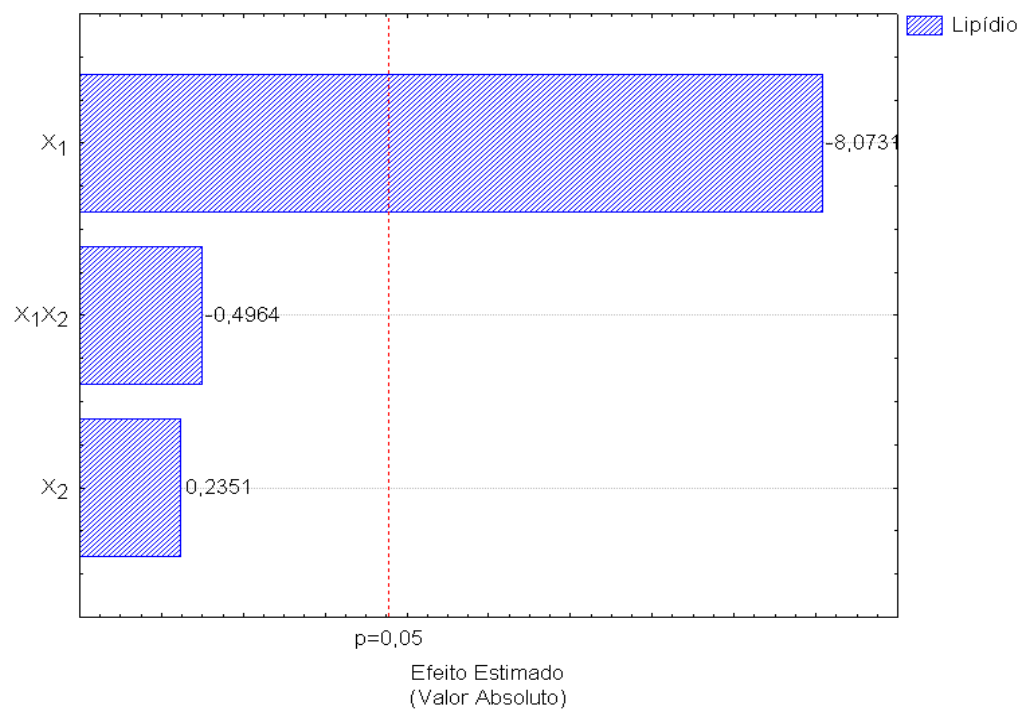


Figura 9. Gráfico de barras para a resposta lipídio, no tempo t_0 .

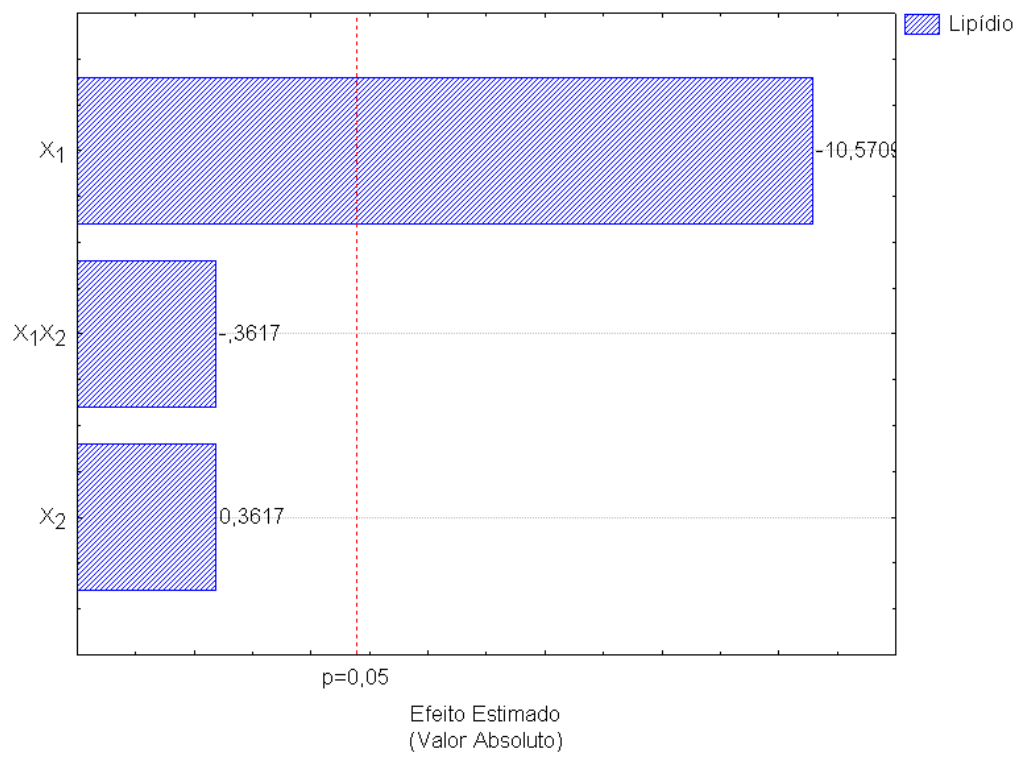


Figura 10. Gráfico de barras para a resposta lipídio, no tempo t_1 .

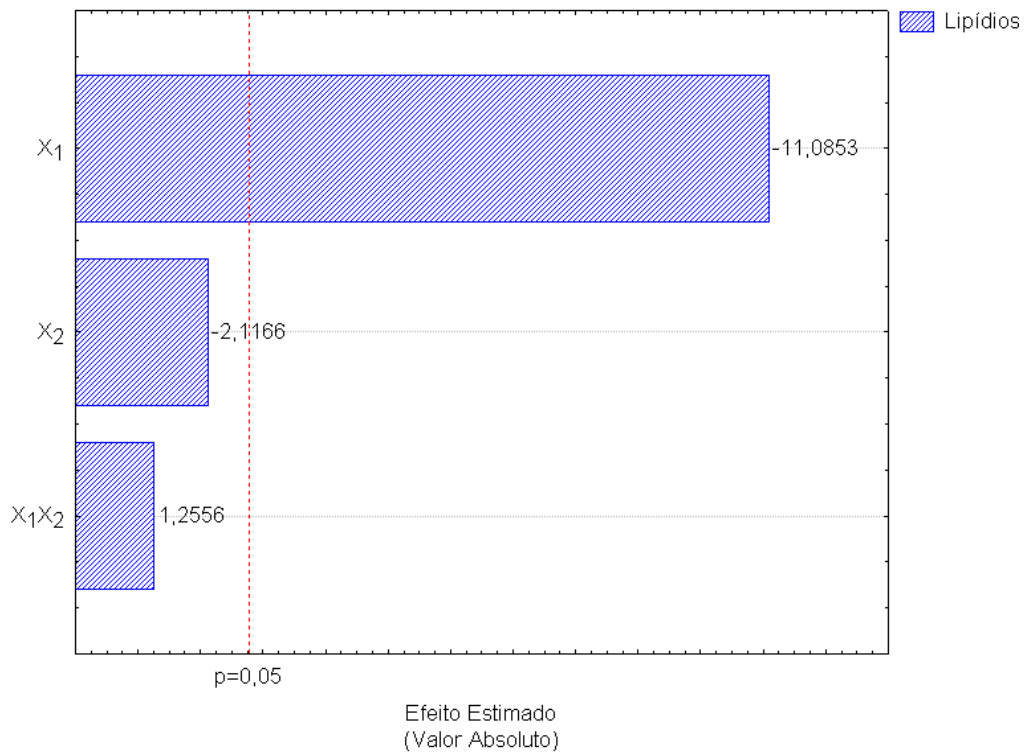


Figura 11. Gráfico de barras para a resposta lipídeo, no tempo t_2 .

4.2.1.3 Análise de variância (ANOVA)

As Tabelas 11, 12 e 13 apresentam as análises de variância para os três tempos de armazenamento e mostram a probabilidade dos efeitos serem estatisticamente significativos para a variável resposta lipídio.

Analizando os valores de probabilidade encontrados na Tabela 11 (1,3% para a espécie de peixe, 82,56% para o tempo de maturação e 64,56% para a interação entre a espécie de peixe e o tempo de maturação) verifica-se que os mesmos reforçam as conclusões observadas nos itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 onde somente a espécie de peixe (X_1) apresenta resultados significativos para o teor de lipídio, ou seja, existe uma probabilidade de 99,7% que a espécie de peixe esteja influenciando no teor de lipídio e mais de 60% que as demais variáveis não

influenciam. O mesmo comportamento é encontrado analisando os demais valores de probabilidade encontrados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 11 Análise de variância (ANOVA) para resposta lipídio, no tempo t_0 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X_1	1,1935	1	1,1935	65,1747	0,0013
X_2	0,0010	1	0,0010	0,0553	0,8256
X_1X_2	0,0045	1	0,0045	0,2464	0,6456
Erro	0,0732	4	0,0183		
Total	1,2723	7			

Tabela 12 Análise de variância (ANOVA) para resposta lipídio, no tempo t_1 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X_1	0,8646	1	0,8646	111,7413	0,0004
X_2	0,0010	1	0,0010	0,1309	0,7358
X_1X_2	0,0010	1	0,0010	0,1309	0,7358
Erro	0,0309	4	0,0077		
Total	0,8976	7			

Tabela 13 Análise de variância (ANOVA) para resposta lipídio, no tempo t_2 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X_1	4,7740	1	4,7740	122,8842	0,0004
X_2	0,1740	1	0,1740	4,4801	0,1017
X_1X_2	0,0612	1	0,0612	1,5766	0,2776
Erro	0,1554	4	0,0388		
Total	5,1647	7			

4.2.2 Influência das variáveis de entrada “espécie de peixe” e “tempo de maturação” sobre a variável de resposta “proteína”, nos três tempos de armazenamento

4.2.2.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão

As Tabelas 14, 15 e 16, mostram que somente a variável espécie de peixe (X_1) e a Grande Média são consideradas significativas para a resposta proteína, nos três diferentes

tempos de armazenamento t_0 , t_1 e t_2 , tomando por base a magnitude de seus efeitos e o erro padrão, para a confiança de 95 % ($\alpha=0,05$). O restante das variáveis, ou seja, o tempo de maturação e o efeito entre as duas variáveis (espécie de peixe e tempo de maturação), não produz efeito significativo devido o valor de seus efeitos serem menores que o erro.

Este resultado pode ser novamente conferido mediante as características físico-químicas das espécies estudadas em termos de teor de proteínas, onde se pode verificar nas Tabelas 5, 6 e 7 que ao comparar a pescada amarela com o bagre rosado, ocorre um aumento no teor de proteínas de 11,0%, 12,6% e 9,3%, nos tempos de armazenamento t_0 , t_1 , t_2 , respectivamente.

Os coeficientes de regressão apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16 indicam que 89,15%, 95,08% e 72,47% das variabilidades experimentais são descritas ou explicadas pela Equação 4, respectivamente.

O emprego da Equação 4 (p. 52) permite o cálculo do teor de proteína na pescada amarela e no bagre rosado, ou seja, X_1 pode assumir os valores -1 ou +1, respectivamente.

Tabela 14 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta proteína, no tempo de armazenamento t_0 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande média	15,540 $\pm$ 0,1272	14,774
X_1	1,4450 $\pm$ 0,2543	0,0133
X_2	0,1850 $\pm$ 0,2543	0,0011
X_1X_2	0,0700 $\pm$ 0,2543	0,00001
$R^2 = 0,8915$		

Tabela 15 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta proteína, no tempo de armazenamento t_1 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande Média	15,3086 $\pm$ 0,10918	14,1820
X_1	1,8475 $\pm$ 0,21816	0,0226
X_2	-0,0525 $\pm$ 0,21816	0,0043
X_1X_2	-0,5125 $\pm$ 0,21816	-0,00009
$R^2 = 0,9508$		

Tabela 16 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta proteína, no tempo de armazenamento t_2 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande média	15,3475 $\pm$ 0,2017	14,6237
X_1	1,2850 $\pm$ 0,4034	0,0118
X_2	0,2450 $\pm$ 0,4034	0,0118
X_1X_2	0,0550 $\pm$ 0,4034	0,00001
$R^2 = 0,7247$		

4.2.2.2 Gráfico de barras (PARETO)

As Figuras 12, 13 e 14 que correspondem ao diagrama de barras ou Pareto, para os três diferentes tempos de armazenamento, comprovam a maior significância do efeito individual da espécie de peixe (X_1), conforme indicado no item 4.2.2.1, pois seu efeito está a direita da linha limite da probabilidade de 5%, o que coloca esse efeito na região de hipótese alternativa. Os valores numéricos desses efeitos estão padronizados, ou seja, dividido pelo erro. Evidenciando dessa forma, que a espécie bagre rosado é mais rico em proteína que a pescada amarela.

Badolato et al (1994), relataram que do ponto de vista nutricional, pode-se dizer que peixe com alto conteúdo proteico se encontra com teores de 15 a 20%, logo o bagre rosado pode ser considerado com esta característica, visto que, os valores médios encontrados de teores de proteínas são de 15% (ver Tabelas 5, 6 e 7).

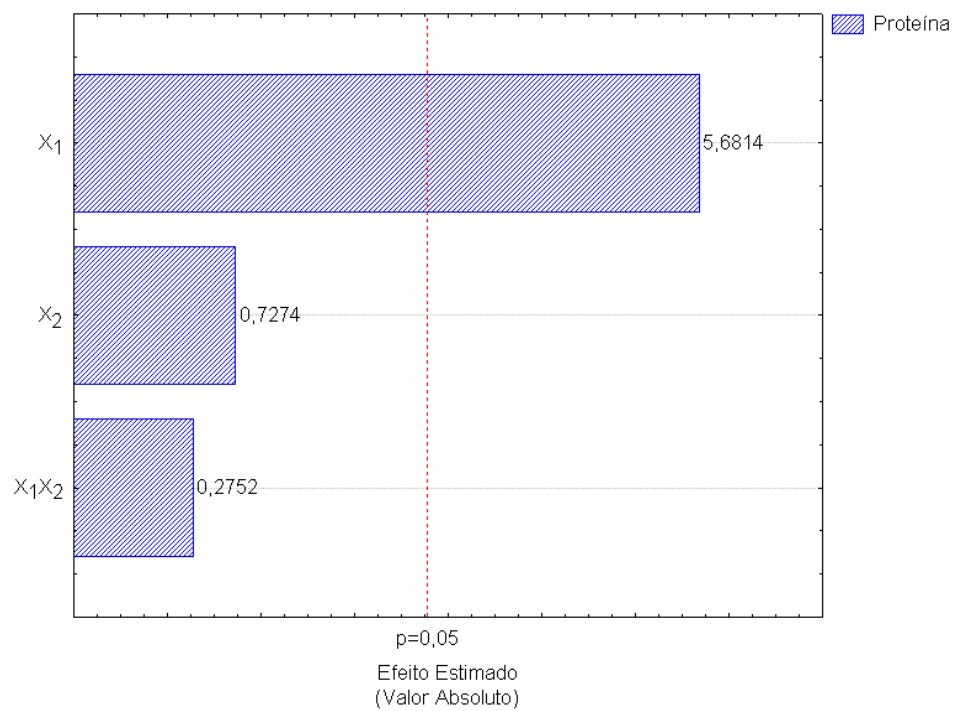


Figura 12. Gráfico de barras para a resposta proteína, no tempo t_0 .

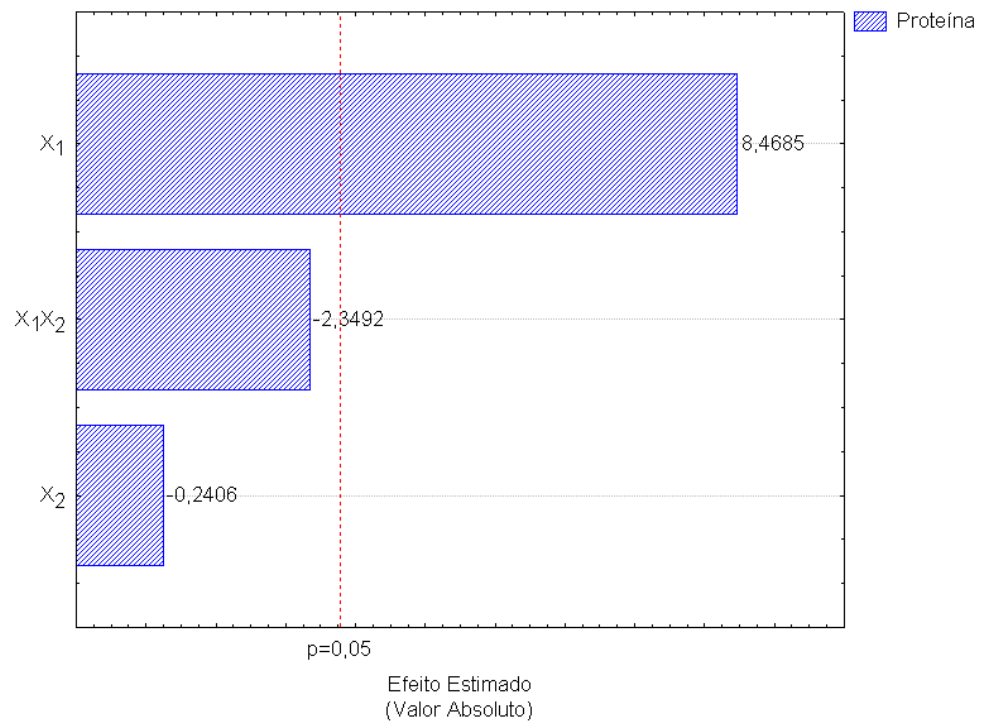


Figura 13. Gráfico de barras para a resposta proteína, no tempo t_1 .

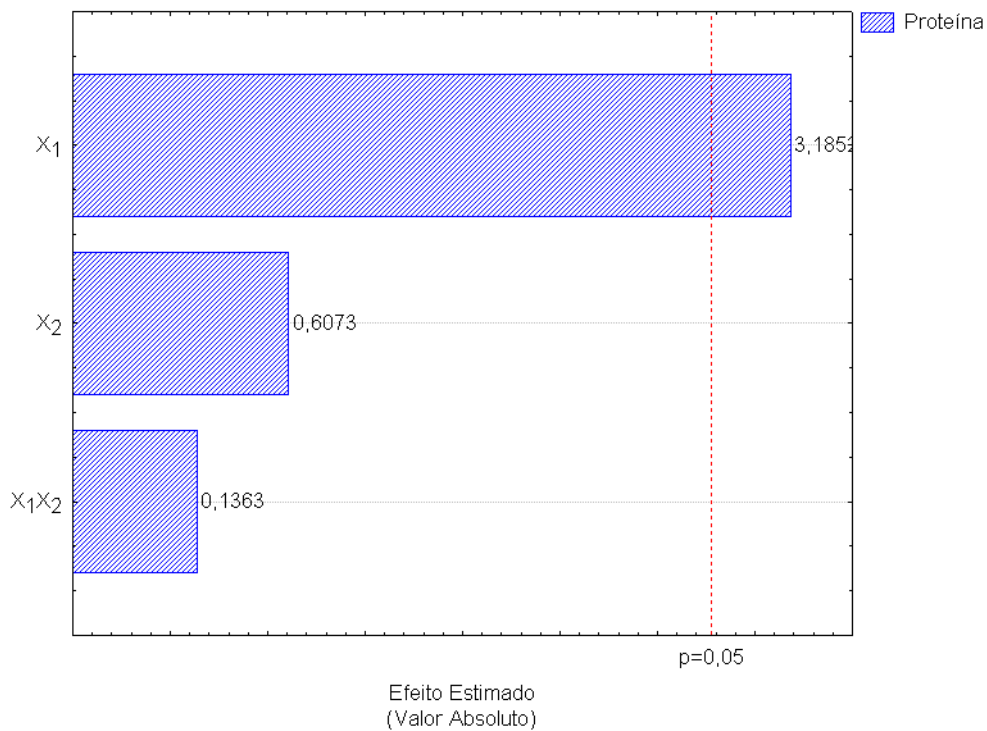


Figura 14. Gráfico de barras para a resposta proteína, no tempo t_2

4.2.2.3 Análise de variância (ANOVA)

As Tabelas 17, 18 e 19 apresentam as análises de variância para os três tempos de armazenamento e mostram a probabilidade dos efeitos serem estatisticamente significativos para a variável resposta proteína.

Tabela 17 Análise de variância (ANOVA) para resposta proteína, no tempo t_0 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X ₁	4,176050	1	4,176050	32,27865	0,004738
X ₂	0,068450	1	0,068450	0,52908	0,507282
X ₁ X ₂	0,009800	1	0,009800	0,07575	0,796775
Erro	0,517500	4	0,129375		
Total	4,771800	7			

Analisando os valores de probabilidade encontrados na Tabela 17 (4,7% para a espécie de peixe, 50,7% para o tempo de maturação e 79,68% para a interação entre a espécie de peixe e o tempo de maturação) verifica-se que os mesmos reforçam as conclusões observadas nos itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 onde somente a espécie de peixe (X_1) apresenta resultados significativos para a proteína, ou seja, existe uma probabilidade de 4,7% que a espécie de peixe não esteja influenciando no teor de proteína e mais de 50% que as demais variáveis não influenciam. O mesmo comportamento é encontrado analisando os demais valores de probabilidade encontrados nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 Análise de variância (ANOVA) para resposta proteína, no tempo t_1 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X_1	6,8265	1	6,8265	71,7165	0,0011
X_2	0,0055	1	0,0055	0,0579	0,8216
X_1X_2	0,5253	1	0,5253	5,5187	0,0786
Erro	0,3807	4	0,0952		
Total	7,7381	7			

Tabela 19 Análise de variância (ANOVA) para resposta proteína, no tempo t_2 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X_1	3,3024	1	3,3024	10,1458	0,0334
X_2	0,1200	1	0,1200	0,3688	0,5764
X_1X_2	0,0060	1	0,0060	0,0186	0,8981
Erro	1,3020	4	0,3255		
Total	4,7305	7			

4.2.3 Influência das variáveis de entrada “espécie de peixe” e “tempo de maturação” sobre a variável de resposta “cinza”, nos três tempos de armazenamento

4.2.3.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão

As Tabelas 20, 21 e 22 apresentam a estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta cinza, no tempo de armazenamento t_0 , t_1 e t_2 , respectivamente.

A análise dos dados dessas Tabelas é realizada da mesma forma que a análise das

Tabelas 8, 9 e 10, ou seja, comparando a magnitude dos efeitos das variáveis individuais e suas combinações com o erro, para a confiança de 95% ($\alpha=0,05$), não há existência de nenhuma variável estatisticamente significativa à resposta cinza.

Tabela 20 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta cinza, no tempo de armazenamento t_0 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande Média	$3,6125 \pm 0,0374$	3,5947
X_1	$0,0850 \pm 0,0747$	0,0001
X_2	$0,0200 \pm 0,0747$	-0,0005
X_1X_2	$0,0700 \pm 0,0747$	0,000013

Tabela 21 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta cinza, no tempo de armazenamento t_1 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande Média	$3,8275 \pm 0,0382$	3,8262
X_1	$-0,0350 \pm 0,0763$	0,0008
X_2	$-0,0850 \pm 0,0763$	0,0004
X_1X_2	$-0,1250 \pm 0,0763$	-0,00002

Tabela 22 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta cinza, no tempo de armazenamento t_2 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande média	$3,6525 \pm 0,0620$	3,5280
X_1	$0,2200 \pm 0,1240$	0,0026
X_2	$-0,0150 \pm 0,1240$	0,0026
X_1X_2	$-0,0500 \pm 0,1240$	-0,000009

4.2.3.2 Análise de variância (ANOVA).

As Tabelas 23, 24 e 25 apresentam as análises de variância para os três tempos de armazenamento e mostram a probabilidade dos efeitos serem estatisticamente significativos para a variável resposta cinza. Analisando as Tabelas, observa-se que não houve efeito significativo para os teores de cinzas ($\alpha < 0,05$).

Tabela 23 Análise de variância (ANOVA) para resposta cinza, no tempo t_0 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X ₁	0,0144	1	0,0144	1,2931	0,3189
X ₂	0,0008	1	0,0008	0,0716	0,8023
X ₁ X ₂	0,0098	1	0,0098	0,8769	0,4020
Erro	0,0447	4	0,0112		
Total	0,0697	7			

Tabela 24 Análise de variância (ANOVA) para resposta cinza, no tempo t_1 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X ₁	0,0024	1	0,0024	0,2103	0,6703
X ₂	0,0144	1	0,0144	1,2403	0,3278
X ₁ X ₂	0,0312	1	0,0312	2,6824	0,1768
Erro	0,0466	4	0,0116		
Total	0,0947	7			

Tabela 25 Análise de variância (ANOVA) para resposta cinza, no tempo t_2 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X ₁	0,0968	1	0,0968	3,1506	0,1506
X ₂	0,0004	1	0,0004	0,0146	0,9095
X ₁ X ₂	0,0050	1	0,0050	0,1627	0,7073
Erro	0,1229	4	0,0307		
Total	0,2251	7			

4.2.4 Influência das variáveis de entrada “espécie de peixe” e “tempo de maturação” sobre a variável de resposta “umidade”, nos três tempos de armazenamento.

4.2.4.1 Estimativas dos efeitos e coeficiente de regressão

As Tabelas 26, 27 e 28 apresentam a estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta umidade, no tempo de armazenamento t_0 , t_1 e t_2 , respectivamente. Através dos valores dos efeitos, das variáveis individuais e combinadas, e dos coeficientes de regressão apresentados nas Tabelas, percebe-se que nenhuma variável mostrou-se significativa à resposta umidade, tendo, portanto, um comportamento semelhante à análise feita pelo item 4.2.3.1.

Tabela 26 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta umidade, no tempo de armazenamento t_0 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande média	73,8220 $\pm$ 0,2941	73,3576
X ₁	-0,6000 $\pm$ 0,5882	0,0026
X ₂	0,6800 $\pm$ 0,5882	0,0149
X ₁ X ₂	-0,8850 $\pm$ 0,5882	-0,0002

Tabela 27 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta umidade, no tempo de armazenamento t_1 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande média	72,5112 $\pm$ 0,1862	71,9136
X ₁	1,1225 $\pm$ 0,3724	0,0077
X ₂	0,4125 $\pm$ 0,3724	0,0009
X ₁ X ₂	0,3225 $\pm$ 0,3724	0,00006

Tabela 28 Estimativa dos efeitos e coeficiente de regressão para a variável resposta umidade, no tempo de armazenamento t_2 .

Variáveis	Efeito $\pm$ Erro padrão	Coeficiente de regressão
Grande média	73,1837 $\pm$ 0,2942	73,0675
X ₁	0,0925 $\pm$ 0,5886	0,0011
X ₂	0,1225 $\pm$ 0,5886	0,0014
X ₁ X ₂	-0,0225 $\pm$ 0,5886	-0,0000

4.2.4.2 Análise de variância (ANOVA).

Os dados das Tabelas 29, 30 e 31 referentes às análises de variância realizadas para os três diferentes tempos de armazenamento, confirmaram a análise feita pelo item 4.2.3.2.

Tabela 29 Análise de variância (ANOVA) para resposta umidade, no tempo t_0 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X ₁	0,7200	1	0,7200	1,0405	0,3654
X ₂	0,9248	1	0,9248	1,3365	0,3120
X ₁ X ₂	1,5664	1	1,5664	2,2637	0,2069
Erro	2,7679	4	0,6920		
Total	5,9791	7			

Tabela 30 Análise de variância (ANOVA) para resposta umidade, no tempo t_1 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X_1	2,5200	1	2,5200	9,0832	0,0394
X_2	0,3403	1	0,3403	1,2266	0,3302
X_1X_2	0,2080	1	0,2080	0,7449	0,4354
Erro	1,1097	4	0,2774		
Total	4,1781	7			

Tabela 31 Análise de variância (ANOVA) para resposta umidade, no tempo t_2 .

Variáveis	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Teste F	Probabilidade (P)
X_1	0,0171	1	0,0171	0,0247	0,8827
X_2	0,0300	1	0,0300	0,0433	0,8453
X_1X_2	0,0010	1	0,0010	0,0015	0,9713
Erro	2,7712	4	0,6928		
Total	2,8194	7			

4.3 AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES DE COR POR COLORIMETRIA

4.3.1 Valores de L, a e b nos tempos t_0 , t_1 , e t_2 de armazenamento a -18°C

A Tabela 32 apresenta os valores da média de L e sua replicata, obtidos na análise de colorimetria do “medalhão de peixe”, para os tempos de armazenamento t_0 (execução inicial das análises), t_1 (60 dias) e t_2 (120 dias), respectivamente. Os valores médios de a e b para os mesmos tempos estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 32 Valores da média entre L e sua replicata obtidos por colorimetria no t_0 , t_1 , e t_2 .

Tratamentos	Valor médio de Luminosidade (L)		
	t_0	t_1	t_2
A 0	52,84	47,96	51,05
A 2	49,73	44,21	51,69
B 0	48,64	42,98	48,94
B 2	49,01	42,10	51,54

Onde: Para os tratamentos, A = Pescada amarela; B = Rosado; 0 = sem maturação e 2 = com maturação.

Tabela 33 Valores médios de a e b obtidos por colorimetria no t_0 , t_1 , e t_2 .

Tratamentos	Valor médio de (a)			Valor médio de (b)		
	t_0	t_1	t_2	t_0	t_1	t_2
A 0	17,87	+20,61	20,18	22,23	+23,95	25,50
A 2	20,53	+20,97	19,85	23,64	+44,14	+25,14
B 0	48,64	+16,27	+15,46	21,54	+18,50	+22,49
B 2	49,01	+16,31	+16,27	22,23	+20,08	+24,49

Onde: Para os tratamentos, A = Pescada amarela; B = Rosado; 0 = sem maturação e 2 = com maturação.

4.3.2 Avaliação da alteração de cor nos tempos t_0 , t_1 , e t_2

As alterações de luminosidade ocorridas nos tempos t_0 , t_1 , e t_2 estão apresentadas na forma de gráficos de colunas na Figura 15. Os valores utilizados no gráfico são os valores médios obtidos da primeira determinação e de sua replicata apresentados nas Tabelas 32 e 33.

Observa-se uma clara tendência de diminuição nos valores de luminosidade “L” do t_0 ao t_1 e um aumento de t_1 para t_2 . Resultados similares foram encontrados por Lourenço (1993) ao trabalhar com salsichas de peixe sem lavagem da CMS. Entretanto, Suvanich; Marshall e Jahncke (2000), observaram o aumento dos valores de L ao trabalhar com “catfish”.

Contudo este resultado foi antagônico ao encontrado por Marques (2000) ao trabalhar com hambúrguer de pacu ao longo do armazenamento por congelamento.

Observa-se na Figura 16, que os valores de “a” (intensidade do vermelho) correspondente à pescada amarela são superiores quando comparados com os valores do bagre rosado que estão à direita no gráfico.

Os valores de “a” mantiveram-se praticamente estáveis para as duas espécies com o tempo de estocagem como observadas na Figura 16, estão em acordo com comportamento observado por Suvanich; Marshall e Jahncke (2000), quando avaliaram alterações na cor durante o tempo de estocagem em diferentes temperaturas de congelamento.

Este mesmo comportamento foi observado por Nakayama e Yamamoto (apud MARQUES, 2000, p. 139) em estudo com diferentes espécies de pescado, mantidas estocadas sob congelamento (-20°C).

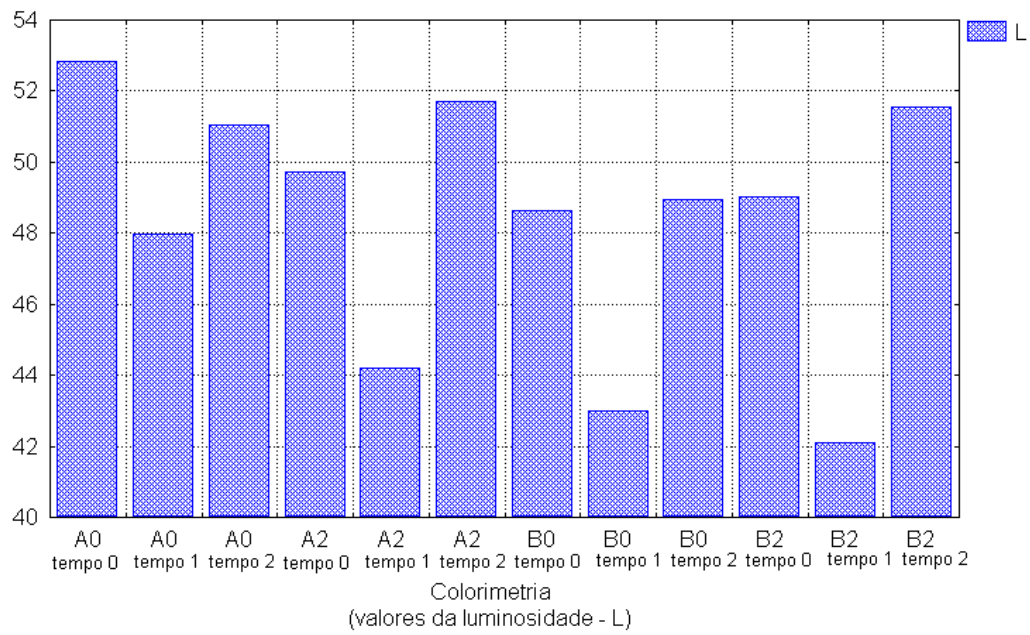


Figura 15. Gráficos de colunas com os valores de luminosidade “L” nos tempos t_0 , t_1 , e t_2 .

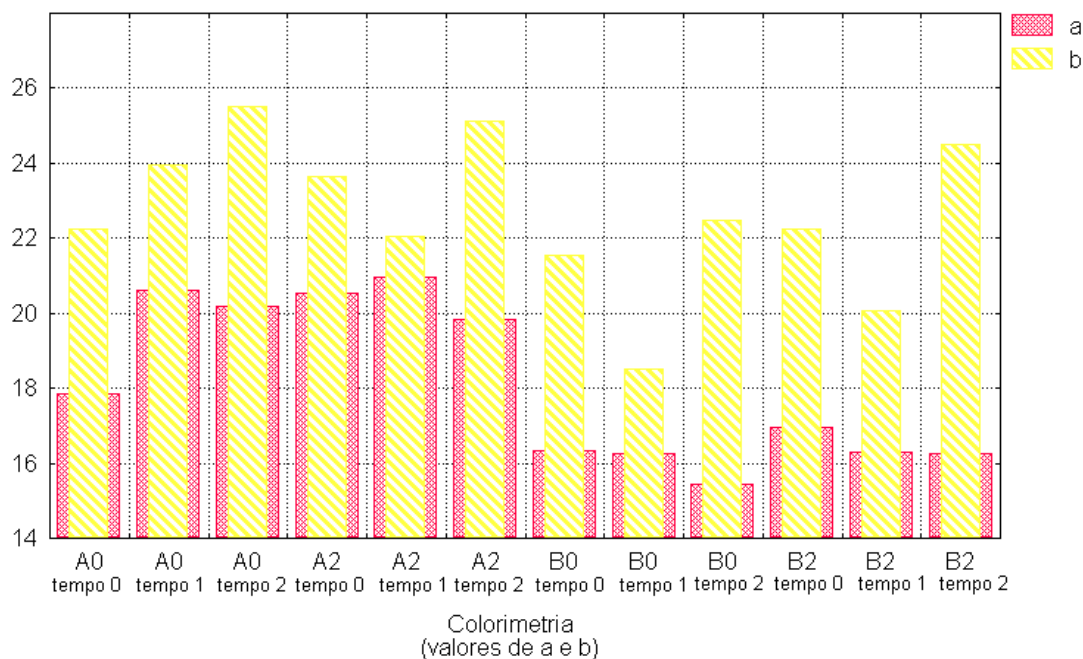


Figura 16. Gráfico de colunas com valores de “a” e “b” nos tempos t_0 , t_1 , e t_2 .

Nota-se também que tanto para pescada amarela quanto para o bagre rosado os valores de “b” tenderam a aumentar durante os dias de armazenamento após t_1 . Este resultado está de acordo com os encontrados por Rora e Einen (2003), no qual os valores de “b” aumentaram de 24,0 para 28,1.

A alteração dos parâmetros L, a, b do produto reestruturado pode ser atribuída a dessecação pelo frio trazendo como consequência a oxidação de pigmento do músculo, transformando-os em metamioglobinas principalmente pela ação de lipídios oxidados, o que foi confirmado pelos altos níveis de correlação encontrados por Marques, (2000).

4.4 AVALIAÇÃO OXIDATIVA DOS MEDALHÕES DE PEIXE APÓS EXTRAÇÃO COM CO₂ PRESSURIZADO.

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 34 e 35 verifica-se que os valores de TBA mantiveram-se com poucas alterações, apresentando valores baixos para as duas espécies. Entretanto Aires et al (2001), ao trabalharem com espécies gordas e magras (sarda e pescada, respectivamente) constataram que a oxidação lipídica se dá mais rapidamente em espécies gordas.

Os peixes são considerados gordos quando contém um teor de gordura acima de 15%, médios ou semi-gordos quando variam entre 5 a 15% e magros quando abaixo de 5% (ROCHA et al, 1982).

Considerando que o valor de TBA que determina a rejeição de um produto é de 4.0 mg /Kg de aldeído malônico, citado por Aires et al (2001), os resultados encontrados no presente trabalho indicam que o produto em questão se encontra em boas condições para consumo. Isto pode ser atribuído a baixa velocidade de oxidação em espécies magras (lipídio < 5%) nas quais se enquadram as espécies estudadas neste trabalho.

Segundo Aires et al (2001), ao analisar rancificação em peixes magro (pescada) e gordo (sarda) através do valor de TBA, cita que os limites desses valores não poderiam ser os mesmos para as duas espécies ou deveria ser usado um método mais adequado no caso da pescada que no presente trabalho apresenta valores baixos de TBA mas encontra-se imprópria para o consumo, pois além da degradação dos lipídios existem outras reações também muito importantes na degradação do pescado, que inviabilizam o seu consumo e que não são determinadas pelo valor de TBA (exemplo: degradação das proteínas). Para contornar este problema deve-se juntar a este, outras análises químicas e sensorial para assegurar a afirmação.

Os índices de acidez observado nas tabelas 34 e 35 são relativamente altos quando comparados com os resultados encontrados por Jesus e Miranda (1995), aos 7 e 15 dias de armazenamento a 30°C, encontrando 1,55 e 3,30 respectivamente. Sendo que o produto estudado neste trabalho foi armazenado congelado a -18°C (sendo analisado na chegada das amostras ao laboratório e após 60 dias de armazenamento congelado), fato este que pode ter promovido a oxidação lipídica durante o período de armazenamento que promoveu o aumento de ácidos graxos livres na amostra.

O rendimento encontrado nas Tabelas 34 e 35 para medalhão de pescada amarela com e sem maturação são praticamente iguais aos encontrados por Létisse et al (2005), ao trabalhar com extração com CO₂ pressurizado a 225 e 300 bar de pressão obteve 9,74 e 10,36%

respectivamente. Os valores para o medalhão da espécie rosado são aproximadamente 50% menores que os encontrados no medalhão da pescada o que é confirmado pelo teor de lipídio Tabela 4 que também apresenta a mesma tendência.

Tabela 34 Índice de acidez, TBA e rendimento na extração com CO₂ pressurizado a t₀.

Tratamento	Índice de acidez	TBA (mg/kg)	Rendimento (%)
Pescada amarela (sem maturação)	4,482	0,28	10,31
Pescada amarela (com maturação)	5,781	0,29	9,93
Bagre rosado (sem maturação)	7,632	0,27	7,45
Bagre rosado (com maturação)	10,43	0,39	3,371

Tabela 35 Índice de acidez, TBA e rendimento na extração com CO₂ pressurizado a t₁.

Tratamento	Índice de acidez	TBA (mg/kg)	Rendimento (%)
Pescada amarela (sem maturação)	7,128	0,25	9,92
Pescada amarela (com maturação)	6,692	0,22	7,77
Bagre rosado (sem maturação)	9,960	0,26	5,75
Bagre rosado (com maturação)	7,430	0,30	5,55

4.5 DETERMINAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS

A Tabela 36 apresenta o perfil de ácidos graxos da matéria-prima e dos produtos estudados. Os resultados mostram a presença de grande número de ácidos graxos no óleo extraído da pescada amarela e do bagre rosado, dentre os quais o ácido palmítico (C16:0) destacou-se por sua maior concentração, totalizando 24,18% para pescada amarela e 29,81% para o bagre rosado, valores estes próximos ao encontrado por Marques (1999).

As Figuras 17, 18, 19 e 20 mostram na forma de gráficos de colunas a composição dos ácidos graxos, e suas classificações de acordo com os níveis de instauração, encontrados na pescada amarela, bagre rosado e nos seus respectivos medalhões.

Os valores mais altos para os ácidos graxos saturados são representados pelo ácido graxo palmítico, em ambas espécies, em torno de 50% do total de saturados. Ficando os ácidos esteárico (C18:0) e mirístico (C14:0) em segundo e terceiro lugar respectivamente em ambas espécies. Dentre os insaturados o EPA (C20:5) se destaca nas duas espécies com mais ou menos 35% do total desses ácidos seguido do DHA (C22:6) e araquidônico (C20:4) com percentuais quase iguais mas em torno de 1/6 do total de insaturados (Tabela 38 e Figuras 17, 18, 19 e 20). Na CMS de ambas as espécies o valor total de ácidos graxos insaturados foi maior que o registrado para os saturados.

Quando se comparam os dados de ácidos graxos encontrados na CMS, com os encontrados nos medalhões das duas espécies verifica-se a existência de variação nos teores de ambos saturados e insaturados, conforme a Tabela 38.

Observa-se um discreto decréscimo no ácido palmítico quando se compara o medalhão de pescada amarela com e sem maturação, porém, houve um aumento de um ponto percentual quando o valor médio (maturado e não maturado) foi comparado com a CMS da mesma. Entretanto quando se observam os valores do mesmo ácido com relação ao bagre rosado nota-se que os valores que avaliam o efeito da maturação mostram-se quase inalterados, mas seu valor médio de maturação (B0 e B2) ficou bastante abaixo (8 pontos percentuais) da CMS. O que nos leva a supor que houve efeito pronunciado do tratamento que a CMS recebeu com a adição dos condimentos ao medalhão (Tabela 38; Figuras 17 e 19).

Nota-se que o efeito promovido pela maturação nos medalhões da pescada amarela, embora discretos, alguns dos ácidos graxos identificados decresceram. Enquanto que para o bagre rosado houve uma leve tendência a aumentar.

Ao efetuar-se um balanço de massa (ver Apêndice A e Anexo A) considerando-se a percentagem dos ácidos graxos existentes no óleo de soja, que foi parte integrante da condimentação utilizada nos medalhões, observa-se a mesma tendência encontrada nas Figuras 17, 18, 19 e 20, confirmando a interferência desta adição no perfil percentual dos ácidos graxos (ver Anexo A) nas duas espécies estudadas.

Para a CMS da pescada amarela, os valores dos insaturados comparados com medalhões sem maturação praticamente não se alteram, entretanto, nota-se um incremento de cerca de 10 pontos percentuais no maturado.

Tabela 36 Perfil de ácidos graxos da matéria-prima e dos produtos estudados.

Perfil de Ácidos Graxos (%)						
Nome do Ac. Graxo	P. Amar.	Rosado	A (0)	A (2)	B(0)	B(2)
Mirístico (C14:0)	4,38	3,41	3,42	3,39	3,20	3,44
Miristoléico (C14:1)	0,54	0,70	-	-	0,38	0,37
Palmítico (C16:0)	24,18	29,81	25,72	25,81	22,02	22,05
Palmitoléico (C16:1)	11,96	8,38	10,09	10,90	7,36	6,20
Estearico (C18:0)	6,28	8,40	5,69	5,54	5,76	6,07
Oleato (C18:1)	12,41	7,68	17,90	17,36	13,37	12,86
Vacênico (C18:1)	3,64	3,62	3,16	3,29	3,04	3,10
Linoleico (C18:2)	0,94	0,82	8,92	8,24	13,07	14,73
Linolênico (C18:3)	0,73	-	1,77	1,90	3,16	3,43
Araquídico (C20:0)	0,06	0,07	-	-	-	-
Eicosanóico (C20:1)	3,94	4,60	3,66	3,70	3,96	3,81
Eicosadienóico (C20:2)	-	-	-	-	-	-
Eicosatrienóico (C20:3)	-	-	-	-	-	-
Araquidônico (C20:4)	5,96	4,76	6,63	6,24	3,72	2,52
Eicosapentaenóico (C20:5)	20,85	20,60	9,68	12,18	17,83	18,12
Behênico (C22:0)	-	-	-	-	-	-
Erúcico (C22:1)	-	-	-	-	-	-
Docosahexaenóico (C22:6)	4,13	7,14	3,04	2,06	3,11	3,29
Lignocérico (C24:0)	-	-	-	-	-	-
Norvônico (C24:1)	-	-	-	-	-	-
Total saturados	34,90	41,70	34,83	34,74	30,98	31,56
Monoinsaturados	32,49	24,99	34,82	35,25	28,11	26,34
Poliinsaturados	32,61	33,32	30,04	30,62	40,89	42,09
Total insaturados	65,09	58,30	65,17	65,87	69,00	68,44
Total ω-3	24,98	27,74	12,72	14,24	20,94	21,41
Total ω-6	6,90	5,58	15,55	14,48	16,79	17,25

A= medalhão de pescada amarela; B= medalhão de rosado; 0= zero hora de maturação; 2= duas horas de maturação.

Em se tratando de ácidos graxos insaturados na pescada amarela o teor de EPA foi favorecido com o tempo de maturação variando de 9,68% para 12,18% apresentando uma média de 10,93% para maturado e não maturado, que se comparado com os valores encontrados na CMS corresponde a um decréscimo de aproximadamente 50% dos mesmos conforme Figura 17 e 18. Quando se observa o mesmo ácido graxo no bagre rosado conforme Figura 19 e 20 nota-se também um leve aumento com a maturação com média de 17,98% (maturado e não maturado) não muito distante de 20,60% da CMS que lhe deu origem. Verifica-se, desta maneira, que os condimentos, o período de maturação, como também as espécies utilizadas na preparação dos medalhões podem interagir e alterar o perfil dos ácidos graxos de um modo geral conforme Tabela 36.

Fatos semelhantes foram relatados por outros autores como Eboh; Mepba e Ekpo (2006), onde o uso do sal em peixe defumado tende a influenciar no aumento da variação dos ácidos graxos.

Em ambas as espécies as quantidades de ω -6 (6,9%) está cerca de 4 vezes menor que ω -3 (24,98%) ou seja, a relação de ω -6/ ω -3 nas CMS's está próximo de 1:4. Resultados semelhantes foram encontrados por Pinto (2006) que apresenta valores para pescada amarela 24,07% de ω -3 e 6,94% de ω -6. Segundo Osman; Suriah e Law (2001), que citaram para peixes marinhos valores de ω -3 em torno de 29,7 a 48.4% e ω -6 entre 11 a 20%. Valores contraditórios foram encontrados por Gutierrez e Silva (1993), em peixes de água doce. Tal contradição se dá pelo fato da alimentação de peixes marinhos ser baseada em zooplâncton, ricos em ω -3, enquanto que os de água doce alimentam-se de restos de vegetais e fitoplânctons, que são ricos em ω -6.

Apesar dos valores de ω -3 não serem muito diferentes nos medalhões maturados e não maturados, quando se compara a média de ambos (13,5%) com a CMS, verifica-se que há um decréscimo de 11,48 pontos percentuais com relação a sua origem. Enquanto que os valores de ω -6 mantiveram-se quase iguais (cerca de 1 ponto percentual de diferença), entretanto existe um aumento de 54% para pescada e de 67% para o bagre rosado, quando comparados com a CMS de origem.

No bagre rosado, os ácidos poliinsaturados representam em torno de 33,32 % do total de ácidos graxos e a relação de ω -6/ ω -3 está em torno de 1:5. Os valores de ω -3 nos medalhões diminuíram de 27,74% na CMS para 21,17%. Entretanto, nota-se que na comparação de ω -6 existe um acréscimo de 11,4 pontos percentuais, sendo que a relação de ω -6/ ω -3 nos medalhões é aproximadamente 1:1.

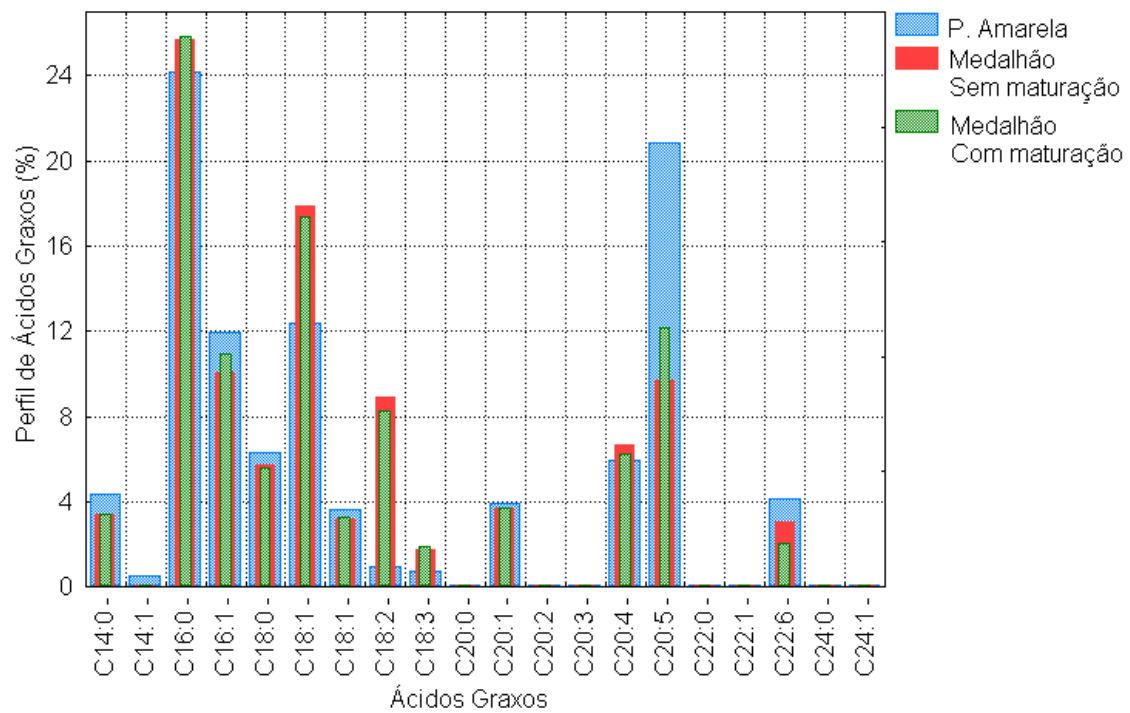


Figura 17. Composição percentual dos ácidos graxos encontrados no medalhão de pescada amarela

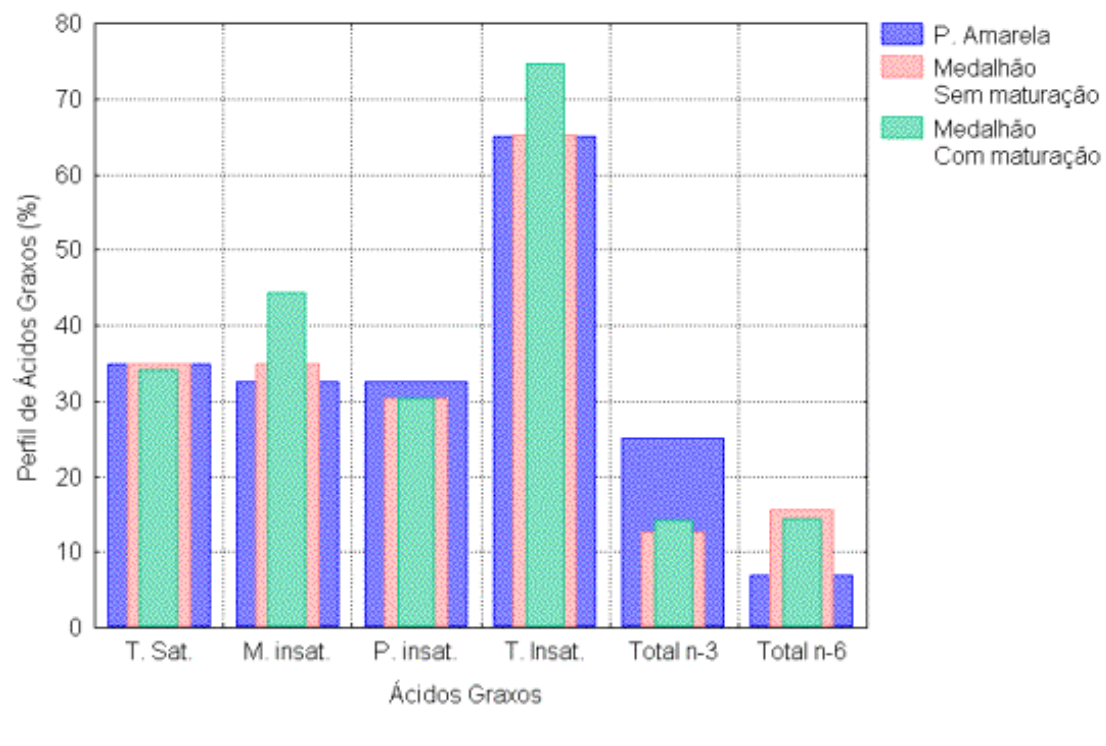


Figura 18. Composição percentual das classes de ácidos graxos encontrados no medalhão pescada amarela.

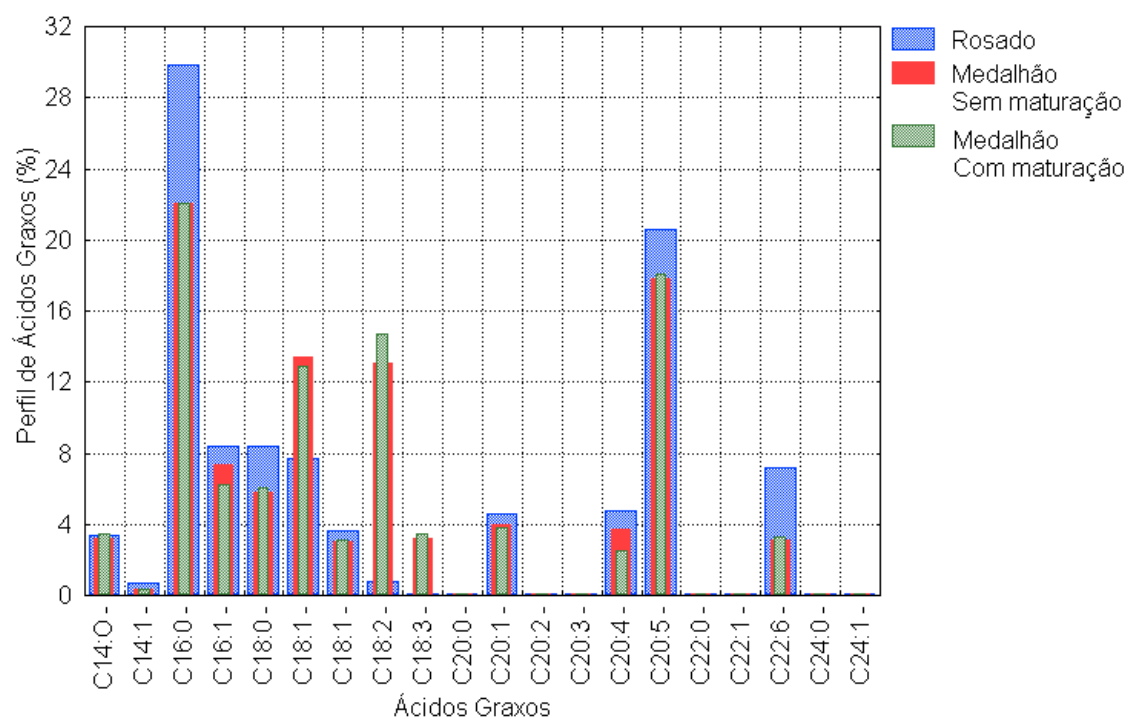


Figura 19. Composição percentual dos ácidos graxos encontrados no medalhão de bagre rosado.

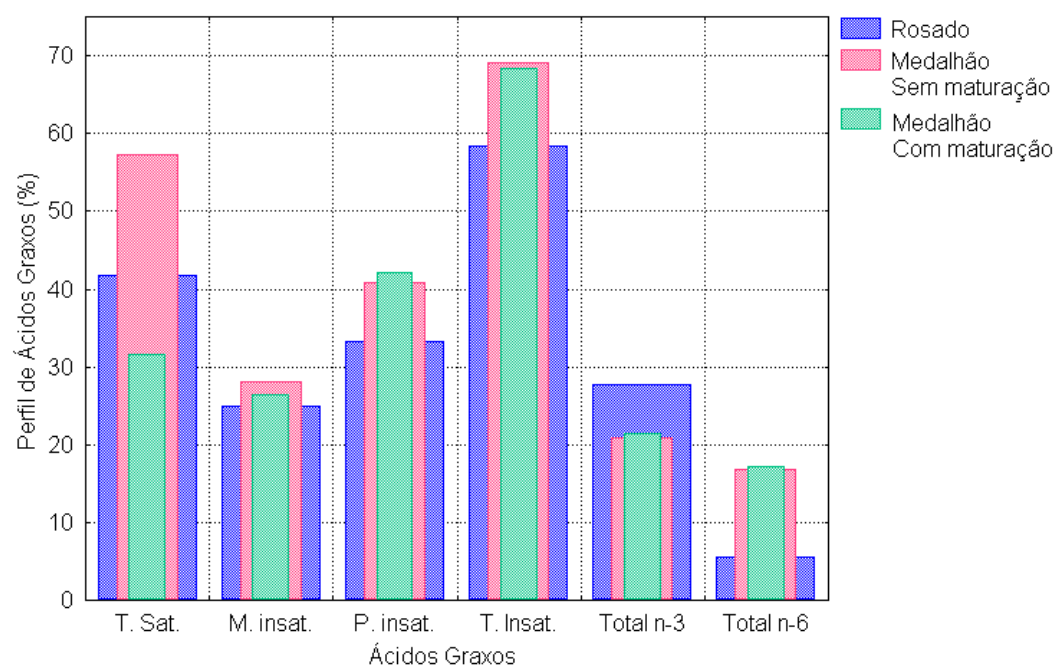


Figura 20. Composição percentual das classes de ácidos graxos encontrados no medalhão bagre rosado.

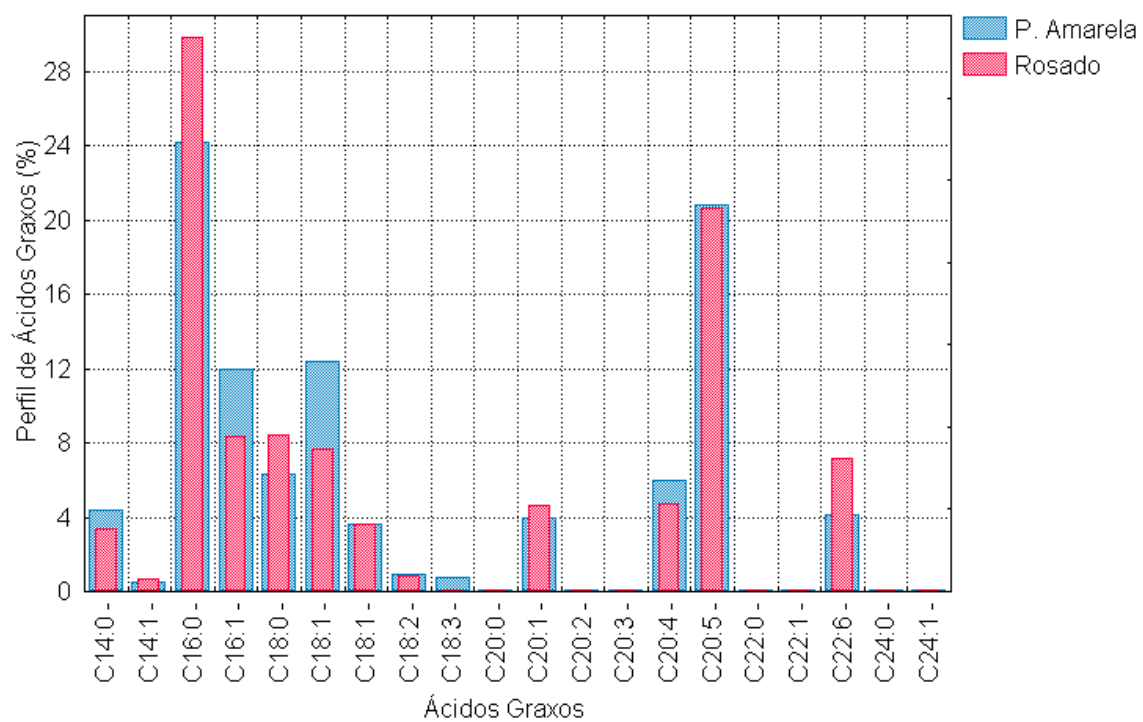


Figura 21. Composição percentual dos ácidos graxos encontrados na CMS de pescada amarela e bagre rosado.

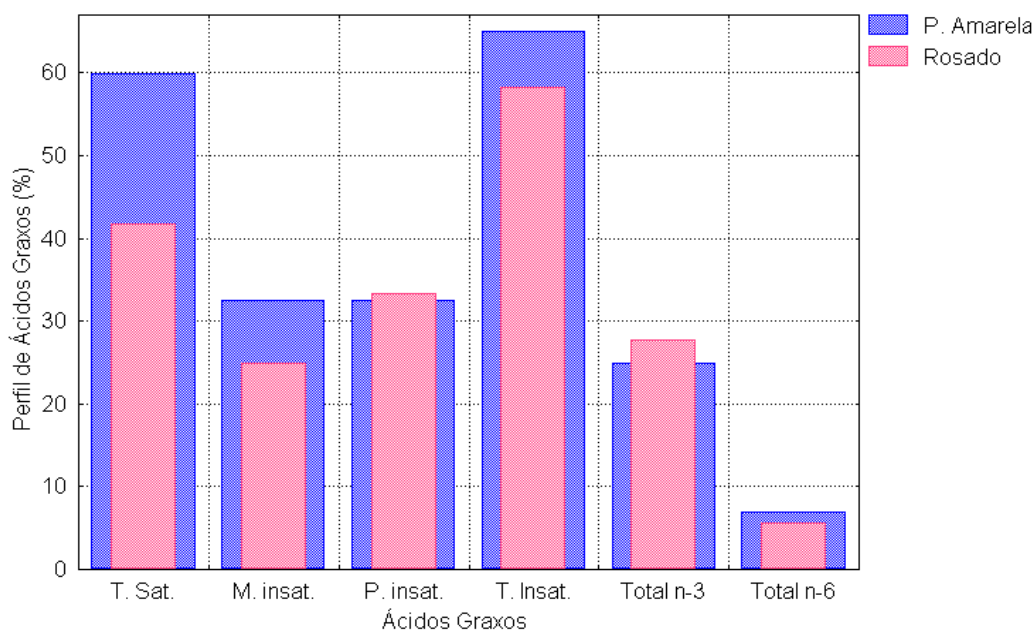


Figura 22. Composição percentual das classes de ácidos graxos encontrados na CMS de pescada amarela e bagre rosado.

4.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os resultados das análises microbiológicas realizadas nas amostras dos medalhões da pescada amarela e do bagre rosado estão descritos na Tabela 37, juntamente com os padrões microbiológicos estabelecidos pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) para produtos a base de pescados congelados (medalhões de peixe e similares) (BRASIL, 2001).

Através dos resultados obtidos nas análises de *Salmonella* e *Staphylococcus* verificou-se que estes estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação, porém os resultados obtidos na análise de coliformes termófilos demonstraram que algumas das amostras dos medalhões da pescada amarela e do bagre rosado estão acima dos limites estabelecidos pela portaria, provavelmente esta contaminação ocorreu em uma das etapas do processamento do produto. Portanto, há necessidade de maior cuidado na manipulação e higienização dos

equipamentos e utensílios utilizados na elaboração do medalhão, para evitar o comprometimento do produto.

Por se tratar de uma bactéria termosensível realizou-se análise sensorial, visto que durante o preparo das amostras para a realização da mesma, estas foram submetidas a tratamento térmico sob monitoramento da temperatura.

Tabela 37 Resultados das análises microbiológicas das CMS's e “medalhões de peixe” de pescada amarela e bagre rosado.

Amostra	Salmonella	<i>Staphylococcus</i> (coagulase positiva)	Coliformes a 45°C
Brasil (2001)	Ausente	10 ³	10 ³
CMS - P. amarela	Ausente	<1x10 ¹	>1.100
CMS - Rosado	Ausente	<1x10 ¹	>1.100
A0	Ausente	<1x10 ¹	>1.100
A2	Ausente	<1x10 ¹	>1.100
B0	Ausente	<1x10 ¹	>1.100
B2	Ausente	<1x10 ¹	150

Onde: A: pescada amarela; B: rosado; 0: sem maturação; 2: com duas horas de maturação.

4.7 ANÁLISE SENSORIAL

A Tabela 38 mostra os resultados obtidos na análise sensorial através do Teste de Aceitação aplicado nas amostras dos medalhões de pescada amarela e bagre rosado com trinta provadores não treinados. Através da Análise de Variância (ANOVA), observou-se que os valores de aceitação das amostras não são diferentes entre si ao nível de 5% de significância.

Tabela 38 Resultado do teste de aceitação dos medalhões de peixe.

Amostras	Aceitação (%)
Pescada amarela (sem maturação)	71,70
Pescada amarela (com maturação)	67,70
Bagre rosado (sem maturação)	71,70
Bagre rosado (com maturação)	71,70

Muitos provadores não reconheciam o sabor da matéria-prima (peixe) nos medalhões o que pode ter contribuído para uma melhor aceitação do produto analisado.

5 CONCLUSÃO

1- A composição físico-química de ambas as espécies encontra-se dentro de padrões apresentados na literatura para peixes marinhos magros com os seguintes valores médios: conteúdo de matéria seca de 22 %, proteína 15% e cinzas de 3,5%, e lipídios variando de 2,66% a 1,03%, o que indica a viabilidade do aproveitamento dos subprodutos de filetagem da indústria para as duas espécies estudadas.

2- A aplicação da técnica de planejamento fatorial completo, do tipo 2^2 , permitiu verificar a influência da variável isolada espécie de peixe (X_1), sobre as respostas lipídio e proteína para a confiança de 95% ($\alpha=0,05$). Verifica-se também que o tempo de maturação não influenciou em nenhuma das respostas analisadas.

3- A determinação do perfil de ácidos graxos nos “medalhões de peixe” indicou tratar-se de um alimento com boa qualidade nutricional. Pois a relação ω_6/ω_3 na CMS da pescada amarela passou de 0,28 para 1,1 e de 0,2 para 0,8 nos medalhões de pescada amarela e de bagre rosado, respectivamente.

4- Os resultados analíticos do óleo obtido na extração com CO_2 supercrítico mostraram que tal processo é possível de ser utilizado na obtenção de óleo de peixe, rico em ácidos graxos essenciais, por garantir a extração de toda a fração lipídica em condições brandas de temperatura, evitando assim, a oxidação promovida por altas temperaturas nas condições de extração convencionais.

5- Os resultados do valor de TBA em conjunto com a análise sensorial (teste de aceitação) indicaram que o “medalhão de peixe” estava bom para consumo.

6- O produto “medalhão de peixe” mostrou-se uma excelente alternativa para o aproveitamento de partes comestíveis não comercializadas de pescada amarela e bagre rosado.

REFERÊNCIAS

AIRES, A. C.; DIAS, A.; GUERRA, J. R.; CATARINO, R. Determinação do índice de TBA em carapau armazenado em refrigerado. Faculdade de ciências do Mar e do Ambiente - Universidade do Algarve. Gambelas. 2001.

ALAOR, F.A.R. **Carne de pescado separada mecanicamente: obtenção e utilização.** Campinas: ITAL, p31, 1994.

AOAC: Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemist, 16th Ed. 3th rev., 2002.

AOCS: Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5th Ed. 2002.

ARAÚJO, M. E.; MEIRELES, M. A. A. Extração de constituintes de óleos e gorduras com dióxido de carbono supercrítico In: FARIA, L. J. G.; COSTA, C. M. L. **Tópicos essenciais em tecnologia de produtos naturais.** Belém. UFPA/NUMA/POEMA. 1998. 302p. (Série POEMA nº 7)

BADOLATO, E. S. G.; CARVALHO, J. B. ; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. **Determinação dos ácidos eicosapentaenóico (EPA) e Docosahexaenóico (DHA) em óleo de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) brasileira e em suplementos alimentares à base de óleos de sardinha.** Rev. Inst. Adolfo Lutz, São Paulo v. 51 (1/2): 75-81, 1991.

BADOLATO, E. S. G.; CARVALHO, J. B. ; MELO, M. R. P.; TAVARES, M.; CAMPOS, N. C.; AUED-PIMENTEL, S.; MORAES, C. **Composição centesimal de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano.** Rev. Inst. Adolfo Lutz, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 27-35, 1994.

BHARTHEM, P. B. Situação do Manejo das Pescarias dos Grandes Bagres Amazônicos no Brasil. Informe del Taller Regional sobre Manejo de las Pesquerias de Bagre Migratorios del Amazonas. **Programa de Cooperacion Gubernamental FAO/Noruega.** Informe. F-5. 1999.

BELDA, M. C. R.; POURCHET-CAMPOS, M. A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V. 11 (1):5-35, 1991.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992. cap. 3, p. 39-50: Lipídeos.

BORDERIAS, A.J.; MATEOS, M.P. Productos pesqueros reestructurados. **Alimentária**. p. 53-62, Jan/fev. 1996.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters: an introduction the design, data analysis, and model building**. New York. Wiley, 1978.

BRASIL, MMA – Ministério do Meio Ambiente. IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. SINIMA – Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente. Instrumento à Implementação da Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº 6.938/81, artigo 9º, 1981.

BRASIL, Ministério da Agricultura – Superintendência do Desenvolvimento da Pesca – SUDEPE. Portaria nº N-042 de 18 de outubro de 1984.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 12, 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para produtos à base de pescado refrigerado e congelado (hambúrgueres e similares). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2001. p. 1-54.

BRASIL, MMA – Ministério do Meio Ambiente. IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de fauna e recursos pesqueiros. **Estatística da pesca, 2003**. Disponível em: <<http://200.198.202.145/seap.pdf.pesca2003.pdf>> Acesso em: 09/05/2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Estatística da Pesca, 2004**. Brasília – DF, dezembro de 2005.

BRUNNER, G. Supercritical fluids: technology and application to food processing. **Jornal of Food Engineering**, v. 67, p. 21-33, 2005.

CÂNDIDO, L.M.; NOGUEIRA, A.K.; SGARBIEIRI, V.C. Propriedades funcionais de concentrados protéicos de pescado preparados por vários métodos. **Revista brasileira de tecnologia de alimentos**, v.1, n 1,2 p. 77-89. 1998.

CONNELL, J.J. **Control de la calidad del pescado**. Zaragoza: Acribia, 1978. p.156-177.

CORRÊA, N. C. F. **Estudo da Cinética de Extração de Óleo da Semente de Maracujá com CO₂ Supercrítico**. Tese (Mestrado em Engenharia Química). Centro Tecnológico/UFPa. 88 p. Belém, 1994.

COULTATE, T. P. Manual de química y bioquímica de los alimentos. Acribia. 2ª ed. Zaragoza. España. 1996. 365p.

DAVIS, H.K. Calidad y alteración del pescado crudo. In.: RUITER, A. **El pescado y los productos derivados de la pesca**: Composición, propiedades nutritivas y estabilidad. Zaragoza: Acribia, 1999. p.225-256.

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

EBOH, L.; MEPBA, H. D.; EKPO, M. B. Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. **Food Chemistry** v.97, 2006 p. 490-497.

FAO/WHO Draft Revised Standart for Quick Frozen Blocks of Fish Fillets, Minced Fish Flesh and Mixtures of Filets and Minced Fish Flesh (Appendix IV). In: **Report of the 21st Session of the Codex Committee on Fish and Fishery Products**. Rome: Codex Alimentarius Commission, 1994. p. 47-57.

FARIA, L.J.G; COSTA, C.M.L. **Tópicos especiais em tecnologia de produtos naturais**. Belém: UFPA, NUMA, POEMA, 1998. 302p. (Série POEMA; n. 7).

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acríbia. 2000. 1258 p.

FERREIRA, V.L.P. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Manual: Série Qualidade). Campinas. SP: , 2000, 127p. SBCTA

GRAZIOLA, F.; SOLIS, V. S.; CURI, R. Estrutura química e classificação dos ácidos graxos In: CURI, R.; POMPEIA, C.; MIYASAKA, C. K.; PROCOPIO, J. **Entendendo a gordura - os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 2, p.5-24.

GUTIERREZ, L. E; SILVA, R. C. M. Fatty Acid composition of Commercially important fish from Brazil. **Science Agricola**. Piracicaba. Vol. 3. pg 478-483. 1993.

IBAMA. Estatística de Pesca – 1999 – Brasil. Brasília: IBAMA, 2001.

IBAMA/DIFAP/CGREP. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros. Alteração da Portaria 1583 art 5º, de 2004.

IBAMA, DIFAP/CGREP. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros. Estatística da Pesca 2004. Brasília-DF, Dez/2005.

INHAMUNS, A. J. **Composição de ácidos graxos de peixes de água doce da região amazônica brasileira**. 2000. 130 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)- Universidade Estadual de Campinas. Campinas 2000.

ISSAC, V. J.; BARTHEM, R. B. Os recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**. Série antropologia. 11 (2): 295-339. 1995.

JESUS, R.S.; MIRANDA, M.S. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 1995, São Luis.**Anais...** São Luis: UFMA, 1995. p.293-297.

JUNK, W. J. e SILVA, V. M. F. Mamuals, Reptiles and Amphibians. **Ecological Studies**, vol. 126. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997.

KAI, M.; MORAIS, C. Vias de deterioração do pescado In.: KAI, M.; RUIVO, U.E. **Seminário sobre controle de qualidade na indústria de pescado**. Santos. Loyola, 1988. p. 13-20.

KHURI, A. I.; CORNELL, J. A. **Response surfaces: design and analysis**. New York. Marcel Dekker, 1987.

LÉTISSE, M.; ROZIERES, M.; HIOL, A.; SERGENT, M.; COMEAU, L. Enrichment of EPA and DHA from sardine by supercritical fluid extraction without organic modifier I. Optmization of extraction condicions. **The Journal of Supercritical Fluid**. 2005. 10 p.

LIMA, E. S.; CARATIN, R. F.; SOLIS, V. S. Peroxidação dos ácidos graxos In: CURI, R.; POMPEIA, C.; MIYASAKA, C. K.; PROCOPIO, J. **Entendendo a gordura - os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 29, p.407-418.

LOURENÇO, L. F. H. **Aprovechamiento de la cachama (*Colossoma sp*) cultivada en la elaboracion de productos emulsificados**. Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnología de Alimentos)- Universidade Central de Venezuela 1993.

MAIA, J. G. S. **Óleos essenciais: Evolução dos métodos de análise**. 1982. Monografia (Doutorado em Ciência)- Universidade de Minas Gerais. Belo-Horizonte 1982.

MARQUES, E. S. **Avaliação preliminar do teor e composição dos lipídios da Piramutaba (*Brachysplatystoma vaillantii*): aspectos nutricionais e tecnológicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) Universidade Federal do Pará. 1999.

MARQUES, M. C. **Avaliação do desenvolvimento da oxidação lipídicas em filés e hamburguês de pacu (*Colossoma mitrei*) armazenados sob congelamento e o seu efeito na funcionalidade das proteínas**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas 2000.

McHUGH, M.; KRUKONIS, V. **Supercritical fluid extraction: principles and practices**. Boston: Butterworth, 1986. 507 p.

MENEZES, N. A.; FIGUEREDO, J. L. **Manual de Peixes do sudeste do Brasil**, Museu da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978. p. 21-24.

MOHAMED, R. S. Extração e fracionamento de produtos de ocorrência natural com fluidos supercríticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.17 (4): p. 344-353, dez. 1997.

MONTERO, M.P.; BORDERIAS, J. Alteraciones de las proteínas del pescado. Control de calidad. **Alimentos**. v. 13, n. 3, p. 43-53. 1988.

MORAES, J. L. C. **Extração da trimiristina das sementes de ucuúba (*Virola surinamensis* Warb. *Miristicaceae*) com fluido supercrítico**. Monografia (Mestrado em Química) Universidade Federal do Pará. Belém 2000.

MOREIRA, M.G. **Aproveitamento de espécies de peixe de baixo valor comercial, Bagre (*Rhandia spp.*), para obtenção do surimi como base constituinte para formulação de salsichas**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em engenharia de alimentos). Universidade Federal do Pará. Belém. 2005.

NELSON, D. e COX, M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. 3ª ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas-SP: Editora da UNICAMP, 1995. p 299 (Série Manuais)

OGAWA, M; OGAWA, N.B.P. Alterações do pescado pós-morte. In.: OGAWA, M; MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Livraria Varela, 1999. p. 111-137.

OGAWA, M. Microrganismos do pescado. In.: OGAWA, M; MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Livraria Varela, 1999. p. 141-156.

OSMAN, H.; SURIAH, A. R.; LAW, E. C. Fatty acids composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. **Food Chemistry** 73, 2001. p. 55-60

PACHECO, S.G.A, **Estabilidade oxidativa de óleo de peixe encapsulado e armazenado em diferentes tipos de embalagens e condição ambiente**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba: ESALQ – USP, 2005.

PAIVA, M. P. **Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinhos do Brasil**. Fortaleza: EUFC, 1997, p. 278.

PARK, Y. K.; KOO, M. H.; CARVALHO, P.O. Recentes progressos dos alimentos funcionais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 5, n. 31, 1997.

PEDRERO, A. L.; PANGBORN, R. M. **Evaluación sensorial de los alimentos: Métodos analíticos**. México: Alhambra, 1997.

PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos** – Componentes dos alimentos e processos. I. São Paulo, Artmed. 2005. p. 33 a 49.

POMPÉIA, C. Essencialidade dos ácidos graxos In: CURI, R.; POMPEIA, C.; MIYASAKA, C. K.; PROCOPIO, J. **Entendendo a gordura - os ácidos graxos**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 3, p.25-32.

PONTES, I. A pesca industrial do Pará. **Sinpesca** (informativo), Belém, 2000.

PINTO, S. V. **Caracterização centesimal e dos perfis de ácido graxos, aminoácidos e minerais de filés de dez pescados amazônicos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Pará.- UFPA. Belém, 2006.

PIZATO, N.; BONATTO, S.; PICONSELLI, M. SOUZA, L. M.; SASSAKI, G. L.; NALIWAIKO, K.; NUNES, E. A.; CURI, R.; CALDER, P. C.; FERNANDES, L. C. Fish oil alters T- lymphocyte proliferation and macrophage responses in Walker 256 tumor-bearing rats. **Nutrition**. 22, 2006. p. 425-432.

QUEIROZ, H. A. **Aproveitamento de resíduo de pescado: uma alternativa econômica e ecológica.** Monografia (especialização em Gestão de Agronegócios). Universidade do Estado do Pará. Belém, 2004.

RAVENTÓS, M.; DUATE, S.; ARLACÓN, R. Application and Possibilities of Supercritical CO₂ Extração in Food Processing Industry: An Overview. **Food Science and Technology International** 2002.; 8 (5) p.269-284.

ROCHA, Y. R.; AGUIAR, P. L.; MARINHO, H. A.; SHRIMPTON, R. Aspectos nutritivos de alguns peixes da Amazônia. **Acta Amazônica**. 12(4),1982. p. 787-794

RORA, A. M. B.; EINEN, O. Effects of Freezing on Quality of Cold-smoked Salmon Based on the measurements of Physiochemical Characteristics. **Journal of Food Science**. Vol. 68, nº 6, 2003. p. 2123-2127.

SAMPAIO, A. H.; SAKER-SAMPAIO, S. Química de algas marinhas In: OGAWA, M; MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado.** São Paulo: Livraria Varela, 1999. p. 273-290.

SHAHIDI, F. Stability of fats and oils in: LATIN AMERICAN CONGRESS AND EXHIBIT ON FATS AND OILS PROCESSINGS, 6., Campinas, 1995. **Proceedings**. Campinas: Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras, 1995. p.47-54.

SHAHIDI, F. Lípidos y proteínas funcionales del pescado In: MAZZA, G. **Alimentos funcionales**. Zaragoza: Editorial Acríbia, 1998. cap.12 p.381-401.

SIHVONEN, M.; JÄRVENPÄÄ, E.; HIETANIEMI, V.; HUOPALAHTI, R. Advances in supercritical carbon dioxide technologies. **Food Science & Technology** v. 10, 1999. p. 217-222.

SILVA, F. R. T. **Influência de variáveis operacionais no rendimento e na resistência mecânica de fibras de aninga (*Montrichardia linífera* SCHOTT.), por processo químico.** Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Química) Universidade Federal do Pará. Belém, 2005.

SIMÕES, D. R. S.; QUEIROZ M. I.; VOLPATO, G.; ZEPKA, L. Q. **Desodorización de base protéica de pescado (BPP) con ácido fosfórico**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas-SP, Vol. 24, n. 1, jan/mar., 2004.

SUÁREZ-MAHECHE, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; SACCOL, A.; PARDO-CARRASCO, S. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do instituto de pesca**, São Paulo, 28(1): 2002. p.101-110.

SUVANICH, V.; MARSHALL, D.L.; JAHNCKE, M. L. Microbiological and Color Quality Changes of Channel Catfish Frame Mince During Chilled and Frozen Storage. **Journal of Food Science** Vol. 65, nº 1, 2000 p.151-154.

SWANN, P. G.; PARENT, C. A.; CROSET, M.; FONLUPT, P.; LAGARD, M.; VENTON, D. L.; BRETON, G. C. L. Enrichment of Platelet Phospholipids with Eicosapentaenoic Acid and Docosahexaenoic Acid inhibits Thromboxane A₂ / Prostaglandin H₂ Receptor Binding and Function. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 265. nº 35. December 15, 1990.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for microbiological examination of foods**. 3rd ed. Washington: American Public Health Association, 1992. 914p.

WARTHESEN, J.; MUEHLENKAMP, N. Food chemistry for engineers. Chap. 17. In: VALENTAS, K.; ROTSTEIN, E.; SHING, R. P. **Handbook of engineerig practice**. New york: CRC Press, 1997.