



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

THIAGO SANTANA TAVARES

**EXTRUSADOS DE CAMARÃO REGIONAL
(*Macrobrachium amazonicum*), QUIRERA DE ARROZ
E ARROZ POLIDO TRITURADO**

BELÉM

2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

THIAGO SANTANA TAVARES

**EXTRUSADOS DE CAMARÃO REGIONAL
(*Macrobrachium amazonicum*), QUIRERA DE ARROZ
E ARROZ POLIDO TRITURADO**

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

Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço (Orientador)

Dr. Eder Augusto Furtado Araujo (Co-orientador)

BELÉM

2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Tavares, Thiago Santana

Extrusados de camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*),
Quirera de arroz e arroz polido triturado. orientador, Lúcia de Fátima
Henriques Lourenço; Co-orientador, Eder Augusto Furtado Araújo._
Belém - 2010

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto
de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
de Alimentos, 2010

1. Processo de extrusão 2. Camarão de água doce 3. Arroz
I. Título

CDD 22.ed. 664.024



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

THIAGO SANTANA TAVARES

**EXTRUSADOS DE CAMARÃO REGIONAL (*Macrobrachium
amazonicum*), QUIRERA DE ARROZ E ARROZ POLIDO TRITURADO**

BANCA EXAMINADORA :

Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço
(FEA/ITEC/UFPA – Orientador)

Dr. Eder Augusto Furtado Araujo
(FEA/ITEC/UFPA – Co-orientador)

Dra. Ana Vânia Carvalho
(EMBRAPA CPATU – Membro)

Dra. Alessandra Santos Lopes
(FEA/ITEC/UFPA – Membro)

DEDICATÓRIA. Dedico este trabalho especialmente aos meus pais, Raimundo e Hilda, à minha irmã, Thiciana e a minha esposa Celice, por todo amor e cumplicidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por mais esta conquista.

Aos meus pais, irmã, avós, tios, tias, primos, pelo amor incondicional, apoio e pelo exemplo de vida.

À minha companheira de vida Celice, por todo amor, carinho, dedicação e força.

À minha orientadora, Profa. Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço e ao meu co-orientador, Prof. Dr. Eder Furtado Araújo, pela orientação, amizade e dedicação dadas a mim neste trabalho.

À Dra. Ana Vânia, pelo auxílio, atenção e sugestões no decorrer deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, por toda atenção e sugestões.

À Profa. Dra. Alessandra Lopes e à Profa. Dra. Luiza Meller, pela amizade, sugestões e atenção dadas a mim ao longo deste trabalho.

À Profa. Dra. Nádia pela atenção, compreensão e amizade.

Ao seu Mário Carneiro e ao Saulo, técnicos de laboratório (UFPA), pela atenção, ajuda nos momentos de dúvida e pela amizade.

À Lorena Leal, pela parceria, amizade e grande ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Aos fornecedores das matérias-primas utilizadas: Empresa AMAZA, pela doação do camarão regional e ao seu Pernambuco, pela doação da quirera de arroz.

À FAPESPA pela bolsa de estudos concedida.

À UFPA pelo suporte institucional.

À EMBRAPA pelo suporte institucional.

Aos técnicos do laboratório de Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental, Seu Gilberto e Dona Solange, pela colaboração valiosa.

À Professora Consuelo, D. Célia e Suely e às bolsistas do Laboratório de Microbiologia.

Aos professores, Msc. Rolf Junior Silva e Dr. Hilton Tulio Costi do Laboratório MPEG/Lab. MEV, do Instituto Museu Paraense Emilio Goeld, pela realização das análises de microscopia eletrônica por varredura.

Aos amigos Daniela, Giane, Denny, Marcos, Elizabeth, Ligiane, Cleidiane, Kathyúscia, Hugo, Ivonete, Andréia, Luiza, Priscila e Marcelo pela amizade, momentos convvidos, conselhos e carinho dados a mim durante todo este tempo e

a todas as pessoas que de formas diversas me apoiaram e contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A todos os professores que ao longo da minha vida estudantil me deram base para que eu chegasse até aqui.

EPÍGRAFE. “Por vezes, sentimos que aquilo que fazemos não é, senão, uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.” (Madre Tereza de Calcutá)

RESUMO

Foi estudado o efeito da extrusão termoplástica sobre as propriedades físicas, físico-químicas e funcionais dos extrusados, no desenvolvimento de um produto à base de arroz polido triturado, quirera de arroz e farinha de camarão regional. Processou-se a farinha do camarão regional utilizando-se estudo de cinética de secagem. As curvas de secagem foram obtidas para as temperaturas de 50, 60 e 70°C. Para o ajuste dos dados foi utilizado o modelo difusional de Fick, sem considerar o encolhimento. O delineamento experimental foi utilizado para a obtenção dos extrusados, sendo realizado segundo um planejamento fatorial completo 2^3 com 17 ensaios experimentais, sendo 3 referentes ao ponto central. As variáveis independentes estudadas foram: umidade inicial da matéria-prima, concentração de farinha de camarão e temperatura na 3ª zona do extrusor. As variáveis dependentes (respostas) foram: índice de expansão (IE), índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), cor (L^* - luminosidade) e análise sensorial (avaliação global). Após o processamento do produto na condição otimizada, os mesmos foram avaliados em relação às suas estruturas externas e internas, utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e também realizou-se a caracterização físico-química. Os valores de difusividade efetiva obtidos foram da ordem de 10^{-10} m²/s, sendo que o modelo avaliado apresentou bom ajuste. Os valores encontrados para o índice de expansão (IE) demonstraram que um aumento no teor de farinha de camarão e na umidade inicial da matéria-prima promoveram uma redução no IE. Observou-se que os efeitos das variáveis não foram significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$) para os parâmetros luminosidade (L^*) e índice de solubilidade em água (ISA). Os maiores valores de IAA foram obtidos para os valores mais altos de umidade e de temperatura.

Palavras-chave: 1. Extrusado. 2. Camarão regional. 3. Quirera de arroz. 4. Microscopia.

ABSTRACT

The effect of thermoplastic extrusion on the physical, physico-chemical and functional properties of extrudates in developing a product based on ground polished rice, broken rice and flour regional shrimp. Sued the flour shrimp using a regional study of drying kinetics. Drying curves were obtained for temperatures of 50, 60 and 70 ° C. To adjust the data was used Fick's diffusional model, without considering the shrinkage. The experimental design was used to obtain extrudate, being carried out according to a 2³ factorial design with 17 trials, 3 for the central point. The independent variables studied were initial moisture content of raw material, concentration of shrimp meal and temperature in the 3rd zone of the extruder. The dependent variables (responses) were: expansion index (EI), water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), color (L * - lightness) and sensory evaluation (overall evaluation). After processing the product in optimum condition, they were assessed for their internal and external structures using scanning electron microscopy (SEM) and also held the physicochemical characterization. The effective diffusivity values obtained were around 10⁻¹⁰ m² / s, but the model parameters showed good fit. The values found for the expansion index (EI) showed that an increase in meal content of shrimp and water content of raw material promoted a reduction in IE. It was observed that the effects of the variables were not significant with 95% confidence (p ≤ 0.05) for the parameters lightness (L *) and water solubility index (WSI). The higher values of WAI were obtained for higher values of humidity and temperature.

Key-words: 1. Extrusion. 2. Shrimp regional. 3. Broken rice. 4. Microscopy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Camarão regional (<i>Macrobrachium amazonicum</i>).....	19
Figura 2.	Grãos de arroz.....	28
Figura 3.	Esquema básico do processo de extrusão.....	36
Figura 4.	Esquema representativo do extrusor mono rosca utilizado na produção de extrusados.....	49
Figura 5.	Curvas de secagem do camarão regional nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.....	63
Figura 6.	Ajuste do modelo de Fick para o camarão regional seco à temperatura de 50°C.....	64
Figura 7.	Ajuste do modelo de Fick para o camarão regional seco à temperatura de 60°C.....	64
Figura 8.	Ajuste do modelo de Fick para o camarão regional seco à temperatura de 70°C.....	65
Figura 9.	Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de processo no IE dos extrusados.....	77
Figura 10.	Efeito da umidade da matéria-prima e da concentração de farinha de camarão no IE dos extrusados.....	78
Figura 11.	Efeito da concentração de farinha de camarão e da temperatura no IE dos extrusados.....	78
Figura 12.	Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de processo no IAA dos extrusados.....	87
Figura 13.	Efeito da umidade da matéria-prima e da concentração de farinha de camarão no IAA dos extrusados.....	87
Figura 14.	Efeito da concentração de farinha de camarão e da temperatura no IAA dos extrusados.....	88
Figura 15.	Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de processo na AG dos extrusados.....	93
Figura 16.	Efeito da umidade da matéria-prima e da concentração de farinha de camarão na AG dos extrusados.....	93
Figura 17.	Efeito da concentração de farinha de camarão e da temperatura na AG	94

	dos extrusados.....	
Figura 18.	Micrografias demonstrando a estrutura da face externa do extrusado otimizado.....	97
Figura 19.	Micrografias demonstrando a estrutura da face interna do extrusado otimizado.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição centesimal do camarão regional inteiro.....	21
Tabela 2.	Resultado da composição química da farinha de camarão.....	25
Tabela 3.	Composição do grão de arroz.....	29
Tabela 4	Composição química da quirera de arroz em base seca.....	30
Tabela 5.	Níveis das variáveis independentes.....	51
Tabela 6.	Ensaio realizados de acordo com o planejamento experimental....	52
Tabela 7.	Caracterização microbiológica do camarão regional <i>in natura</i>	58
Tabela 8.	Caracterização microbiológica da quirera de arroz e arroz polido quebrado.....	58
Tabela 9.	Caracterização físico-química do camarão regional <i>in natura</i>	59
Tabela 10.	Caracterização físico-química da quirera de arroz em base seca....	60
Tabela 11.	Caracterização físico-química do grão de arroz polido em base seca.....	61
Tabela 12.	Valores de difusividade efetiva, R^2 e P obtidos para o modelo de Fick para a farinha de camarão regional.....	65
Tabela 13.	Caracterização microbiológica da farinha de camarão regional.....	67
Tabela 14.	Caracterização física e química da farinha de camarão regional.....	67
Tabela 15.	Granulometria da farinha de camarão, quirera de arroz e arroz polido quebrado.....	69
Tabela 16.	Resultados da determinação de cor da farinha de camarão regional, quirera de arroz e arroz polido quebrado.....	70
Tabela 17.	Resultados experimentais obtidos para as diferentes condições de extrusão.....	72
Tabela 18.	Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para índice de expansão dos extrusados.....	74
Tabela 19.	Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para índice de expansão dos extrusados.....	74
Tabela 20.	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para índice de	76

	expansão.....	
Tabela 21.	Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta luminosidade (L*).	80
Tabela 22.	Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta luminosidade (L*).....	81
Tabela 23.	Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de solubilidade em água (ISA).....	82
Tabela 24.	Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de solubilidade em água (ISA).....	83
Tabela 25.	Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de absorção de água (IAA).....	84
Tabela 26.	Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de absorção de água (IAA).....	84
Tabela 27.	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para índice de absorção de água (IAA).....	85
Tabela 28.	Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta avaliação global (AG).....	90
Tabela 29.	Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta avaliação global (AG).....	90
Tabela 30.	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para avaliação global (AG).....	91
Tabela 31.	Caracterização físico-química do produto extrusado otimizado.....	95

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1. CAMARÃO REGIONAL (<i>Macrobrachium amazonicum</i>).....	19
2.1.1. Aspectos sobre a qualidade do pescado.....	21
2.1.1. Resíduo do camarão.....	24
2.1.3. Proteínas do pescado.....	26
2.1.4. Farinha de pescado.....	26
2.2. ARROZ.....	27
2.3. QUIRERA DE ARROZ.....	29
2.4. AMIDO.....	30
2.5. SECAGEM OU DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS.....	32
2.6. ATIVIDADE DE ÁGUA.....	34
2.7. PROCESSO DE EXTRUSÃO.....	35
2.7.1. Fatores que interferem no processo de extrusão.....	37
2.8. COR INSTRUMENTAL.....	38
2.9. ANÁLISE SENSORIAL.....	39
3. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL NA PRODUÇÃO DE EXTRUSADOS	40
3.1. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	42
4. MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1. MATERIAL.....	43
4.1.1. Matérias-primas.....	43
4.2. MÉTODOS.....	43
4.2.1. Caracterização microbiológica.....	43
4.2.2. Caracterização físico-química das matérias-primas.....	43
4.2.3. Processamento da farinha de camarão.....	44

4.2.3.1.	Lavagem e higienização.....	44
4.2.3.2.	Cocção.....	45
4.2.3.3.	Trituração.....	45
4.2.3.4.	Secagem.....	45
4.2.3.5.	Trituração após secagem.....	46
4.2.4.	Avaliação do rendimento da farinha de camarão regional.....	46
4.2.5.	Caracterização microbiológica da farinha de camarão.....	47
4.2.6.	Caracterização físico-química da farinha de camarão.....	47
4.2.7.	Caracterização granulométrica das matérias-primas.....	47
4.2.8.	Extrusão.....	47
4.2.8.1.	Preparo das matérias-primas.....	47
4.2.8.2.	Processamento.....	48
4.2.9.	Planejamento experimental.....	50
4.3.	Avaliação das características tecnológicas dos extrusados.....	53
4.4.	Análise sensorial.....	54
4.5.	Análise estatística dos resultados.....	55
4.6.	Otimização do processo de extrusão.....	57
4.7.	Análises realizadas no extrusado otimizado.....	57
4.7.1.	Caracterização físico-química dos extrusados.....	57
4.7.2.	Avaliação dos extrusados por microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	57
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS.....	58
5.1.1.	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.....	58
5.1.2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....	59
5.1.3.	Processamento da farinha de camarão regional.....	62
5.1.3.1.	Cinética de secagem do camarão regional.....	62
5.1.3.2.	Avaliação do rendimento da farinha de camarão regional.....	66
5.1.3.3.	Caracterização microbiológica da farinha de camarão regional.....	66
5.1.3.4.	Caracterização físico-química da farinha de camarão regional.....	67
5.1.4.	Caracterização granulométrica das matérias-primas.....	69
5.1.5.	Cor das matérias-primas.....	70

5.2.	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	71
5.3.	AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS EXTRUSADOS.....	73
5.3.1.	Índice de expansão.....	73
5.3.2.	Luminosidade (L*).....	79
5.3.3.	Índice de solubilidade em água (ISA).....	82
5.3.4.	Índice de absorção de água (IAA).....	83
5.4.	ANÁLISE SENSORIAL.....	89
5.4.1.	Avaliação global.....	89
5.5.	Otimização.....	94
5.5.1.	Caracterização físico-química do produto otimizado.....	95
5.5.2.	Caracterização microscópica.....	96
6.	CONCLUSÕES	99
7.	REFERÊNCIAS	101

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo, sendo uma fonte de vários nutrientes e quando beneficiado, produz subprodutos como a casca, o farelo e os grãos quebrados, que possuem baixo valor comercial. Sendo assim, os grãos quebrados são transformados em farinha de arroz, matéria-prima de crescente utilização em produtos industrializados graças ao sabor pouco pronunciado, não interferindo no sabor da maioria dos alimentos (GALERA, 2006).

Já o pescado, um alimento de elevado valor protéico, rico em sais minerais e vitaminas, de fácil digestibilidade, é considerado por seu valor nutritivo um dos alimentos mais completos para o homem (OGAWA, 1999).

A espécie de camarão *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) no estado do Pará é utilizada tanto na aquicultura como explorada através da pesca comercial, sendo que, quando não é comercializada *in natura*, é industrializada para obtenção de produtos sem cefalotórax ou produtos sem cefalotórax e exoesqueleto, que gera resíduos que correspondem a aproximadamente 70% do peso da matéria-prima (SILVA et al., 2007; CCTTMAR-UNIVALI, 2000).

A extrusão é um dos processos industriais que tem se mostrado eficiente na obtenção de produtos alimentícios, ganhando destaque e expansão na indústria alimentícia. É tecnologia alternativa para aproveitamento de produtos e subprodutos, favorecendo a alimentação humana e animal no que diz respeito a misturas enriquecidas, pois contribui para a melhoria do valor nutricional dos alimentos, sendo de grande interesse para programas de alimentação suplementar em países em desenvolvimento, que buscam tecnologia para produção de alimentos nutritivos de baixo custo, destinado às populações mal-nutridas (BORBA et al., 2005; BORGES et al., 2003).

Sendo assim tanto a quirera de arroz como o camarão regional podem ter uma agregação de valor pelo uso da extrusão, com o desenvolvimento de produto alimentício diferenciado e nutritivo. A utilização de camarão regional com casca visa utilizar integralmente o mesmo evitando a emissão de resíduos no ambiente, assim como a quirera de arroz.

Considerando o potencial uso do *M. amazonicum*, da quirera de arroz e do arroz polido, o objetivo geral deste trabalho foi elaborar um produto extrusado a partir dessas matérias-primas e estudar o efeito da extrusão termoplástica sobre as propriedades físicas, físico-químicas, funcionais e sensoriais dos produtos extrusados. Como objetivos específicos citam-se:

- Caracterizar as matérias-primas através de análises físicas, químicas e microbiológicas;

- Obter a farinha do camarão regional por meio do estudo da cinética de secagem e realizar a caracterização física, química, microbiológica e o rendimento da mesma;

- Avaliar a influência da formulação, umidade e temperatura do processo de extrusão termoplástica nas respostas índice de expansão (IE), luminosidade (L*), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e aceitação global nos produtos extrusados;

- Caracterizar o produto final através de análises físicas, químicas e microestruturais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CAMARÃO REGIONAL (*Macrobrachium amazonicum*)

Os camarões do gênero *Macrobrachium*, família Palaemonidae, caracterizam-se por uma ampla distribuição mundial nas águas doces e salobras. Numerosas espécies apresentam um grande interesse comercial, tanto pela aqüicultura, quanto pela exploração de seus estoques naturais (COLLART, 1993).

Entre os camarões, o *Macrobrachium amazonicum* (Figura 1) destaca-se por apresentar grande distribuição geográfica, ocorrendo nas bacias dos rios Orinoco, Amazonas, São Francisco, Paraná, Paraguai e áreas costeiras do norte e nordeste da América do Sul (HAYD, 2007). É explorado, normalmente, na pesca artesanal e possui grande aceitação no mercado, podendo ser utilizado para povoamento de açudes e lagos, principalmente por sua resistência (FURUYA et al., 2006).



Figura 1. Camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*)

Fonte: VIEIRA, 2008.

Dentre as espécies encontradas no Pará, o camarão *Macrobrachium amazonicum*, mais comumente conhecido como camarão-regional, camarão-canela, camarão-sossego ou camarão-cascudo, é o que melhor se destaca, pois possui grande potencial econômico e aceitação no mercado paraense (MORAES-RIODADES et al., 1999).

As populações de *M. amazonicum* são caracterizadas por uma grande variabilidade do comprimento. De modo geral, os indivíduos capturados em águas

correntes dos grandes rios apresentam comprimentos maiores que os camarões coletados em águas mais calmas dos lagos de várzea e das represas. Assim, no baixo rio Tocantins foi observado um comprimento médio anual de 60 mm e um comprimento máximo de 132 mm, enquanto que no lago da represa de Tucuruí o comprimento médio das populações era de 55 mm e o maior indivíduo tinha somente 80 mm (COLLART, 1993).

A espécie é bem aceita nos mercados consumidores do Norte e Nordeste porque sua carne apresenta textura mais firme e apresenta um sabor mais acentuado quando comparado com *M. rosenbergii* (MORAES-RIODADES & VALENTI, 2002).

Os camarões do gênero *Macrobrachium* são crepusculares, com atividades mais acentuadas no início e fim do dia, quando saem à procura de alimento. Seu período reprodutivo está intimamente associado ao regime de chuvas, as variações térmicas e ao fotoperíodo da região. Para concluir o processo reprodutivo a espécie poderá ter preferência por áreas estuarinas ou interioranas (PEIXOTO, 2002).

Segundo Odinetz-Collart (1991), na Amazônia Central as populações desta espécie são caracterizadas por uma atividade contínua, podendo surgir fêmeas ovígeras durante todo o ano e numa mesma amostra, e encontrar fêmeas com ovários em diferentes estágios de maturação.

Os machos são continentais férteis e as fêmeas passam por um ciclo de maturação gonadal com quatro estágios: *imaturado*, *início da maturação*, *em maturação* e *maturo* (PINHEIRO; HEBLING, 1998).

Segundo dados da Food and Agriculture Organization (FAO, 2000) desde 1994 tem havido uma tendência em utilizar uma proporção maior da produção pesqueira para consumo humano direto, ao invés de destiná-los a outras finalidades. O pescado tem enormes possibilidades de transformações, podendo ser aproveitado na forma de farinha, azeite, enlatado entre outros subprodutos igualmente importantes para consumo humano ou para outros fins.

O camarão regional é uma espécie de água doce constituindo fonte de proteína para a dieta humana com grande aceitação no mercado interno e externo devido a qualidade de sua carne, fato que tem estimulado o interesse econômico e conseqüentemente o aumento da exploração dos estoques naturais pela pesca artesanal (DUARTE; SOUSA, 2001).

A Tabela 1 mostra a composição centesimal do camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*), segundo Furuya et al. (2006).

Tabela 1. Composição centesimal do camarão regional inteiro.

Composição	Teor (média \pm desvio padrão)
Umidade (%)	70,3 \pm 0,3
Cinzas (%)	1,5 \pm 0,1
Proteína bruta (%)	24,8 \pm 0,2
Lipídios totais (%)	1,5 \pm 0,1

Fonte: Furuya et al. (2006).

Segundo Ogawa (1999) a composição da parte comestível do pescado pode conter entre 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína, 0,6 a 36% de lipídeos, 0,3 a 1% de carboidrato e 1 a 2% de cinzas. Estes componentes são muito importantes para o valor nutritivo, características de textura, qualidades sensoriais e capacidade de amaciamento da carne. Os outros constituintes, como as vitaminas e minerais, estão presentes em quantidades menores, mas também desempenham papel significativo nos processos bioquímicos *post-mortem*. A proporção destes componentes depende da espécie, do sexo e do ciclo biológico do animal, assim como devem ser também considerados fatores ecológicos, tais como: estação do ano, local, abundância de nutrientes, temperatura e salinidade da água.

2.1.1 Aspectos sobre a qualidade do pescado

A conservação do pescado apresenta muitos problemas, uma vez que a decomposição ocorre rapidamente, em decorrência dos métodos de captura que provocam morte lenta e dos consideráveis danos mecânicos. Outro fator importante refere-se aos inúmeros microrganismos presentes nas águas, bem como a microbiota natural do pescado, localizado principalmente nos intestinos, brânquias e limo superficial, fatores que aceleram o início da deterioração. Além disso, o pH próximo à neutralidade, a elevada atividade de água nos tecidos e altos teores de nutrientes, fazem com que o pescado seja considerado um dos produtos de origem animal mais susceptíveis ao processo deteriorativo (LEITÃO, 1984).

Por ser considerado um alimento altamente perecível, o pescado exige muito cuidado em relação ao seu manuseio, tanto durante o processo de captura quanto durante a estocagem nas urnas isotérmicas ou câmaras frigoríficas dos barcos pesqueiros (VIEIRA, 2004).

Intoxicações alimentares relacionadas à manipulação inadequada de produtos pesqueiros vêm aumentando a cada ano, no mundo todo. O *Staphylococcus aureus* é de grande importância nesses surtos, já que é encontrado freqüentemente nas mãos e trato respiratório de muitos manipuladores de alimentos (BARRETO, 2004). No Brasil, pesquisas realizadas em diferentes regiões do país mostram a ocorrência de *S. aureus* em pescado (DAMS et al., 1996).

De modo semelhante à carne, qualquer produto alimentício precedente do mar pode alterar-se por autólise, atividade bacteriana e/ou oxidação. A diferença básica consiste no fato de que o músculo de pescado é mais susceptível à deterioração do que a carne dos mamíferos, tendo em vista que o processo autolítico no pescado é mais rápido e sua reação menos ácida favorece o ataque bacteriano (VIEIRA, 2004).

Logo que é retirado da água, o pescado experimenta uma série de fenômenos naturais que levam a sua deterioração. A deterioração pode ser definida como as alterações inaceitáveis que ocorrem no músculo “*post-mortem*”. Estas alterações ocorrem independentemente da forma como o pescado é manuseado, mas a velocidade com que elas se instalam pode ser reduzida até certa extensão para manter um alto grau de frescor, de modo que a etapa de processamento posterior seja possível. Apesar de o crescimento bacteriano representar a principal causa da deterioração do pescado, seu controle pode ser realizado através da utilização de agentes bactericidas e métodos adequados de esterilização (VIEIRA, 2004).

Vieira e Telles (1976) trabalhando com camarão *Xyphopenaeus kroyeri* e *Penaeus schimitti*, trataram os mesmos com solução de hipoclorito de sódio a 5ppm (mg/L) durante 15 minutos, sendo que essa concentração e o tempo foram eficientes na redução da contaminação bacteriana, podendo ser aplicado aos camarões capturados, antes da comercialização.

O primeiro estágio de alteração por que passa o pescado logo após a morte é o *rigor mortis*. A actomiosina, formada pela ligação da actina com a miosina durante a contração, é a principal forma de proteína miofibrilar encontrada no músculo “*post-*

mortem” e é a formação deste complexo, a principal responsável pela rigidez do músculo após a morte do animal. Logo após a morte, os sucos digestivos de natureza ácida, perfuram a parte intestinal, atuando nos músculos. Muitas enzimas proteolíticas causam a decomposição dos tecidos, facilitando a ação de microrganismos inicialmente restritos ao trato intestinal (KAI e MORAIS, 1988).

Segundo Huss (1997) os processos de deteriorações químicas mais importantes são as alterações que ocorrem na fração lipídica do peixe. Os processos de oxidação, a autooxidação, envolvem apenas o oxigênio e os lipídeos insaturados. O primeiro passo leva a formação de hidroperóxidos que não confere nenhum sabor, mas podem levar ao aparecimento de colorações castanhas ou amarelas no tecido do pescado. A degradação dos hidroperóxidos dá origem à formação da aldeídos e cetonas. Estes compostos têm um sabor forte de ranço e há deterioração química ou desenvolvimento de odor de ranço que pode ser impedido por um rápido manuseio do pescado à bordo e armazenagem do produto em condições de anóxia (embalagem à vácuo ou em atmosfera modificada). A utilização de antioxidantes pode ser também considerada.

Quantitativamente, as maiores alterações químicas associadas à deterioração constituem-se na produção de BVT, particularmente TMA (trimetilamina) e NH_3 . A primeira deriva-se da redução do OTMA (óxido de trimetilamina), presentes em pescados marinhos e virtualmente presentes nos de água doce (LEITÃO, 1988). Amônia e ácidos graxos voláteis resultam principalmente da desaminação oxidativa de componentes protéicos do músculo dos pescados. Outros componentes que podem ser formados durante a deterioração: H_2S , metil e etil mercaptanas, diacetil, acetaldeído e indol (KAI e MORAIS, 1988).

O limite preconizado pelo RIISPOA (1997) para N-BVT é de no máximo 30mgN/100g de músculo. Cheuk, Finne e Nickelson II (1979) ao estudar o camarão-rosa (*Penaeus duorarum*) e o camarão marrom (*Penaeus aztecus*) observaram que o início da deterioração coincidia com os valores de BVT chegando ao limite de 30mgN/100g, o que ocorreu, respectivamente, aos 16 e aos 19 dias de armazenamento em gelo. Kodaira e Rojas (1994) em estudo feito com *Penaeus vannamei* inteiros e descabeçados mantidos em gelo por 18 dias obtiveram resultados de N-BVT variando de 11mg a 38mg/100g de músculo.

Segundo o RIISPOA (BRASIL, 1997) artigo 442, o crustáceo fresco próprio para consumo deverá possuir as seguintes características sensoriais: aspecto geral brilhante, úmido; corpo em curvatura natural, rígida, artículos firmes e resistentes; carapaça bem aderente ao corpo, coloração própria à espécie, sem qualquer pigmentação estranha; olhos vivos, destacados; cheiro próprio e suave.

Soares et al. (1988) também afirmam que a qualidade do pescado fresco é facilmente avaliada pelas características sensoriais. Com o processo de deterioração o pescado vai perdendo suas características sensoriais, tornando-se impróprio para o consumo. Assim sendo, esta avaliação é considerada satisfatória para qualidade do pescado fresco. Entretanto, as perdas de algumas características podem dificultar esta avaliação sendo proposto em seus estudos índices químicos para avaliação do pescado, tais como: pH, bases voláteis totais (BVT) e histamina.

A legislação brasileira considera deteriorado e, portanto, impróprio para o consumo, o pescado com teor de bases voláteis superior ou igual a 30 mg N/100 g, pH do músculo externo superior ou igual a 6,8, e do músculo interno superior ou igual a 6,5 e reação positiva de gás sulfídrico (BRASIL, 1952). Estudos, entretanto, têm indicado que, apesar de rápidos, simples e de baixo custo, estes parâmetros não são bons índices de qualidade de pescados, pois não são capazes de identificar etapas iniciais de deterioração, indicando apenas se o produto encontra-se em estádios avançados de deterioração (BOTTA, 1995; YAMANAKA, 1990).

Shamshad et al. (1990) estudaram a vida de prateleira do camarão (*Penaeus merguensis*) armazenado sob diferentes temperaturas durante um período de 16 dias e constataram valores iniciais de pH de 7,05 aumentando para 8,25 após o armazenamento, verificando também que em pH superior a 7,6, o camarão foi classificado como impróprio. Kirschnik e Viegas (2004) pesquisaram as alterações do camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) durante estocagem em gelo e encontraram valores de pH variando de 6,62 a 7,44.

2.1.2 Resíduo do camarão

Segundo Meyers (1986), os subprodutos de camarão apresentam enorme potencial para serem utilizados como componentes de sabor em produtos processados, nas rações destinadas ao cultivo de camarão, de peixes e também

como fonte natural de astaxantina, que promove coloração de truta e salmão cultivados.

O camarão produzido é geralmente comercializado de forma *in natura*, inteiro congelado, descascado e/ou descabeçado. A quantidade de resíduo oriundo de seu beneficiamento pode se situar acima de 40% do total da captura (ROCHA et al., 1998).

Duarte e Souza (2001) desenvolveram no laboratório do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA uma farinha a partir do cefalotórax (cabeça) e do resíduo (carapaça) do camarão regional para alimentação humana cuja caracterização físico-química encontra-se na Tabela 2. Segundo os autores a farinha do camarão possui alto valor protéico (67%) sendo classificada como de primeira qualidade.

Tabela 2. Resultado da composição química da farinha de camarão.

Composição	Resultados (%)
Umidade	6,7
Lipídios	5,7
Proteínas	67,0
Cinzas	15,8
pH	6,2
Carboidratos	4,7
Valor Calórico (Kcal/100g)	338,7

Fonte: Duarte e Souza (2001).

O resíduo do camarão é basicamente constituído de proteína, quitina, minerais, e carotenóides, cujos percentuais variam conforme a espécie, partes constituintes, localização da pesca e variação sazonal (BATAILLE; ATAILLE, 1983; SAHIDI; SYNOWIECKI 1991; SYNOWIECKI; AL-KHATEEB, 2000).

Segundo Arruda; Oetterer (2005), o termo “resíduo” refere-se a todos os produtos e sobras de processamento dos alimentos de valor relativamente baixo. Os resíduos da industrialização do pescado podem ser direcionados para vários tipos de aproveitamento e divididos em quatro categorias: alimentos para consumo humano, ração para animais, fertilizantes e produtos químicos.

Damasceno (2007) elaborou uma farinha a partir do resíduo do camarão *Litopenaeus vannamei*, estudou a vida de prateleira da mesma para utilização na formulação de hambúrguer, constatando assim que a farinha apresentou qualidades nutricionais e higiênico-sanitárias satisfatórias, podendo ser utilizada como matéria-prima para a formulação de produtos alimentícios.

2.1.3 Proteínas do pescado

Segundo Bobbio e Bobbio (2003) as proteínas são componentes essenciais a todas as células vivas e estão relacionadas praticamente a todas as funções fisiológicas. São utilizadas na regeneração de tecidos; funcionam como catalisadores nas reações químicas que se dão nos organismos vivos e que envolvem enzimas ou hormônios; são necessárias nas reações imunológicas e juntamente com os ácidos nucléicos são indispensáveis nos fenômenos de crescimento e reprodução. Constituem o elemento estrutural do organismo animal.

De um modo geral, o músculo de pescado apresenta a mesma proporção e os mesmos tipos de proteínas que a carne bovina, suína e de frango, sendo que os teores de cada uma são diferentes e há diferença na quantidade de certos aminoácidos em cada proteína. A proporção é geralmente de 15 a 20g em cada 100g de músculo (BOBBIO e BOBBIO, 1992; MOTA, 1999).

O músculo do pescado contém dois grupos principais de proteínas: as proteínas solúveis do sarcoplasma e as proteínas estruturais das miofibrilas. Os principais componentes das proteínas estruturais são: actomiosina, tropomiosina, miosina e actina. As proteínas miofibrilares representam de 66 a 77% das proteínas totais do músculo do pescado e apresentam alta funcionalidade quando comparadas com as proteínas sarcoplasmáticas. A proteína sarcoplasmática, aproximadamente 20-25% da proteína total do músculo, é solúvel em água e como principal característica está a sua capacidade de adesão às proteínas miofibrilares impedindo a formação de gel de alta elasticidade, baixa viscosidade, baixa capacidade de retenção de água e baixa capacidade de absorção de sabores e corantes (CONNELL, 1994; MARTELLI & PANEK, 1968).

2.1.4 Farinha de pescado

Geromel e Forster (1982) definem como farinha de pescado, o produto obtido pela secagem e moagem de peixes, inteiros ou não, e resíduos da indústria de produtos de pescado, visando essencialmente à alimentação animal. É geralmente um produto sólido obtido através da remoção total ou parcial da água e do óleo do pescado e/ou dos resíduos.

Segundo Berger et al. (1968) as farinhas de pescado produzidas para a alimentação animal não podem ser utilizadas na alimentação humana, pois devido ao alto teor de gordura que o produto apresenta, em contato com o ar torna a farinha rançosa e produz sabores inaceitáveis. A farinha deve ser desengordurada e os fosfatídeos removidos, para que o produto tenha estabilidade.

Há vários métodos para a produção de farinha de pescado, desde uma simples secagem ao sol até sofisticados processos industriais. Dentre estes, o mais simples se traduz na moagem da matéria-prima com posterior secagem, podendo ser natural ou por meio artificial. Já no processo em escala industrial, o pescado é cozido, prensado, seco e moído em equipamentos apropriados, onde a qualidade do produto obtido é superior ao processo artesanal (SANCHEZ, 1989).

De acordo com OGAWA (1999) o processo de elaboração da farinha de pescado é composto das seguintes fases:

- Cozimento: as proteínas são coaguladas através do calor, facilitando a retirada da água e do óleo na hora da prensagem;
- Prensagem: é feita para retirar o óleo e reduzir a quantidade de água através da pressão física a que a matéria-prima é submetida, aumentando o tempo de vida útil e também facilitando a posterior secagem do material;
- Secagem: é retirado todo o excesso de umidade que ainda permanece na matéria-prima através do vento quente, com alta temperatura, com o intuito de se reduzir a umidade de 50 para 12%, evitando o surgimento de bactérias e fungos na farinha;
- Moagem: a moagem é feita para quebrar os pedaços maiores do produto, obtendo-se um pó seco cujos grânulos passam em peneira de malha 20.

2.2 ARROZ

O arroz pertence ao gênero *Oryza*, que compreende 21 espécies, das quais apenas uma tem importância comercial no Brasil, a *Oryza sativa* L. Esta espécie é dividida em três principais subespécies: *indica*, *japonica* e *javanica*, sendo as duas primeiras mais consumidas. A subespécie *indica* é a mais comumente encontrada em regiões tropicais e subtropicais e representa cerca de 80% da produção mundial. Seus grãos são longos, finos e apresentam-se mais duros quando cozidos do que a subespécie *japonica*, que tem normalmente grãos curtos, largos e devido ao baixo teor de amilose, os grãos depois de cozidos ficam bem macios (KENNEKY; BURLINGAME, 2003).



Figura 2. Grãos de arroz.

Fonte: www.coriscal.com.br/graos.jpg

Além das classificações botânicas e em função do processo de beneficiamento, as variedades de arroz são usualmente consideradas conforme o teor de amilose do amido. O conteúdo de amilose, que é a fração linear do amido, é o fator que mais afeta as propriedades físico-químicas dos grãos de arroz durante o cozimento e as suas características sensoriais pós-cozimento (ZHOU et al., 2002).

O arroz é um dos cereais mais cultivados e consumidos em todo mundo (KADAN et al., 2001). Ao contrário do que ocorre com o trigo e o milho (transformados em outros produtos antes do consumo), o arroz é consumido no Brasil principalmente na forma de grãos inteiros, descascados e polidos (CASTRO et al., 1999). É uma importante fonte de calorias na alimentação humana e mundialmente corresponde a cerca de 20% da necessidade calórica da população, apresentando entre os cereais, maior digestibilidade, maior valor biológico e a mais

elevada taxa de eficiência protéica, sendo também uma importante fonte de nutrientes (ZHOU et al., 2002; IRR, 2006; CHEFTEL, 1985).

O conteúdo de lipídios do arroz polido é muito baixo (menos de 1%). Entretanto, o grão integral pode conter até 3% visto que cerca de 80% dos lipídios do grão se encontram em suas camadas periféricas (TAIRA, 1995).

Heinemann *et al.* (2005) verificaram que a composição química do arroz polido comercial brasileiro gira em torno de 0,50% de lipídios, 0,47% de cinzas, 6,66% de proteínas, e a composição do arroz comercial parboilizado polido é semelhante.

Na Tabela 3 encontra-se a composição química do grão de arroz.

Tabela 3. Composição do grão de arroz

Componente	Integral (%)	Polido (%)
Água	12,0	12,0
Proteína	7,5	6,7
Gordura	1,9	0,4
Carboidrato	77,4	80,4
Cinza	1,2	0,5

Fonte: CASTRO et al. (1999).

2.3 QUIRERA DE ARROZ

Para todas as classes de arroz, integral, parboilizado integral, parboilizado polido ou polido, a legislação brasileira prevê um mínimo de 80% de grãos inteiros para que o produto possa ser chamado de arroz. Se houver quantidades superiores a 20% de pedaços de arroz o produto não pode ser comercializado como arroz e terá que ser denominado de fragmentos de grãos (BRASIL, 1997).

Principalmente os processos de polimento e parboilização seguido de polimento geram, além da casca e do farelo, subprodutos como grãos quebrados, quirera, entre outros. Os grãos quebrados são os fragmentos de arroz que ficam retidos em peneiras de furos circulares de 1,75mm de diâmetro. A quirera é composta também por fragmentos de arroz, porém estes passam por esta peneira, ou seja, tem tamanho inferior aos grãos quebrados (BRASIL, 1997).

Em média, no beneficiamento do arroz branco, são produzidos 14% de quirera. Este fato é um problema econômico para a indústria arroseira porque o valor da quirera representa apenas a quinta parte daquele obtido na comercialização do grão inteiro (COFFMAN; JULIANO, 1987; SILVA et al., 2003).

Segundo Rostagno et al. (2005) a quirera de arroz é um produto de alta qualidade que possui níveis protéicos e de energia metabolizável semelhantes aos do milho. Embora apresente um nível de gordura inferior ao do milho, a quirera de arroz compensa essa carência com o elevado teor de amido.

Barbosa et al. (2006) ao estudar uma possível substituição de fécula de mandioca por farinha de arroz na elaboração de embutido tipo mortadela, verificaram a composição química aproximada da farinha de arroz, constatando na farinha de arroz crua uma umidade de 8,47%, 9,11% de proteína, 0,73% de lipídios, 0,68% de cinzas e 80,44% de carboidratos. Borges et al. (2003) ao analisar as propriedades de cozimento e estudando as características físico-químicas de macarrões pré-cozidos à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L), obtidos por extrusão termoplástica, observaram na composição centesimal da farinha de arroz polido 7,5% de proteína, 0,3% de lipídios, 0,57% de cinzas e 77,33% de carboidratos.

Pode-se observar na Tabela 4 a composição química da quirera de arroz nativa.

Tabela 4. Composição química da quirera de arroz, em base seca

Componente	Média (%)
Proteína bruta	8,13±0,28
Extrato etéreo	1,15±0,08
Cinzas	0,45±0,05
Amido total	76,35±1,65

Os resultados são média ± desvio padrão.

Fonte: Limberger (2006).

Uma vez que os grãos quebrados têm pouca utilização industrial, a possibilidade do uso para produção de farinha de arroz e como ingrediente em

produtos, como os de panificação, aumentaria o valor agregado desta matéria-prima (TEDRUS et al., 2001).

Birman et al. (1984) utilizaram quireira de arroz misturada com farinha de batata e soro de queijo em pó para obtenção de uma sopa de preparo instantâneo e de bom valor nutricional para uso na alimentação infantil.

Pizzinatto e colaboradores desenvolveram uma farinha mista de arroz e peixe e aplicaram em pães, bolos e biscoitos com o principal intuito de aumentar o valor protéico (PIZZINATTO et al., 1984).

2.4 AMIDO

O amido é um polímero encontrado nos vegetais, desempenhando a função de reserva de nutrição. Localiza-se no interior de pequenos grânulos, na forma de grãos birrefringentes, cujo tamanho e aparência variam conforme as plantas em que se encontram e são constituídos por dois polissacarídeos diferentes: amilose e amilopectina, que influem na viscosidade e no poder de gelificação do amido (ORDÓÑEZ, 2005; BOBBIO, 2003).

Na maioria das aplicações, as propriedades funcionais do amido são obtidas por gelatinização e quebra da estrutura cristalina (ROBERTS & CAMERON, 2002). Os grânulos de amido não são solúveis em água fria, contudo, quando se aumenta a temperatura, as moléculas de amido vibram com força, rompendo as ligações intermoleculares, estabelecendo pontes de hidrogênio com a água e provocando inchamento acompanhado do decréscimo do número e tamanho das regiões cristalinas, como demonstram a perda de birrefringência e a natureza da difração de raios X (ORDÓÑEZ, 2005). O intumescimento dos grãos e, portanto o aumento e viscosidade das soluções estão relacionados com a quantidade de água presente; a 120°C todos os grãos estarão dissolvidos (BOBBIO, 2003).

Na formação e na dureza dos géis de amido, além da natureza do amido e de sua concentração, influem o pH, açúcar, proteínas, gorduras e sais presentes. O pH é importante pelo seu efeito na molécula que é facilmente hidrolisada. Assim, em meio ácido, a hidrólise pode chegar a impedir a formação do gel. Em meio alcalino, a quebra da cadeia por um mecanismo de β -eliminação pode produzir efeito semelhante ao do ácido. Pelo seu caráter não-iônico, o amido é pouco afetado por

sais, nas concentrações baixas, encontradas em alimentos. Os açúcares afetam o gel pela competição pela água, enfraquecendo-o quando em altas quantidades, 30% ou mais, mas até melhorando o gel quando em proporções baixas, 5-10%. Efeito semelhante teriam as proteínas se bem que, na prática, os efeitos são difíceis de serem corretamente interpretados (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

A gelatinização do amido no processo de extrusão ocorre em quantidades reduzidas de água (em torno de 12-22%) em relação aos processos convencionais de cozimento; no entanto, a gelatinização completa nem sempre é atingida (CAMIRE, 2000).

Existem várias propriedades em produtos extrusados que podem ser avaliados para controlar o processo como, por exemplo, IAA (índice de absorção de água), ISA (índice de solubilidade em água), IE (índice de expansão), viscosidade de pasta e propriedades de textura (HARPER, 1994).

O material após extrusado apresenta alto índice de solubilidade em água e maior capacidade de retenção de água em relação à matéria-prima. A razão entre amilose-amilopectina apresenta efeito na solubilidade em água de produtos extrusados; altos teores de amilose promovem redução na solubilidade dos extrusados. O ISA é maior para produtos extrusados que para amidos gelatinizados convencionalmente em excesso de água. O aumento da temperatura de tratamento apresenta um impacto negativo no ISA. A amilose, quando submetida a tratamento acima de 200 °C no extrusor, apresenta efeito significativo e positivo no ISA (HARPER, 1994).

O grau de expansão e a estrutura dos extrusados são características dependentes da fusão do amido, do teor de umidade, do tamanho e do desenho da matriz. Devido à alta temperatura e pressão dentro do extrusor, o material fundido, após transpor a matriz, sofre expansão devido à queda de pressão, resultando na evaporação imediata da água formando e fixando a estrutura porosa do extrusado. Quando a água é perdida na forma de vapor, o resfriamento ocorre até temperatura abaixo da temperatura de transição vítrea do amido, solidificando-o e mantendo a forma do extrusado. Em extrusados com alta umidade, ocorre expansão logo após transpor a matriz, mas a estrutura sofre colapso antes de ocorrer o resfriamento necessário, resultando num produto denso e duro (HARPER, 1994).

A expansão do produto final está inversamente relacionada com a umidade da matéria-prima e diretamente relacionado com o aumento da temperatura de extrusão; no entanto, o efeito da umidade apresenta maior significância. Os teores de amilose e amilopectina também influenciam o IE do produto em função da temperatura utilizada, uma vez que a amilose necessita de temperaturas próximas a 225 °C para a máxima expansão, enquanto que com a amilopectina isso ocorre a 135 °C, ambos com aproximadamente 14% de umidade. Outro fator de grande importância é que a amilose favorece a expansão longitudinal do produto e a amilopectina favorece a expansão radial (HARPER, 1994).

2.5 SECAGEM OU DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS

A secagem é a remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido, isto é, a operação na qual a atividade de água de um alimento é diminuída pela remoção de água, através de sua vaporização. A água presente no sólido é chamada de umidade e, portanto, a secagem de nosso interesse é caracterizada pela evaporação da água do material biológico (KEEY, 1972).

A desidratação em alimentos é usada como uma técnica de conservação, das mais antigas desenvolvidas pelo homem. A redução da água livre eleva a pressão osmótica do meio e, conseqüentemente, reduz as condições de desenvolvimento e multiplicação dos microrganismos que causam a deterioração do alimento. Também nessas condições, muitas enzimas responsáveis por transformações químicas nos alimentos e em outros materiais biológicos, e diversas reações bioquímicas têm suas atividades reduzidas (SILVA, 2000; EVANGELISTA, 2003; DOYMAZ, 2004).

O conteúdo inicial de umidade do material, conteúdo final de umidade que o material pode chegar (umidade de equilíbrio), como a água está relacionada com a estrutura do sólido e com o transporte da água é feito do interior à superfície do sólido durante a secagem, servem para fundamentar o fenômeno de secagem (PARK et al., 2006).

A velocidade de secagem é afetada por quatro fatores principais: propriedades do material, tamanho e geometria do material, propriedades físicas do

meio ambiente e características do equipamento de secagem (SOMOGYI; LUH, 1986).

O conteúdo de umidade de equilíbrio é particularmente importante na secagem porque ele representa o valor limite para uma dada condição de umidade relativa e temperatura. Se o alimento for seco até um conteúdo de umidade menor, que normalmente possui quando em equilíbrio com o ambiente, ele retornará ao seu equilíbrio na estocagem ou manipulação, se precauções não forem tomadas (CHEN; CHEN, 1974).

Segundo Park et al. (2006) os métodos de cálculo da cinética de secagem são aplicados de modo diferente dependendo do período de secagem considerado. No período de taxa de secagem constante, as transferências de calor e de massa na interface ar-produto governam a secagem e fixam a velocidade de secagem, enquanto que no segundo período (período de taxa de secagem decrescente) as transferências internas que são limitantes.

2.6 ATIVIDADE DE ÁGUA

Um aspecto fundamental considerado na preservação de alimentos é como a água está ligada neste alimento. A água ligada a macromoléculas por forças físicas não está livre para agir como solvente ou participar de reações químicas e, portanto, não pode ser aproveitada para o crescimento de microrganismos, reações metabólicas, reações enzimáticas ou não, e muitas outras reações químicas que ocorrem em alimentos (FRANCO; LANDGRAF, 1996; BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003).

Segundo Fellows (2006) a água exerce uma pressão de vapor nos alimentos, dependendo:

- da quantidade de água presente;
- da temperatura; e
- da concentração dos solutos dissolvidos na água.

De acordo com Adams e Moss (1997) a atividade de água (A_w) de um alimento ou de uma solução qualquer é a relação existente entre a pressão parcial de vapor da água existente na atmosfera em equilíbrio com o produto (P) e a pressão parcial da atmosfera em equilíbrio com a água pura numa mesma

temperatura (P_o). Esta relação é numericamente equivalente à umidade relativa de equilíbrio (URE) expressa de acordo com a Equação 1:

$$A_w = \frac{P}{P_o} = \frac{1}{100} \text{ HRE} \quad (\text{Equação 1})$$

O valor máximo de atividade de água é 1, para a água pura. Nos alimentos ricos em água, a A_w acima de 0,90 forma soluções diluídas com os alimentos servindo de substrato para reações químicas e o desenvolvimento microbiano. Entre 0,40 e 0,80 há uma aceleração das reações químicas pelo aumento da concentração dos substratos. Próximo a 0,60 cessa a atividade microbiana e para A_w inferior a 0,30 cessam-se todas as atividades de reações, exceto a oxidação dos lipídeos (FRANCO; LANDGRAF, 1996; FENNEMA, 1996; PARK et al., 2006).

A medida dessa propriedade é de fundamental importância, uma vez que, por meio dela, podem ser previstas reações de oxidação de lipídios, escurecimento não-enzimático, atividade enzimática, desenvolvimento de microrganismos, assim como o comportamento de misturas de alimentos com diferentes atividades de água, e também escolher os sistemas adequados de sua embalagem (TORREZAN et al., 1997).

Uma proporção total de água está fortemente ligada a pontos específicos. Quando todos os pontos estão ocupados por água absorvida, o teor de umidade é chamado de valor de monocamada de BET (Brunauer-Emmett-Teller). O valor da monocamada de BET representa o teor de umidade no qual o alimento está em seu estado mais estável (FENNEMA, 1996; FELLOWS, 2006).

O movimento do vapor d'água de um alimento para o ambiente depende tanto do alimento como das condições do ar. Sob uma temperatura constante, o teor de umidade do alimento altera-se até entrar em equilíbrio com o vapor d'água no ar circundante. O alimento, então, não ganha nem perde peso na armazenagem nessas condições. Isso é chamado de teor de umidade de equilíbrio do alimento, e a umidade relativa da atmosfera de armazenagem é conhecida como umidade relativa de equilíbrio. Quando diferentes valores de umidade relativa são plotados em relação ao teor de umidade de equilíbrio, obtém-se uma curva chamada isoterma de sorção de água (FELLOWS, 2006).

2.7 PROCESSO DE EXTRUSÃO

Conforme Ordóñez et al. (2005) a extrusão é um processo que combina diversas operações unitárias como: transporte, mistura, amassadura, cocção e moldagem, tendo como objetivo diversificar os alimentos, permitindo obter produtos muito variados quanto a forma e a textura a partir de ingredientes básicos.

O processo de extrusão também possibilita a obtenção de valores baixos de atividade de água no produto final, com valores situando-se entre 0,1 e 0,4. Sendo assim, é possível a extensão da vida-de-prateleira dos produtos obtidos (FELLOWS, 2006).

Guy (2001) e Stanley (1986) relacionam ao processo de extrusão às seguintes vantagens: versatilidade, custos baixos, altas taxas de produção, produtos de boa qualidade e ausência de efluentes.

O extrusor é composto de cinco partes principais: um mecanismo de alimentação, que pode ser vertical ou horizontal; uma rosca ou um parafuso sem fim, que transporta a matéria-prima; um cilindro ou canhão, que serve para controlar a temperatura; a matriz, que modela o produto na forma desejada, e um mecanismo de corte, essencial para a formação do produto extrusado (EL-DASH, 1981). A Figura 3 apresenta o esquema básico do processo de extrusão.

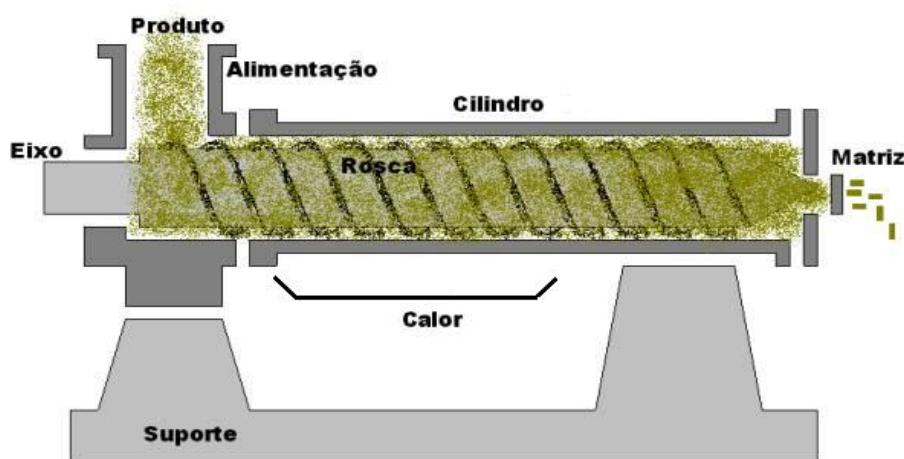


Figura 3. Esquema básico do processo de extrusão
Fonte: www.setor1.com.br/extrusao/dese_extru.htm

No processo de extrusão, o material pré-condicionado (geralmente entre 15 e 30% de umidade) ou seco é inserido no extrusor através de um alimentador,

chegando à zona de alimentação. A rosca ou parafuso nesta zona apresenta maior profundidade e um maior passo, e tem como função básica o transporte da matéria-prima. O material é conduzido da zona de alimentação para a zona de compressão. Na zona de compressão, ocorre uma redução na profundidade da rosca e uma redução no passo da mesma, com conseqüente aumento na taxa de cisalhamento, na temperatura (110 - 180°C) e na pressão (20 – 30 atm). Na zona de alta pressão, a rosca tem a sua profundidade e o seu passo diminuídos ainda mais, resultando em maior cisalhamento e geração de calor. Sendo assim, a massa atinge os valores máximos de temperatura, pressão e viscosidade imediatamente antes de sair do extrusor (FELLOWS, 2006; RIAZ, 2002).

O material, sob alta pressão, é expelido através de uma matriz e, em contato com a pressão ambiente, expande-se para a forma final e resfria-se rapidamente através da vaporização da água. A rápida evaporação da umidade do produto resulta em um resfriamento adiabático, ocorrendo sua solidificação ou endurecimento (FELLOWS, 2006; HARPER, 1978). No material não previamente condicionado, a água é inserida, na forma líquida ou de vapor, durante o processo (EL-DASH, 1981).

O produto extrusado final é geralmente submetido ao processo de secagem, podendo chegar a valores próximos de 2% de umidade, como no caso de “snacks” extrusados, sendo que passa a ter uma textura que é de grande importância para sua qualidade, pois afeta diretamente a aceitabilidade pelos consumidores e as vendas. O que se deseja em “snacks” com boas características é que os valores de fraturabilidade e dureza sejam baixos (RIAZ, 2002; ALVES; GROSSMANN, 2002).

2.7.1 Fatores que interferem no processo de extrusão

Para Fellows (2006) os dois principais fatores que influenciam nas características dos produtos extrusados são: as características das matérias-primas e as condições operacionais do extrusor. Como principais características para a matéria-prima são destacadas as seguintes: tipo de material, teor de umidade, estado físico, composição química (teores e tipos de amidos, proteínas, gorduras e açúcares) e pH do material. Já como parâmetros operacionais são apontados como importantes: temperatura, pressão, diâmetro da matriz e taxa de cisalhamento,

sendo esta última influenciada pelo desenho interno do extrusor e pelo seu comprimento, além da velocidade e geometria da(s) rosca(s).

A determinação do grau de expansão de um produto extrusado é de grande importância na avaliação da qualidade bem como no monitoramento do processo. Quando os extrusados emergem da matriz do extrusor, repentinamente há uma queda drástica na pressão causando uma extensiva evaporação da umidade interna do material fundido, resultando na formação de bolhas de ar neste material o que permite que haja expansão (BOUZAZA et al., 1996).

Ali et al. (1996) evidenciou que a velocidade de rotação do extrusor e a temperatura têm efeito no grau de expansão. Os autores demonstraram que a expansão total (axial+radial) aumentou linearmente com um aumento da velocidade de rotação do parafuso. Em baixas temperaturas e alta velocidade do parafuso a expansão radial foi alta e a expansão axial foi baixa, enquanto que a altas temperaturas e reduzidas velocidades de rotação, efeito inverso foi obtido. Em regimes de altas temperaturas os extrusados expandiram primariamente na direção longitudinal. Desta forma, foi aparente que a expansão axial foi primariamente afetada por uma queda abrupta de pressão, o que foi acentuada pelo aumento da temperatura e redução da velocidade de rotação dos parafusos.

Tayeb et al. (1992) concluiu que o efeito da velocidade do parafuso na expansão dos produtos expandidos é consideravelmente complexo uma vez que se deve considerar a taxa de cisalhamento e o tempo de residência do material dentro do extrusor. Contudo, a principal limitação na modelagem dos extrusores de dupla rosca é a falta de conhecimento sobre o comportamento de fluxo e propriedades térmicas dos produtos alimentícios, parcialmente devido a variabilidade da matéria-prima e também pelo fato de que algumas características dos produtos finais (expansão por exemplo) não são correlacionados somente com a energia específica aplicada no sistema.

2.8 COR INSTRUMENTAL

A cor pode ser definida como a sensação experimentada por indivíduo quando a energia da luz correspondente ao espectro visível atinge a retina do olho. A região do espectro eletromagnético sensível ao olho humano encontra-se na faixa

de comprimento de onda (λ) entre 390nm a 750nm (FRANCIS; CLYDESDALE, 1975).

A cor instrumental pode ser utilizada como parâmetro para estabelecimento de padrão de qualidade de um produto *in natura* ou processado (ALMEIDA, 1995; HUNG et al., 1995; GIMENO et al., 2000).

As cores referentes à faixa visível do espectro podem ser descritas subjetivamente, como por exemplo, “vermelho”, e objetivamente, segundo o seu comprimento de onda. As cores vermelho, amarelo, verde e violeta, apresentam comprimentos de onda situados ao redor de 680nm, 575nm, 520nm e 450nm, respectivamente (FERREIRA, 1991).

A medida da cor pode ser realizada através de espectrofotômetro, colorímetros triestímulos e colorímetros visuais. O espectrofotômetro é um instrumento que fornece a análise espectral das propriedades de reflectância e/ou transmitância de um objeto a cada comprimento de onda, e pode calcular indiretamente as informações psicofísicas (colorimetria). O colorímetro triestímulo é um instrumento que proporciona medições correlatas à percepção do olho humano através dos valores triestímulos (XYZ, L a b, etc). Os colorímetros visuais são de dois tipos: aditivos e subtrativos. Os colorímetros visuais aditivos baseiam-se na adição das três cores primárias (vermelho, verde e azul) para formar quaisquer cores, enquanto os colorímetros visuais subtrativos envolvem a remoção de partes do espectro visível através de filtros com as cores primárias (HUNTER & HAROLD, 1981).

Nos camarões a cor se deve a uma molécula muito semelhante ao caroteno: a astaxantina, que possui uma cor rosa e ocorre nas carapaças das lagostas e camarões e também no salmão, sendo responsável pelas suas cores. Contudo, no camarão a cor rosa não é aparente quando o animal está vivo. Isto acontece porque ela está como que “embrulhada” por uma proteína, sendo apenas visível uma cor acinzentada. Quando o camarão é cozido, a subida da temperatura altera as forças que mantêm a forma (estrutura tridimensional) da proteína, sendo liberada a molécula de astaxantina e ficando este crustáceo com cor rosa (FEVEREIRO et al., 2001).

A cor dos produtos extrusados é influenciada pela temperatura, composição da matéria-prima, tempo de residência, pressão e força de cisalhamento (GUY, 2001).

A cor é uma qualidade visual (atributo) importante dos produtos alimentícios. Existem muitas reações que ocorrem durante a extrusão, que afetam a cor. Dentre elas, as mais comuns são as reações de escurecimento não-enzimático (reação de Maillard e caramelização) e a degradação de pigmentos. As condições de processamento utilizadas na extrusão (alta temperatura e baixa umidade) são reconhecidas por favorecer a reação entre açúcares redutores e aminoácidos, o que resulta na formação de compostos coloridos e na redução do aminoácido lisina. Se o escurecimento é muito intenso, cores e sabores indesejáveis podem aparecer. Também, as mudanças de cor durante o processo de extrusão podem ser um indicador para avaliar a intensidade do processo em relação às mudanças químicas e nutricionais (ILO; BERGHOFER, 1999).

2.9 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é uma ciência interdisciplinar na qual se convidam avaliadores, que se utilizam da complexa interação dos órgãos dos sentidos (visão, gosto, tato e audição), para medir as características sensoriais e a aceitabilidade dos produtos alimentícios (WATTS et al., 1992; CARDELLO; CARDELLO, 1998).

Em programas de controle de qualidade, esta interação tem sido usada para medir a qualidade do alimento, onde uma equipe pode dar respostas que indicarão a preferência do consumidor, diferenças e preferências entre amostras, seleção do melhor processo e determinação do grau ou nível de qualidade do produto (MORAES, 1993).

Os métodos de avaliação sensorial podem ser divididos em métodos discriminativos ou métodos de diferenças, métodos descritivos ou métodos analíticos e métodos afetivos ou métodos subjetivos (DUTCOSKY, 1996).

Os testes afetivos são utilizados quando se necessita conhecer o "status afetivo" dos consumidores com relação ao(s) produto(s), e para isso são utilizadas escalas hedônicas (FERREIRA, 2000). Meillgaard et al. (1999) citam que os métodos afetivos avaliam a resposta pessoal do indivíduo, sua preferência ou não em relação

a um produto ou a uma característica específica. Os testes afetivos medem o grau com que o consumidor gosta ou desgosta de um produto e qual sua preferência por um produto ao invés de outro.

3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL NA PRODUÇÃO DE EXTRUSADOS

Planejamentos experimentais baseados em princípios estatísticos possibilitam a obtenção do maior número possível de informações sobre o sistema em estudo através da realização de um número mínimo de experimentos (BARROS NETO, SCARMÍNIO, BRUNS, 2003; RODRIGUES, IEMMA, 2005).

A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) permite a construção de modelos matemáticos que possibilitam a interpretação e a descrição quantitativa das relações existentes entre as variáveis dependentes (respostas) e as variáveis independentes (fatores) que pretende-se estudar (BARROS NETO, SCARMÍNIO, BRUNS, 2003; CHANG et al., 2001; RODRIGUES, IEMMA, 2005). Esta metodologia normalmente é utilizada quando deseja-se maximizar ou minimizar uma determinada resposta, representando, portanto, uma tentativa de otimização (BARROS NETO, SCARMÍNIO, BRUNS, 2003; RODRIGUES, IEMMA, 2005).

Os modelos matemáticos obtidos utilizando a MSR geralmente são codificados, ou seja, são construídos a partir de um planejamento experimental que utiliza valores codificados (níveis) para as variáveis independentes. Em um planejamento fatorial completo, os níveis das variáveis independentes são combinados em todas as formas possíveis, inclusive com a utilização de pontos axiais (BARROS NETO, SCARMÍNIO, BRUNS, 2003; RODRIGUES, IEMMA, 2005).

A MSR tem sido utilizada visando a otimização do processo de extrusão termoplástica para a produção de extrusados expandidos - "snacks" - por diversos autores (CHANG et al., 1998; GRENUS, HSIEH, HUFF, 1993; LARREA, CHANG, MARTÍNEZ-BUSTOS, 2005; MENDONÇA, GROSSMANN, VERHÉ, 2000).

Chang et al. (1998), utilizando a MSR, estudaram o uso de farinha de jatobá (alto teor de fibras) na produção de "snacks" por extrusão termoplástica. Processando uma mistura contendo farinha de jatobá e amido de mandioca, apontaram que com um aumento na quantidade de farinha de jatobá e diminuição da quantidade de amido de mandioca e um aumento na umidade da alimentação e na

temperatura, o índice de expansão foi reduzido em função de um aumento na viscosidade da massa durante o processo de extrusão. Grenus, Hsieh e Huff (1993) avaliaram a influência da velocidade de rotação das roscas e do teor de farelo de arroz nas características dos extrusados (taxas de expansão radial e axial; força de cisalhamento; cor; e microestrutura). Em linhas gerais, os autores verificaram que com o aumento no teor de farelo tanto a expansão radial, quanto a axial diminuíram e a força de cisalhamento aumentou. Os extrusados mais escuros foram os que apresentaram as maiores concentrações de farelo de arroz em sua composição. E um aumento no teor de farelo teve como consequência uma estrutura interna com células de menor tamanho e incompletas.

Larrea, Chang e Martínez-Bustos (2005) utilizaram a MSR para avaliar o efeito da temperatura, da umidade e da velocidade de rotação do parafuso nos constituintes da polpa de laranja (alto teor de fibra alimentar). Os autores encontraram que o conteúdo de fibra alimentar total foi reduzido com o aumento da temperatura de extrusão e redução no teor de umidade, e afirmaram que tal fato provavelmente ocorreu devido à fragmentação e solubilização de alguns polímeros. Além disso, os autores observaram que os maiores valores para a pectina solúvel foram ocasionados pelas maiores temperaturas em associação a baixos valores de umidade, os quais contribuíram para a solubilização de substâncias pécticas.

Mendonça, Grossmann e Verhé (2000) avaliaram a influência do farelo de milho nas características de “snacks” extrusados expandidos utilizando a MSR. Os autores utilizaram um planejamento fatorial incompleto de três níveis, sendo que as variáveis independentes foram o teor de farelo de milho, a umidade da matéria-prima, a temperatura de extrusão e o teor de monoestearato de glicerol. Como respostas, os autores avaliaram a taxa de expansão radial, a expansão longitudinal, o volume específico, a dureza e a fraturabilidade.

Além disso, os “snacks” foram avaliados sensorialmente. A melhor aceitação sensorial ocorreu para os extrusados obtidos com os maiores valores de temperatura, menores valores de umidade e teor intermediário de monoestearato. O aumento do teor de farelo de milho resultou em redução da taxa de expansão radial, aumento da dureza e redução da aceitação global.

3.1 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A microscopia já é utilizada faz muito tempo na avaliação da qualidade dos alimentos e agora está sendo reconhecida como um pré-requisito necessário para compreender as suas propriedades. Todo pesquisador que têm interesse em descrever, prever e controlar o comportamento dos materiais no alimento percebe a importância do conhecimento profundo da maneira como os componentes estão organizados (FLINT, 1996; AGUILERA; STANLEY, 1990).

De acordo com Buchheim (1998), o estudo da estrutura de um alimento pode ser realizado com técnicas de microscopia, uma vez que existe uma relação entre as propriedades químicas e físicas dos sistemas alimentares e suas correspondentes estruturas microscópicas. Estas propriedades poderão até definir os parâmetros de qualidade que determinam a aceitação dos produtos pelos consumidores.

Ferreira (2006) ao avaliar os parâmetros do processo de extrusão e do teor de farelo de trigo adicionado em características de “snacks” expandidos de milho, caracterizou extrusados e avaliou as células da estrutura interna através de Microscopia Eletrônica de Varredura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Matérias-primas

Para os experimentos foram utilizados o camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*), a quirera de arroz e arroz polido.

O camarão foi doado pela empresa de pesca AMASA, a quirera de arroz foi doada pela empresa Belém Alimentos Ltda. e o arroz polido foi adquirido no comércio local, sendo que todas as matérias-primas são oriundas de Belém/PA e foram armazenadas no laboratório de Carnes e Pescado da UFPA.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Caracterização microbiológica

Nas matérias-primas foram realizadas análises microbiológicas de acordo com metodologias descritas por Vanderzant e Splittstoesser (1992).

Foram realizadas análises de coliformes a 45°C, *Salmonella sp*, bolores e leveduras e *Bacillus cereus* para as amostras de quirera de arroz e arroz polido. Para o camarão regional foram realizadas contagem de *Staphylococcus aureus*, coliformes a 45°C e *Salmonella sp*. Todas as análises estão de acordo com a Resolução – RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

4.2.2 Caracterização físico-química das matérias-primas

As amostras foram avaliadas em triplicata, de acordo com as seguintes análises:

Para o camarão regional, quirera de arroz e arroz polido:

- **Umidade:** realizada em estufa com circulação de ar a 105°C até peso constante conforme método 932.12 AOAC (1997).

- **Lipídios:** realizada através do método de Soxhlet utilizando o solvente éter de petróleo de acordo com método 948.22 AOAC (1997).
- **Proteínas:** realizada pelo método de Kjeldahl, conforme método 940.25 AOAC (1997).
- **Cinzas:** determinada por incineração em mufla a 550°C, de acordo método 938.08 AOAC (1997).
- **Atividade de água (A_w):** através de medida direta em higrômetro elétrico da marca Decagon modelo AQUAlab 3TE, na temperatura de 25°C, que aplica o princípio do ponto de orvalho, onde a água é condensada em superfície espelhada e fria e detectada por sensor infravermelho.

Para o camarão regional:

- **Bases voláteis totais (BVT):** de acordo com a metodologia de Brasil (1981);
- **Determinação do pH:** pelo método 981.12 da AOAC (1997);

Para a quirera de arroz e arroz polido:

- **Cor instrumental:** determinada utilizando colorímetro MINOLTA modelo CR 310. A determinação baseou-se no sistema ($L^*a^*b^*$ CIELab). Nesse sistema L^* indica luminosidade, que varia de zero (preto) a 100 (branco); enquanto que a^* e b^* representam as coordenadas de cromaticidade, sendo que $+a^*$ indica tendência para o vermelho e $-a^*$ tendência para o verde; $+b^*$ indica tendência para o amarelo e $-b^*$ tendência para o azul.
- **Teor de amido:** pelo método descrito por Rickard e Behn (1987).

4.2.3 Processamento da farinha de camarão

Este processamento foi adaptado da metodologia proposta por Ogawa (1999) para elaboração da farinha de pescado, sendo realizado da seguinte forma:

4.2.3.1 Lavagem e higienização

Os camarões foram lavados e higienizados com água clorada (5ppm), a temperatura de 20°C, por aproximadamente quinze minutos.

4.2.3.2 Cocção

Em recipiente de aço inox, foram adicionados os camarões e 3% de NaCl, sendo cozidos por cinco minutos após o início da fervura, sob uma temperatura de aproximadamente 115 °C.

4.2.3.3 Trituração

Após a cocção os camarões foram triturados em um multiprocessador (Marca Walita, Modelo Mega Master) por aproximadamente 20 segundos, para obter uma maior área superficial.

4.2.3.4 Secagem

Para a determinação da melhor condição de obtenção da farinha de camarão foram realizadas três cinéticas de secagem no Laboratório de Operação de Separação II da Universidade Federal do Pará. A matéria-prima foi distribuída em formato de placas planas, colocadas em estufa (marca Tecnal) com recirculação de ar forçado a temperaturas de 50, 60 e 70°C conforme Castro e Pagani (2004). Durante a secagem, a matéria-prima foi pesada periodicamente utilizando uma balança semianalítica para levantamento das curvas de secagem, e as leituras foram realizadas a cada 20 minutos durante os primeiros 60 minutos; 30 minutos no intervalo de 120 minutos; e 60 minutos até o final da análise que durou 540 minutos. Após atingir o peso constante, os teores de água do produto foram determinados pelo método gravimétrico de volatinização nº 920. 151 AOAC (1997), em três repetições, determinando-se, desta forma o teor de água de equilíbrio. Os dados experimentais foram ajustados utilizando o modelo difusional de Fick, considerando a geometria de placa plana infinita para o cálculo da difusividade efetiva da água (Def). Os valores foram obtidos utilizando-se a equação 2. Os ajustes foram avaliados utilizando-se como critérios o coeficiente de correlação (R^2) e o erro relativo médio (P).

$$\frac{MA_t - MA_e}{MA_o - MA_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[-(2n+1)^2 \pi^2 Da \frac{t}{L^2} \right] \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

MA_t = massa de água no produto no tempo t (g);

MA_e = massa de água no produto no equilíbrio (g);

MA_o = massa de água inicialmente presente (g);

Da = difusividade aparente (m²/s);

t = tempo (s);

L = dimensão característica ou meia espessura (0,015m).

4.2.3.5 Trituração após secagem

Após a secagem o material foi triturado em liquidificador Philips Walita modelo RI 2034 por 30 segundos, obtendo-se a farinha do camarão.

4.2.4 Avaliação do rendimento da farinha de camarão regional

O rendimento da farinha de camarão regional foi realizado com a pesagem do camarão antes e depois da secagem, calculado pela relação entre o produto final e a quantidade inicial da matéria-prima (Equação 3), conforme descrito por Sebben et al. (2000).

$$n = 100(P_f/P_i) \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

n = rendimento (%)

P_f = peso final da farinha de camarão (g)

P_i = peso inicial do camarão (g)

4.2.5 Caracterização microbiológica da farinha de camarão

A farinha de camarão foi caracterizada da mesma forma como o camarão regional descrito no item 4.2.1.

4.2.6 Caracterização físico-química da farinha de camarão

A farinha de camarão foi caracterizada segundo as análises do item 4.2.2.

4.2.7 Caracterização granulométrica das matérias-primas

A granulometria das matérias-primas (quirera de arroz, arroz polido triturado e farinha de camarão) foi determinada pelo método nº 965.22 da AOAC (1995), utilizando-se série de peneiras diferentes em função da grande diferença de granulometria entre as mesmas. Alíquotas de 50 g de amostra foram submetidas à vibração por um período de 20 minutos em agitador de peneiras da marca Bertel, do tipo magnético. Utilizou-se um conjunto de peneiras (12, 16, 20, 24, 32 mesh-ABNT) e fundo, de peso conhecido. Após o tempo estipulado, foi realizada a pesagem das peneiras com o material retido e foi determinada a distribuição do tamanho das partículas.

4.2.8 Extrusão

4.2.8.1 Preparo das matérias-primas

A quirera de arroz, o arroz polido triturado e a farinha de camarão regional foram misturados em proporções de acordo com o delineamento experimental proposto e com testes preliminares, sendo que a proporção de quirera de arroz e do arroz polido triturado ficou 1:1. Optou-se por esta proporção em função de problemas observados na extrusora quando o processo era realizado utilizando somente quirera de arroz e farinha de camarão. O condicionamento das amostras foi realizado através da adição lenta de água destilada ao material a ser extrusado, por

meio de bureta. A quantidade de água adicionada foi determinada de acordo com a Equação 4.

$$y = \frac{(U_f - U_i) \times P_a}{100 - P_a} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

y = Quantidade de água a ser adicionada à amostra (mL);

U_i = Umidade inicial da amostra (%);

U_f = Umidade final desejada da amostra (%);

P_a = Peso da amostra (g).

Após a adição de água destilada e homogeneização das matérias-primas, as amostras foram armazenadas em sacos de polietileno e mantidas sob refrigeração (4°C), por 24 h, para a obtenção do equilíbrio hídrico. Antes do início do processo de extrusão, foi determinada a umidade das amostras em aparelho analisador de umidade por infravermelho (Marca Gehaka, Modelo IV – 2000). Após a verificação da umidade, as amostras foram processadas.

4.2.8.2 Processamento

Às formulações preparadas (1,5 kg) adicionou-se 3% de NaCl e as mesmas foram processadas em extrusor de laboratório mono-rosca modelo Labor PK 30 (INBRAMAQ, Indústria de Máquinas Ltda, Ribeirão Preto, S. P., Brazil), localizado no laboratório de Agroindústria da EMBRAPA Amazônia Oriental, o qual possui as seguintes características: alimentador: instalado na parte inicial e superior do equipamento, tipo cônico vertical, provido de parafuso alimentador com velocidade variável; camisa com ranhuras internas, longitudinais e retilíneas: apresenta três zonas distintas de temperatura, aquecidas por resistências elétricas e a temperatura é controlada por termopares; rosca ou parafuso sem fim único; dinamômetro acoplado ao extrusor para controlar a velocidade do parafuso; matriz cilíndrica com diâmetro de 3,85 mm, fixada na saída do equipamento, cujo esquema com os principais componentes está representado na Figura 4.

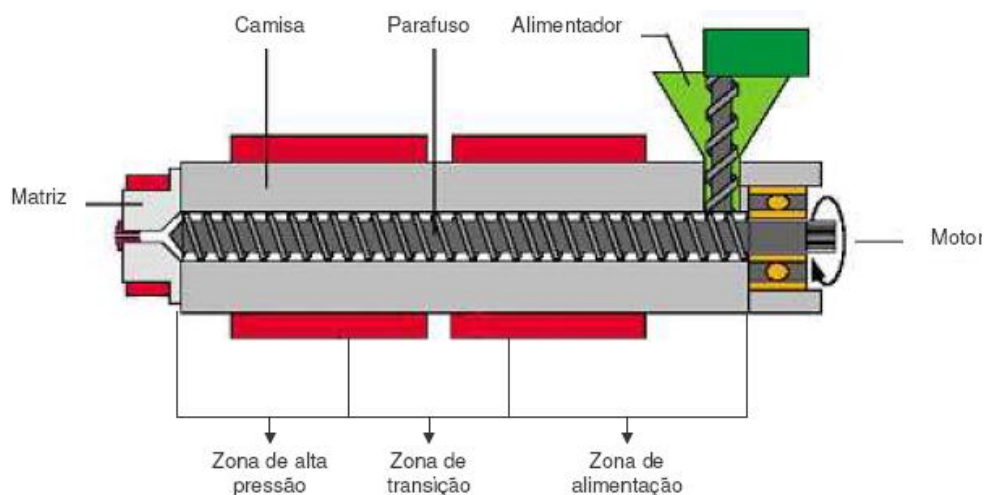


Figura 4. Esquema representativo do extrusor mono rosca utilizado na produção de extrusados.

A extrusão de cada amostra foi iniciada quando as diferentes zonas de aquecimento da extrusora atingiram as temperaturas programadas, mantendo-se constantes as temperaturas das 1ª (40°C) e 2ª (60°C) zonas, enquanto as temperaturas utilizadas na 3ª zona variaram de acordo com a definição de cada tratamento de acordo com o planejamento experimental (Tabela 6). A velocidade de rotação do parafuso da extrusora permaneceu em 175 rpm e a taxa de alimentação constante 292,07 g/min. A coleta das amostras só foi iniciada após a estabilização do processo, aproximadamente 10 minutos após a entrada da mistura no equipamento, de acordo com metodologia proposta por Rhee, Cho e Pradahn (1999).

As variáveis independentes testadas foram: o teor de farinha de camarão regional, a umidade inicial da matéria-prima (mistura) e a temperatura da 3ª zona do extrusor.

Após a extrusão, as 17 formulações foram dispostas em bandejas de aço inoxidável e desidratadas em estufa de circulação de ar, a 90°C até obter-se a umidade final de 6%, esfriados até a temperatura ambiente por 30 minutos, embalados em sacos de polietileno e armazenados em recipientes plásticos hermeticamente fechados, até o momento da realização das análises nos extrusados. O diâmetro dos extrusados foi avaliado, utilizando-se paquímetro, para a determinação do índice de expansão (IE). Para a obtenção de material para

análise do índice de absorção de água (IAA) e do índice de solubilidade em água (ISA), parte do material foi moída em moinho, passando pelas seções de quebra e de redução.

4.2.9 Planejamento experimental

Para avaliar os efeitos combinados das variáveis independentes (formulação, umidade e temperatura na 3ª zona do extrusor) sobre as variáveis dependentes ou respostas (índice de expansão, índice de absorção de água, índice de solubilidade em água, avaliação global e luminosidade), foi utilizado um delineamento composto central rotacional 2^3 com 17 (dezessete) ensaios, sendo 8 (oito) ensaios lineares nos níveis -1 e $+1$, 6 (seis) ensaios axiais (uma variável nos níveis $\pm \alpha$ e duas em 0) e 3 (três) ensaios no ponto central (as três variáveis independentes no nível 0).

Na determinação dos valores máximos e mínimos de cada variável independente (Tabela 5) foram considerados dados citados por Booth (1990) para a produção de “snacks” expandidos por processo de extrusão; características operacionais do extrusor e os dados dos testes preliminares, sendo que através destes foram definidas as faixas das porcentagens de cada matéria-prima (quirera de arroz, arroz polido e farinha de camarão), a taxa de compressão da rosca, vazão do alimentador, diâmetro da matriz, temperatura na 1ª e 2ª zona do extrusor e velocidade de rotação da rosca utilizada no processo de extrusão termoplástica.

Os parâmetros do processo, identificados como variáveis independentes, foram avaliados em 3 níveis codificados (-1 , 0 , $+1$), que foram calculados segundo a Equação 5.

$$X_i = \frac{X_i - Z}{\Delta X_i} \quad \text{(Equação 5)}$$

onde:

X_i = valor codificado da variável X_i ;

x_i = valor real da variável;

Z = valor real da variável no ponto central;

ΔX_i = valor do intervalo de variação de X_i .

O delineamento central composto rotacional de 2ª ordem apresenta também dois níveis axiais para as variáveis independentes, que são codificados como $+\alpha$ e $-\alpha$. O valor depende do número fatorial (F) do delineamento e da quantidade de variáveis independentes (K), sendo o valor definido pela Equação 6.

$$\alpha = (F)^{\frac{1}{4}} \quad \text{(Equação 6)}$$

Sendo $F = 2^k$ e $K = 3$, tem-se que: $\alpha = (2^k)^{1/4} = 1,682$

O valor fornecido pela Equação 7, representa o valor em módulo. Os valores codificados utilizados para os pontos axiais neste projeto foram de +1,682 e de -1,682 para $+\alpha$ e $-\alpha$, respectivamente.

Na Tabela 5, encontram-se os níveis das variáveis independentes e na Tabela 6, os ensaios realizados.

Tabela 5. Níveis das variáveis independentes

Variável independente	-1,68	-1	0	+1	+1,68
Temperatura (°C)	63,20	70,00	80,00	90,00	96,80
Umidade (%)	10,64	12,00	14,00	16,00	17,36
Proporção de camarão (%)	1,60	5,00	10,00	15,00	18,40

Tabela 6. Ensaios realizados de acordo com o planejamento experimental

Ensaio	Valores codificados			Valores decodificados (reais)		
	X_1	X_2	X_3	x_1	x_2	x_3
1	-1	-1	-1	70	12	5
2	1	-1	-1	90	12	5
3	-1	1	-1	70	16	5
4	1	1	-1	90	16	5
5	-1	-1	1	70	12	15
6	1	-1	1	90	12	15
7	-1	1	1	70	16	15
8	1	1	1	90	16	15
9	-1,68	0	0	63,2	14	10
10	1,68	0	0	96,8	14	10
11	0	-1,68	0	80	10,64	10
12	0	1,68	0	80	17,36	10
13	0	0	-1,68	80	14	1,6
14	0	0	1,68	80	14	18,4
15 (C)	0	0	0	80	14	10
16 (C)	0	0	0	80	14	10
17 (C)	0	0	0	80	14	10

X_1 =Temperatura de processo (°C); X_2 = Umidade inicial (%); X_3 = Proporção de camarão (%); (C)= Ponto central.

Para a análise dos resultados experimentais, a Metodologia de Superfície de Resposta descreve o comportamento de um sistema no qual estão combinadas as variáveis independentes (X_k) e a variável dependente ou resposta (Y_i). A resposta é uma função dos níveis nos quais estes fatores foram combinados e definidos (BOX, DRAPER, 1987):

$$Y_i = F(X_1, X_2, \dots, X_k)$$

Dentro das faixas de variações propostas, ou seja, dentro da região caracterizada por esses níveis, o comportamento de cada resposta avaliada pode ser predito de forma generalizada, de acordo com a Equação 7.

$$YI = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \varepsilon$$

(Equação 7)

Onde:

YI = Variável dependente ou função resposta;

X1, X2, X3 = Variáveis independentes;

β_0 = Coeficiente relativo à interceptação do plano com o eixo de resposta;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = Coeficientes lineares estimados pelo método dos mínimos quadrados;

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$ = Coeficientes das variáveis quadráticas;

$\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$ = Coeficientes de interação entre as variáveis independentes;

ε = Erro experimental.

4.3 Avaliação das características tecnológicas dos extrusados

- **Índice de expansão (IE)**: determinado 30 minutos após a produção dos produtos extrusados, antes da etapa de secagem, de acordo com a metodologia proposta por Batistuti, Barros e Arêas (1991), que determina que tal índice representa a relação entre o diâmetro do produto extrudado e o diâmetro do orifício da matriz do extrusor. No cálculo do IE, foi considerada a média aritmética de 10 medidas de diâmetro em diferentes partes da amostra para cada condição de extrusão.

- **Luminosidade – L***: a cor dos extrusados foi determinada conforme sistema descrito no item 4. 2. 2. Os resultados obtidos nas diversas leituras foram utilizados para a determinação do valor da luminosidade L*. Este valor foi determinado para os 17 ensaios propostos no delineamento experimental, visando verificar a influência da farinha de camarão e das condições operacionais no escurecimento ou não dos extrusados, conforme metodologia proposta por Grenus et al. (1993).

- **Índice de absorção de água (IAA)**: avaliado de acordo com a metodologia proposta por Anderson et al. (1969). A avaliação foi realizada em triplicata e consistiu na introdução de cerca de 2,5 g de amostra em tubo de centrífuga previamente tarado, seguido da adição de 30 mL de água destilada a 30°C. O tubo

foi mantido sob agitação constante em um agitador horizontal de tubos TECNAL durante 30 minutos, sendo posteriormente centrifugado a 3.000 x g por 10 minutos. O sobrenadante (10 mL) foi colocado em placa de Petri previamente tarada, sendo seco em estufa de circulação e renovação de ar a 105°C até peso constante. Além disso, o tubo com o resíduo (sedimento) foi pesado. Para a determinação do IAA foi utilizada a Equação 8.

$$IAA = \frac{PRC}{PA - PRE} \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde:

IAA – índice de absorção de água (g gel/g de matéria seca)

PRC – peso do resíduo de centrifugação (g)

PA – peso da amostra (g) (base seca)

PRE – peso do resíduo de evaporação (g)

- **Índice de solubilidade em água (ISA)**: determinado segundo metodologia proposta por Anderson et al. (1969). O ISA representa a relação entre o peso do resíduo de evaporação e o peso da amostra em base seca, conforme descrito pela Equação 9.

$$ISA = \frac{PRE}{PA \times 100 \times 3^*} \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde:

ISA = Índice de solubilidade em água;

PRE = Peso do resíduo de evaporação (g);

PA = Peso da amostra (base seca) (g).

* O fator 3 na equação foi utilizado para compensar a retirada da alíquota de 10 mL, proveniente da análise do IAA.

4.4 Análise sensorial

As amostras extrusadas foram, durante 4 testes, avaliadas sensorialmente por quatro grupos de 40 provadores, consumidores de extrusados, aplicando-se

teste de aceitação, utilizando escala hedônica de 9 pontos, onde o valor 1 corresponde a “desgostei muitíssimo” e o valor 9 a “gostei muitíssimo”, de acordo com a metodologia proposta por Da Silva (2002).

Foram avaliados os atributos: cor, aparência (expansão), textura (dureza), sabor e avaliação global.

4.5 Análise estatística dos resultados

Os resultados das análises físicas e químicas das matérias-primas, dos produtos extrusados e o planejamento experimental do processo de extrusão termoplástica foram avaliados utilizando-se o programa *Statistica*[®] versão 5.0 (STATSOFT INC., 1995) através da:

- Verificação dos efeitos significativos ($p \leq 0,05$ ou valores próximos);
- Teste de média de Tukey;
- Análise de Variância (ANOVA);
- Metodologia de Superfície de Resposta.

Para as análises estatísticas dos resultados foi utilizada a técnica de planejamento fatorial completo 2^3 , com a metodologia multivariável para avaliar o efeito das variáveis de estudo, em relação as respostas, bem como, a interação uma com a outra.

O planejamento proposto neste trabalho permitiu o ajuste de modelos estatísticos de 2ª ordem (modelos quadráticos) possibilitando a realização de Superfícies de Resposta (MSR) (BOX; DRAPER, 1987), sendo esta empregada para avaliar as melhores condições das variáveis independentes e suas interações para otimizar ou minimizar a resposta desejada.

As médias das respostas experimentais foram tratadas através de análises de regressão múltipla, para desenvolver modelos matemáticos de segunda ordem, contendo parâmetros lineares, quadráticos e de interação das três variáveis independentes.

Na construção do modelo, eliminaram-se os termos não significativos da tabela do coeficiente de regressão, para obter um modelo final ajustado mais adequado, capaz de descrever as características da região analisada.

Nas ANOVAS, observaram-se as regressões estatisticamente significativas e a falta de ajuste, em relação a 95% de confiança, pelo teste F e o coeficiente de determinação de regressão (R^2), sendo que quanto maior o seu valor, mais próximo de 100%, melhor terá sido o ajuste do modelo aos dados experimentais observados (BARROS NETO et al., 2003). De acordo com Khuri e Cornell (1996) os modelos com R^2 menores que 60%, deverão ser usados somente como indicadores de tendência, nunca para fins preditivos. Segundo Barros Neto et al. (2003), um modelo ideal deve ter boa significância ($p \leq 0,05$), alta confiabilidade (resultados dentro do intervalo de confiança de 95%, isto é, resíduo irrelevante), baixa variabilidade ($R^2 \geq 70\%$) e coeficiente de variação (CV) $\leq 10\%$ sendo aceito até 20% em experimento de campo.

A análise de variância (teste F) foi aplicada para testar a adequação dos modelos (utilizaram-se os valores codificados das variáveis independentes). Pelo teste F foi comparado o valor do F_c ($F_{calculado}$) a partir dos dados experimentais observados com o valor do F_t ($F_{tabelado}$), significativos a um nível de $p \leq 95\%$ de confiança, para uma distribuição de referência, possibilitando a averiguação da relevância estatística dos resultados observados. De acordo com Barros Neto et al. (2003), quando não há relação entre a resposta e a variável, pode-se demonstrar que a razão entre as médias quadráticas da regressão e dos resíduos (MQR/MQr) segue uma distribuição F de hipótese nula. Neste caso, a variação nos valores dos resíduos foi devida, exclusivamente, a fatores aleatórios. Portanto, deve-se compará-la com o valor de F_t . Então, quando a razão MQR/MQr for maior do que 4 a 5 vezes o valor de F_t , pode-se afirmar que a equação é estatisticamente significativa e os dados experimentais são representados pelo modelo gerado.

Gráficos de superfície de respostas e de contorno foram construídos com o emprego do programa *Statistic for Windows* versão 5.0 (1995), para determinar o efeito das variáveis independentes, em um dos níveis 0, +1, -1, verificando-se suas influências sobre as respostas.

4.6 Otimização do processo de extrusão

A escolha do ponto ótimo levou em consideração os melhores resultados das análises tecnológicas de índice de expansão, cor (L^*), índice de absorção de água e índice de solubilidade em água; e as melhores notas para a aceitação sensorial em relação a aceitação global.

4.7 Análises realizadas no extrusado otimizado

4.7.1 Caracterização físico-química dos extrusados

Para o extrusado otimizado foram realizadas as seguintes análises: umidade, cinzas, proteína bruta e lipídios de acordo com as metodologias descritas no item 4.2.2. A análise de fibra alimentar total foi determinada de acordo com o método enzimático/gravimétrico, que se baseia na gelatinização e hidrólise do amido e hidrólise das proteínas da amostra pela ação de enzimas adicionadas, α -amilase termo resistente (pH 6,0/ 30 min/ 100°C), protease (pH7,5/ 30 min/ 60°C) e amiloglucosidase (pH 4,75/ 30 min/ 60°C), seguida de precipitação da fração fibra pela adição de etanol a 95%, segundo método oficial da AOAC (1997). A amostra foi previamente desengordurada pelo método de Soxhlet descrito pela AOAC (1997).

4.7.2 Avaliação do extrusado por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os extrusados previamente secos a 80°C por 1 h foram fracionados em 3,0 mm de espessura, colocados em porta-amostras de alumínio e recobertos (taxa de recobrimento de 0,5 Angstrom/s) com uma camada de Ouro-Paládio, com espessura de 92 Angstrom (FERREIRA, 2006). Posteriormente, as amostras foram introduzidas no microscópio eletrônico de varredura LEO (Modelo 1450 VP), pertencente ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Coordenação de Pesquisa e Pós-Graduação (CPPG) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a visualização das estruturas foi realizada para caracterizar os extrusados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

5.1.1 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Os resultados das análises microbiológicas realizadas no camarão *in natura* são apresentados na Tabela 7, os quais demonstraram que o mesmo se encontra dentro do padrão estabelecido pela legislação brasileira, confirmando que os procedimentos higiênico-sanitários foram corretamente seguidos desde a captura até a preparação da matéria-prima. Sendo assim está em condições microbiológicas favoráveis para o estudo.

Tabela 7. Caracterização microbiológica do camarão regional *in natura*.

Determinações	Camarão regional <i>in natura</i>	Legislação brasileira (BRASIL, 2001)
Coliformes 45 °C (NMP/g)	10	$<10^2$
<i>Salmonella</i> por 25g	Ausente	Ausente
<i>S. aureus</i> (UFC.g ⁻¹)	$<10^1$	$<10^3$

Os resultados da avaliação microbiológica realizada na quirera de arroz e no arroz polido quebrado são apresentados na Tabela 8 e se encontram dentro do padrão estabelecido pela legislação brasileira.

Tabela 8. Caracterização microbiológica da quirera de arroz e arroz polido quebrado.

Determinações	Quirera de arroz	Arroz polido quebrado	Legislação brasileira (BRASIL, 2001)
Coliformes 45 °C (NMP/g)	10	10	$<10^2$
<i>Salmonella</i> por 25g	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	$<10^1$	$<10^1$	3×10^3

5.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados da caracterização física e físico-química do camarão regional *in natura* estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Caracterização físico-química do camarão regional *in natura*.

Determinações	Camarão regional <i>in natura</i>
Atividade de água	0,98 ± 0,01
Bases Voláteis Totais (mg N/100g)	11,04 ± 0,22
pH	6,22 ± 0,01
Umidade (%)	74,26 ± 0,68
Resíduo Mineral Fixo (%)	4,89 ± 0,41
Lipídios (%)	2,93 ± 0,27
Proteínas totais (%)	15,26 ± 0,95

A umidade observada na Tabela 9 é compatível com a encontrada por Furuya et al. (2006), que ao analisarem a composição centesimal do camarão-d'água-doce (*Macrobrachium amazonicum*) obtiveram umidade de 70,3%. No entanto, os valores de cinzas (1,5%), proteínas (24,8%) e de lipídios totais (1,5%), foram diferentes aos da presente pesquisa. A diferença entre os valores pode ser atribuída ao sexo, ciclo biológico do animal, a estação do ano, local, abundância de nutrientes, temperatura, salinidade da água e às regiões do corpo do animal incluídas na análise.

Pedrosa et al. (2001) encontraram 88,34% de umidade e 1,05% de cinzas em camarões marinhos *Penaeus brasiliensis* em seu ambiente natural e 10,62 e 21,38% de proteína bruta em camarões *Penaeus brasiliensis* e lagosta *Panulirus argus* obtidos em cativeiro, respectivamente.

Merece destaque na composição do produto o baixo teor de gordura (<3%), o que o torna bastante recomendável para utilização em uma dieta alimentícia que necessite de baixas quantidades de gordura.

Ainda na Tabela 9 verifica-se média de 11,04 mg N/100g de N-BVT no músculo, sendo que o limite preconizado pelo RIISPOA (1997) para N-BVT é de no máximo 30mgN/100g de músculo, sendo assim as amostras de camarão se encontraram em condições satisfatórias quanto ao frescor.

Cheuk, Finne e Nickelson II (1979) ao estudar o camarão-rosa (*Penaeus duorarum*) e o camarão marrom (*Penaeus aztecus*) observaram que o início da deterioração coincidia com os valores de BVT chegando ao limite de 30mgN/100g, o que ocorreu, respectivamente, aos 16 e aos 19 dias de armazenamento em gelo.

Kodaira e Rojas (1994) em estudo feito com *Penaeus vannamei* inteiros e descabeçados mantidos em gelo por 18 dias obtiveram resultados de N-BVT variando de 11mg a 38mg/100g de músculo.

O resultado do pH para o camarão regional inteiro (Tabela 9) foi 6,22. A legislação brasileira indica como limite para o pescado ser considerado fresco o pH de no máximo 6,8 (BRASIL, 1997). Shamsad et al. (1990) obtiveram valores iniciais de pH de 7,05 aumentando para 8,25 após 16 dias de estocagem em gelo e verificaram que em pH superior a 7,6 os camarões *Penaeus merguensis* foram classificados como inaceitáveis ou pútridos. Kirschnik e Viegas (2004) encontraram valores de pH variando de 6,62 a 7,44 para *Macrobrachium rosenbergii* estocados em gelo por 10 dias. Fazendo-se uma comparação com estes outros resultados, verifica-se que a armazenagem do camarão regional utilizado na presente pesquisa foi realizada de forma mais adequada que as utilizadas nos outros trabalhos.

Na Tabela 10 encontram-se os resultados da caracterização físico-química obtidos para a quirera de arroz.

Tabela 10. Caracterização físico-química da quirera de arroz em base seca.

Determinações	Quirera de arroz
Atividade de água	0,54 ± 0,01
Umidade (%)	11,22 ± 0,1
Cinzas (%)	0,46 ± 0,01
Lipídios (%)	0,7 ± 0,01
Proteína Bruta (%)	9,79 ± 0,1
Amido (%)	77,13 ± 0,1

Limberger (2006) caracterizou a quirera de arroz e encontrou a seguinte composição: 8,13% de proteína bruta; 1,15% de lipídios; 0,45% de cinzas e 76,35% de amido total, valores semelhantes ao da presente pesquisa.

Barbosa et al. (2006) ao estudar uma possível substituição de fécula de mandioca por farinha de arroz na elaboração de embutido tipo mortadela, verificaram a composição química aproximada da farinha de arroz, constatando na farinha de arroz crua uma umidade de 8,47%, 9,11% de proteína, 0,73% de lipídios, 0,68% de cinzas e 80,44% de carboidratos.

Na Tabela 11 encontram-se os resultados da caracterização físico-química do arroz polido quebrado.

Tabela 11. Caracterização físico-química do grão de arroz polido em base seca.

Determinações	Arroz polido
Atividade de água	0,46 ± 0,01
Umidade (%)	11,8 ± 0,02
Proteína (%)	6,2 ± 0,03
Lipídios (%)	0,5 ± 0,01
Amido (%)	80,7 ± 0,01
Cinza (%)	0,4 ± 0,02

Os resultados do presente estudo se apresentam semelhantes ao realizado por outros autores (KENNEDY e BURLINGAME, 2003; TAIRA, 1995; CASTRO et al., 1999; BORGES et al., 2003 e HEINEMANN et al., 2005).

O conteúdo protéico do arroz (grão cru), em média de 7,5 %, pode oscilar entre 5% e 13% pelas diferenças nas variedades (KENNEDY e BURLINGAME, 2003).

O conteúdo de lipídios do arroz polido é muito baixo (menos de 1%). Entretanto, o grão integral pode conter até 3% de lipídios, visto que cerca de 80% dos lipídios do grão se encontram em suas camadas periféricas (TAIRA, 1995).

Castro et al. (1999) avaliaram a qualidade dos grãos de arroz e verificaram para o grão de arroz integral uma composição de aproximadamente 12% de umidade, 7,55% de proteína, 1,9% de lipídios e 77,4% de carboidrato, e para o grão de arroz polido uma composição de aproximadamente 12% de água, 6,7% de proteína, 0,4% de lipídios e 80,4% de carboidratos.

Borges et al. (2003) ao analisar as propriedades de cozimento e estudando as características físico-químicas de macarrões pré-cozidos à base de farinha integral

de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L), obtidos por extrusão termoplástica, observaram na composição centesimal da farinha de arroz polido 7,5% de proteína, 0,3% de lipídios, 0,57% de cinzas e 77,33% de carboidratos.

Heinemann et al. (2005) verificaram que a composição química do arroz polido comercial brasileiro gira em torno de 0,50% de lipídios, 0,47% de cinzas, 6,66% de proteínas, e a composição do arroz comercial parboilizado polido é semelhante.

A diferença nos valores pode ser atribuída a espécie de arroz utilizada, ao tipo de cultivo, solo, clima, estação do ano etc.

5.1.3 Processamento da farinha de camarão regional

5.1.3.1 Cinética de secagem do camarão regional

O efeito da temperatura do ar (50, 60 e 70°C) na cinética de secagem do camarão regional temperado triturado, foi analisado através das curvas de secagem do adimensional de umidade em função do tempo, conforme a Figura 5.

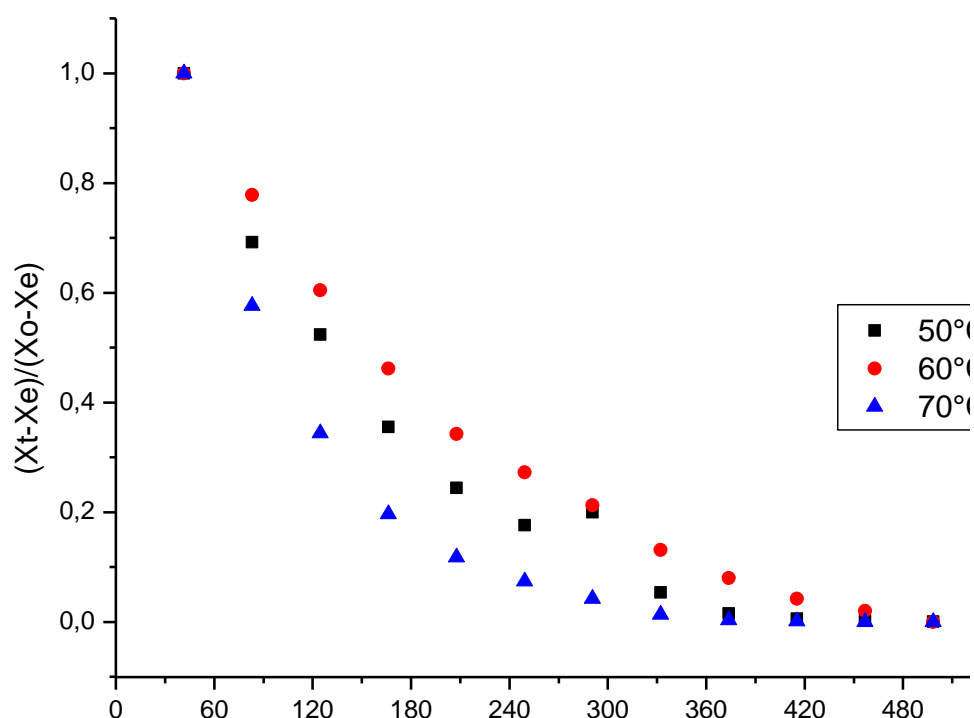


Figura 5. Curvas de secagem do camarão regional nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Quanto ao comportamento da velocidade de secagem do camarão regional triturado, a temperatura do ar de secagem mostrou ter maior influência para a amostra seca a 70°C, que apresenta maior declínio da curva, quando comparada às outras duas, resultando com isso na redução do tempo de secagem. As curvas de secagem mostram uma convergência após 5 horas de processo tendendo então ao equilíbrio, sendo que as temperaturas de 50 e 70°C atingiram o equilíbrio mais rápido (praticamente iguais). Castro e Pagani (2004) estudaram a cinética de secagem de cabeças de camarão *Litopenaeus vannamei* também nas temperaturas de 50, 60 e 70°C em estufa com circulação de ar, só que utilizando as equações propostas por Page, Thompson e Cavalcanti Mata. Embora trabalhando com equações diferentes, os autores observaram que a secagem feita sob temperatura de 70°C, reduziu significativamente, o tempo necessário para secar o produto, indicando que a temperatura é uma variável que tem influência no processo. A transferência de massa aumenta com o aumento da temperatura.

As Figuras 6, 7 e 8 mostram os ajustes do modelo difusional de Fick para o cálculo da difusividade efetiva da água (D_{ef}) para o camarão regional.

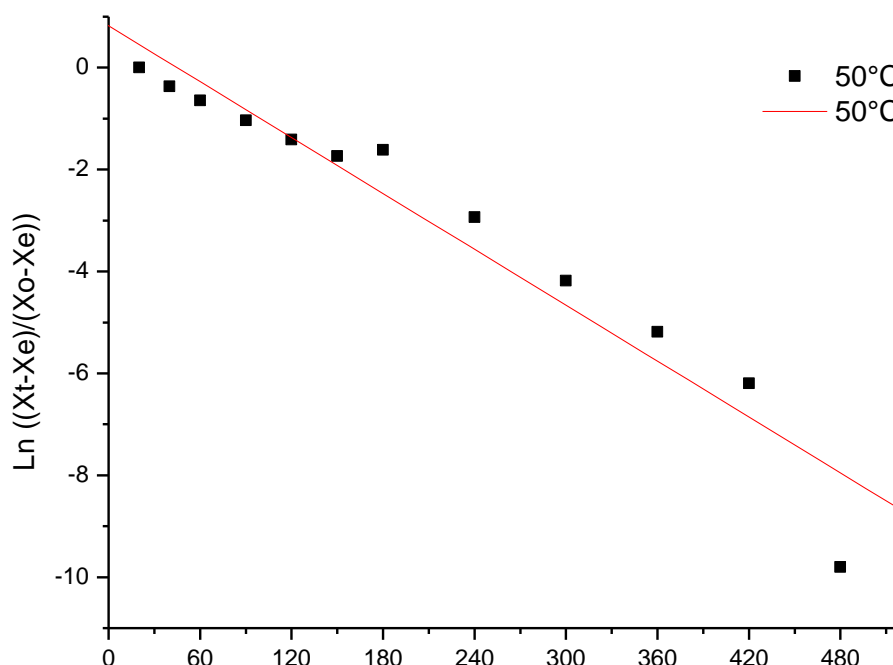


Figura 6. Ajuste do modelo de Fick para o camarão regional seco à temperatura de 50°C. (e) Dados experimentais (p) Valores preditos pelo modelo.

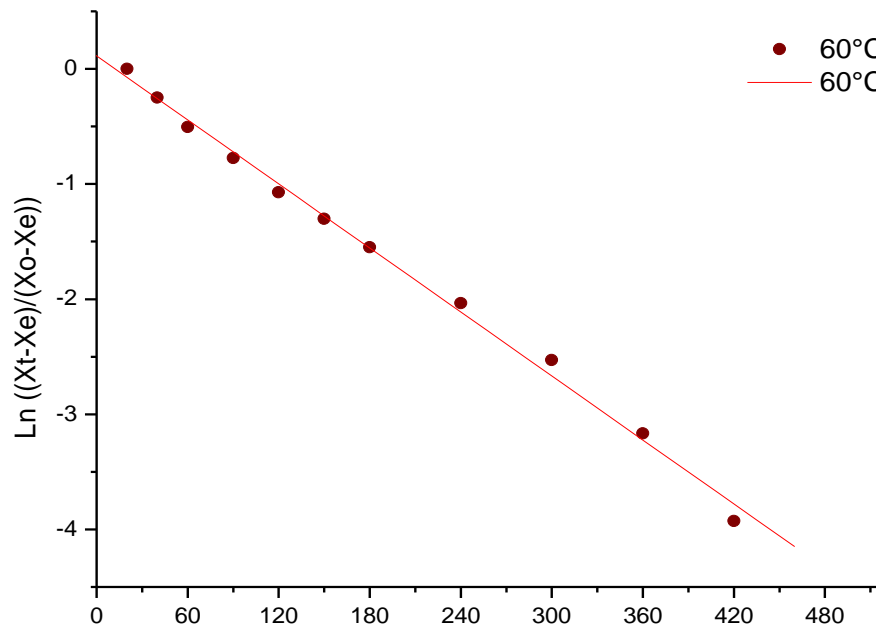


Figura 7. Ajuste do modelo de Fick para o camarão regional seco à temperatura de 60°C. (e) Dados experimentais (p) Valores preditos pelo modelo.

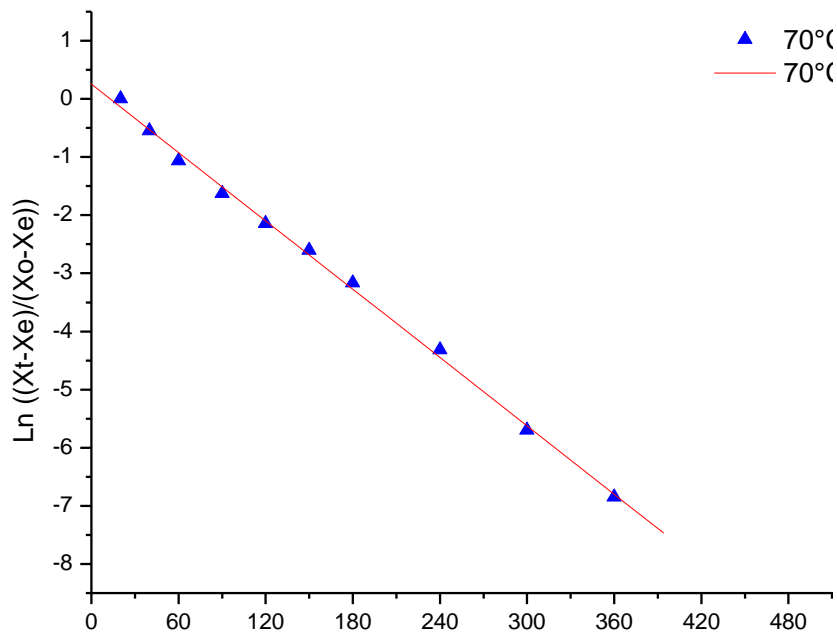


Figura 8. Ajuste do modelo de Fick para o camarão regional seco à temperatura de 70°C. (e) Dados experimentais (p) Valores preditos pelo modelo.

A Tabela 12 apresenta os valores encontrados para a difusividade efetiva da água (D_{ef}), coeficientes de correlação (R^2) e erros médios relativos (P) para os camarões temperados triturados secos às temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Tabela 12. Valores de difusividade efetiva, R² e P obtidos para o modelo de Fick para a farinha de camarão regional.

Temperatura	Def x10 ¹⁰ (m ² /s)	R ²	P (%)
50°C	3,15	0,93	30,93
60°C	1,69	0,99	5,37
70°C	3,86	0,99	5,05

Observa-se, com base nos dados da Tabela 12 e nas Figuras 10, 11 e 12, que o melhor valor de difusividade efetiva foi obtido para a amostra seca à temperatura de 70°C. Analisando-se o coeficiente de correlação, verifica-se que em todas as condições estudadas, com exceção da condição de temperatura de 50°C, os valores obtidos encontram-se próximos da unidade. Com relação ao ajuste do modelo de Fick, observa-se que o mesmo ajustou bem os dados experimentais, pois o valor do erro relativo médio, com exceção para a temperatura de 50°C, ficou abaixo do valor sugerido por Lomauro et al. (1985), que é de 10%.

5.1.3.2 Avaliação do rendimento da farinha de camarão regional

No presente trabalho buscou-se utilizar o camarão inteiro para se ter um maior aproveitamento e utilização de seus componentes, sendo que a média do rendimento alcançado para a farinha de camarão regional inteiro foi 31,33%, superior aos rendimentos obtidos para farinha de resíduo de camarão *Litopenaeus vannamei* (20,01%) (DAMASCENO, 2007), e inferior ao rendimento da farinha da cabeça de tilápia (35,91%) (STEVANATO, 2006) e da farinha obtida a partir de resíduos de *Macrobrachium amazonicum* (32,5%) (SALES, 1990).

Os moluscos e crustáceos, exceto os cefalópodos (lulas e polvos) apresentam menor rendimento quando comparado com os peixes, e quanto aos níveis de rendimento da carne útil para industrialização, são fortemente afetados pelo tipo de concha ou de carapaça que, por sua vez, varia de acordo com o ambiente e os estados fisiológicos (GUZMÁN, 1994).

Segundo Grantan (1977) os camarões apresentam um rendimento de carne menos variável que os dos moluscos de concha e caranguejos.

Silva et al. (2005) constataram rendimento de 55% em filé de camarão setebarras (*Xiphopenaeus Kroyeri*), 32% de cabeça e 13% de casca e demonstraram a possibilidade do aproveitamento integral do camarão com a utilização destes resíduos na obtenção de farinha e outros produtos.

5.1.3.3 Caracterização microbiológica da farinha de camarão regional

Os resultados das análises microbiológicas realizadas na farinha de camarão regional estão apresentados na Tabela 13, os quais demonstraram que o mesmo se encontra dentro do padrão estabelecido pela legislação brasileira, confirmando que os procedimentos higiênico-sanitários foram corretamente seguidos.

Tabela 13. Caracterização microbiológica da farinha de camarão regional.

Determinações	Farinha de Camarão regional	Legislação brasileira (BRASIL, 2001)
Coliformes 45 °C (NMP/g)	10^1	$<10^2$
<i>Salmonella</i> por 25g	Ausente	Ausente
<i>S. aureus</i> (UFC.g ⁻¹)	$<10^1$	$<10^3$

5.1.3.4 Caracterização física e química da farinha de camarão regional

A Tabela 14 apresenta a caracterização física e química da farinha obtida do camarão regional inteiro. Observa-se que a atividade de água obtida é maior que a obtida por Damasceno (2007). Tal fato pode ser explicado pela diferença no processamento e pela matéria-prima utilizada, visto que no presente trabalho foi utilizado o camarão inteiro enquanto que no outro foi utilizado somente o cefalotórax, sendo que ambos não favorecem o crescimento de microrganismos e reações químicas.

Tabela 14 – Caracterização físico-química da farinha de camarão regional, em base úmida

Determinações	Valores	FANIMO et al. (2004)	DAMASCENO (2007)
Atividade de água	0,43 ± 0,01	-	0,29
Umidade (%)	6,5 ± 0,1	7,7	5,6
Proteína (%)	61,0 ± 0,02	39,4	9,6
Lipídios (%)	3,2 ± 0,01	9,0	8,4
Cinzas (%)	26,0 ± 0,02	24,0	17,5

O teor de umidade obtido para farinha de camarão regional foi em média de 6,5%, compreendido entre os resultados encontrados por Fanimó et al. (2004) (7,7%) e por Damasceno (2007) (5,6%). Esta umidade final atende aos padrões da legislação brasileira vigente (BRASIL, 1997) que determina umidade máxima de 10% para farinha de pescado, favorecendo assim a manutenção de sua qualidade físico-química e microbiológica.

Pode-se observar na Tabela 14 que a farinha apresentou teor de cinzas e proteínas superior ao obtido pelo camarão regional *in natura* mostrado na Tabela 9, devido a redução do teor de água, com conseqüente concentração destes componentes.

O teor de cinzas encontrado para a farinha de camarão regional (26,0%) foi superior aos relatados por Fanimó et al. (2004) (24%) e por Damasceno (2007) (17,5%). Isto pode ser pelo fato das matérias-primas utilizadas nos trabalhos serem diferentes, visto que na presente pesquisa se trabalhou com o camarão inteiro, enquanto que nas demais se trabalhou com resíduos e outras espécies. Ressalta-se que o cefalotórax e o exoesqueleto apresentam maior conteúdo de cinza devido, principalmente, ao conteúdo de material inorgânico que lhes confere rigidez.

Com relação às proteínas (Tabela 14), estas foram também superiores as encontradas por Fanimó et al. (2004) (39,4%) e por Damasceno (2007) (9,6%); porém foi semelhante à encontrada na farinha integral de camarão por Boscolo et al. (2004) (60,5%). A utilização do camarão inteiro, inclusive da presença de músculo nesta pesquisa, contribuiu para o aumento dos níveis de proteína.

A metodologia empregada para a análise de lipídios tem grande importância na determinação deste nutriente. Segundo Brasil (2005), os métodos clássicos para extração de gordura não são adequados para pescado devido a característica da gordura, rica em ácidos graxos insaturados, que são facilmente oxidados pela exposição ao calor.

Outro fator importante é que o teor de lipídios sofre influência da sazonalidade, como também varia em função da idade, grau de maturação sexual e a espécie.

Podem-se constatar essas afirmações através da variação entre os valores obtidos na Tabela 14, onde foi encontrado 3,2% de lipídios para a farinha de camarão regional, 9% para farinha de camarão (FANIMO et al.,2004) e 8,4% para a farinha do cefalotórax do *Litopenaeus vannamei* (DAMESCENO, 2007). Boscolo et al. (2004) encontrou 2,25% de lipídios em farinha de camarão integral (*Macrobrachium amazonicum*), ou seja, da mesma espécie trabalhada no presente estudo.

Segundo o Expert Panel on Food Safety and Nutrition (1991) o depósito de gordura do camarão fica localizado no hepatopâncreas, que está situado na região da cabeça. Assim a farinha produzida apenas de cefalotórax terá teor lipídico maior ao de uma farinha confeccionada a partir do camarão inteiro.

5.1.4 Caracterização granulométrica das matérias-primas

A análise granulométrica da farinha de camarão regional inteiro, quítera de arroz e do arroz polido quebrado é apresentada na Tabela 15.

Tabela 15. Granulometria da farinha de camarão, quirera de arroz e arroz polido quebrado.

Peneiras	Farinha de camarão (% retida)	Quirera de Arroz (% retida)	Arroz Polido Quebrado (% retida)
Mesh 12	0,11 ± 0,45	6,11 ± 0,42	7,18 ± 0,32
Mesh 16	5,83 ± 0,50	76,92 ± 0,35	75,25 ± 0,30
Mesh 20	21,20 ± 0,50	14,99 ± 0,40	16,23 ± 0,26
Mesh 24	17,20 ± 0,47	1,38 ± 0,45	1,09 ± 0,35
Mesh 32	36,22 ± 0,43	0,31 ± 0,45	0,10 ± 0,45
Fundo	19,44 ± 0,32	0,29 ± 0,30	0,15 ± 0,40

A análise dos resultados permite observar que as farinhas de camarão regional, quirera de arroz e arroz polido quebrado apresentam granulometria bem particular. A farinha de camarão apresentou maior granulometria entre as peneiras de 20 e 32 mesh, com 36,22% retido na peneira de 32 mesh. A quirera de arroz e o arroz polido quebrado apresentaram, respectivamente, 93,29% e 92,57% de grãos retidos nas peneiras de 16 e 20 mesh. Booth (1990) e Riaz (2002) afirmam que o tamanho das partículas das matérias-primas influencia na textura dos produtos extrusados, sendo que quanto maior o tamanho, menor a maciez do produto final.

Partículas muito finas, quando submetidas a um aumento de umidade, como o que ocorre no processo de condicionamento, podem se aglomerar, formando grumos. Já, as partículas de diâmetro maior, são mais difíceis de serem condicionadas (RIAZ, 2002).

Segundo Mercier, Linko e Harper (1998), partículas muito pequenas são mais facilmente fundidas, resultando numa massa pegajosa, difícil de ser deslocada no interior do extrusor. Além disso, partículas maiores que 0,5 mm podem ser fundidas de maneira incompleta durante o processamento. Os autores também afirmam que partículas grandes tendem a romper as paredes das células no extrusado, causando uma redução na taxa de expansão.

5.1.5 Cor das matérias-primas

Na Tabela 16 encontram-se os resultados dos parâmetros de cor da farinha de camarão regional, da quirera de arroz e do arroz polido quebrado.

Tabela 16. Resultados da determinação de cor da farinha de camarão regional, quirera de arroz e arroz polido quebrado.

Escala	Farinha de Camarão Regional	Quirera de Arroz	Arroz Polido Quebrado
L*	58,20	78,95	90,43
a*	+6,37	+1,34	+0,15
b*	+23,88	+15,60	+4,5

Na Tabela 16, pode-se verificar que o valor de L* para as amostras de quirera de arroz e arroz polido quebrado apresentou-se elevado, indicando que as amostras têm coloração com tendência ao branco, sendo que essa tendência é menor para a farinha de camarão que já possui uma tendência maior para o vermelho, conforme o parâmetro a*. No parâmetro b*, verifica-se presença de pigmentação amarela na farinha de camarão e na quirera de arroz.

Barbosa et al. (2006) ao elaborarem embutido tipo mortadela com farinha de arroz, analisaram a cor da farinha de arroz e constataram que os valores de L*, a* e b* foram, respectivamente, 95,41, +0,05 e +4,7. Essa diferença com relação a quirera de arroz (Tabela 16) pode ser devido a composição da mesma.

5.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Os resultados obtidos para as variáveis dependentes (respostas) em função das variáveis independentes utilizadas no processo de extrusão, estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Resultados experimentais obtidos para as diferentes condições de extrusão

Ensaio	Variáveis Independentes			Variáveis Dependentes				
	Valores codificados			IE	Cor (L*)	IAA	ISA	AG
	X1	X2	X3					
01	-1	-1	-1	3,10 ± 0,76	95,92 ± 0,12	6,51 ± 0,12	6,45 ± 0,25	5,07 ± 0,10
02	1	-1	-1	3,05 ± 0,27	94,01 ± 0,20	6,51 ± 0,33	6,71 ± 0,42	5,00 ± 0,20
03	-1	1	-1	2,92 ± 0,42	94,01 ± 0,32	6,36 ± 0,26	12,36 ± 0,28	2,50 ± 0,21
04	1	1	-1	3,03 ± 0,26	101,56 ± 0,22	4,44 ± 0,40	8,68 ± 0,23	4,12 ± 0,35
05	-1	-1	1	3,48 ± 0,20	104,60 ± 0,21	4,79 ± 0,13	4,60 ± 0,35	7,00 ± 0,25
06	1	-1	1	3,64 ± 0,28	102,72 ± 0,35	6,65 ± 0,10	5,87 ± 0,10	6,15 ± 0,10
07	-1	1	1	2,97 ± 0,17	98,89 ± 0,40	6,55 ± 0,21	6,60 ± 0,21	2,97 ± 0,10
08	1	1	1	2,80 ± 0,23	97,60 ± 0,35	6,59 ± 0,22	12,69 ± 0,26	2,12 ± 0,23
09	-1,682	0	0	3,11 ± 0,31	100,74 ± 0,20	6,61 ± 0,12	3,83 ± 0,20	5,15 ± 0,33
10	1,682	0	0	3,11 ± 0,23	102,26 ± 0,26	6,58 ± 0,10	4,64 ± 0,43	5,30 ± 0,20
11	0	-1,682	0	3,65 ± 0,48	100,96 ± 0,30	5,85 ± 0,32	5,51 ± 0,32	8,25 ± 0,12
12	0	1,682	0	2,98 ± 0,20	92,98 ± 0,45	6,52 ± 0,35	5,57 ± 0,30	4,02 ± 0,40
13	0	0	-1,682	2,81 ± 0,34	97,30 ± 0,25	6,87 ± 0,20	5,94 ± 0,10	2,57 ± 0,15
14	0	0	1,682	3,12 ± 0,22	95,54 ± 0,12	6,51 ± 0,20	5,37 ± 0,20	6,22 ± 0,22
15 (C)	0	0	0	3,11 ± 0,33	97,71 ± 0,15	4,82 ± 0,16	2,78 ± 0,25	5,97 ± 0,26
16 (C)	0	0	0	3,13 ± 0,25	101,01 ± 0,23	4,33 ± 0,10	1,00 ± 0,26	5,92 ± 0,10
17 (C)	0	0	0	3,16 ± 0,20	94,45 ± 0,22	4,70 ± 0,10	3,66 ± 0,12	6,75 ± 0,10

X1 – Temperatura na 3ª zona do extrusor (°C);

X2 – Umidade inicial da matéria-prima (%);

X3 – Teor de farinha de camarão (%);

(C) – Ponto central;

IE – Índice de expansão;

IAA – Índice de absorção de água (g água/ g amostra seca);

ISA – Índice de solubilidade em água (%);

L* – Luminosidade;

AG – Avaliação global (análise sensorial).

5.3 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS EXTRUSADOS

5.3.1 Índice de expansão

Nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 17), os extrusados apresentaram valores de IE entre 2,8 e 3,65, como valores mínimo e máximo para os 17 ensaios. O que apresentou menor IE foi o Ensaio 8, que continha alto teor de farinha de camarão (15%), alta umidade inicial da matéria-prima (16%) e alta temperatura de processo na 3ª zona (90 °C). Por outro lado o ensaio com maior expansão foi o Ensaio 11, processado nas condições intermediárias do planejamento em relação à temperatura (80 °C) e ao teor de farinha de camarão (10%), mas com a condição mais baixa de umidade inicial da matéria-prima (10,64%).

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais do Índice de Expansão (IE), foram determinados através do erro puro e pela soma quadrática residual e são representados nas Tabelas 18 e 19, respectivamente. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Tabela 18. Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para índice de expansão dos extrusados.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	0,007	0,014	0,537	0,644
Temperatura (Q)	-0,019	0,015	-1,280	0,329
Umidade (L)	-0,392	0,014	-28,782	0,001
Umidade (Q)	0,125	0,015	8,389	0,014
Camarão (L)	0,192	0,014	14,100	0,005
Camarão (Q)	-0,121	0,015	-8,118	0,015
<i>Efeito das interações</i>				
Temperatura x Umidade	-0,042	0,018	-2,388	0,139
Temperatura x Camarão	-0,017	0,018	-0,983	0,429
Umidade x Camarão	-0,287	0,018	-16,156	0,004

Tabela 19. Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para índice de expansão dos extrusados.

Fatores		Efeito estimado	Erro puro	t(7)	Significância estatística (p)
<i>Efeitos principais</i>					
Temperatura (L)		0,007	0,036	0,200	0,846
Temperatura (Q)		-0,019	0,040	-0,478	0,647
Umidade (L)		-0,392	0,036	-10,752	0,000
Umidade (Q)		0,125	0,040	3,134	0,016
Camarão (L)		0,192	0,036	5,267	0,001
Camarão (Q)		-0,121	0,040	-3,033	0,019
<i>Efeito das interações</i>					
Temperatura	x	-0,042	0,047	-0,892	0,401
Umidade					
Temperatura	x	-0,017	0,047	-0,367	0,724
Camarão					
Umidade x Camarão		-0,287	0,047	-6,035	0,000

Como podem ser observados nas Tabelas 18 e 19, os fatores significativos foram os mesmos em ambas, tanto levando em consideração o erro puro como para a soma quadrática residual. Os efeitos significativos são umidade (L e Q), camarão (L e Q) e a interação umidade x camarão. O efeito estimado indica o quanto cada fator influi na resposta estudada, pois quanto maior o seu valor, maior é a sua influência. Os parâmetros umidade (L), camarão (Q) e a interação umidade x camarão apresentaram efeitos com valores negativos, indicando que com um aumento destas variáveis ocorre diminuição na resposta.

Ding et al. (2005) encontraram que a umidade é o principal fator que afeta a densidade do extrusado e a sua expansão. Neste trabalho, a umidade (L) também foi a principal variável que afetou o índice de expansão (IE). De acordo com os autores, a alta dependência da densidade e da expansão em relação à umidade seria o resultado de sua influência nas características elásticas dos materiais.

Valores elevados de umidade podem reduzir a elasticidade da massa através da plasticização do material fundido, resultando em redução da energia mecânica específica, com conseqüente redução da gelatinização. Ferreira (2006), na produção de “snacks” extrusados, ao aumentar a umidade da matéria-prima de 16,3% para 29,7%, também reportou uma queda no IE. Mendonça et al. (2000) investigaram o efeito da umidade (160 – 220 g/kg), da temperatura de extrusão termoplástica (150 – 190°C) e da adição de farelo de milho (180 – 320 g/kg) na produção de “snacks”. Eles também reportaram que o IE diminuiu linearmente com o aumento do teor de umidade, da temperatura e da adição de farelo de milho. Outro fator importante, foi a interferência da farinha de camarão regional no índice de expansão. Segundo Riaz (2002), partículas maiores, como a farinha de camarão regional no caso deste estudo, tendem a romper as paredes das células do produto extrusado, causando uma redução no IE. Além disso, as fibras ligam água mais fortemente durante a extrusão do que as proteínas e o amido. Essa ligação inibe a perda da água na saída do extrusor, reduzindo a expansão. O amido presente não pode gelatinizar totalmente na presença da fibra e por isso é incapaz de suportar a expansão (CAMIRE e KING, 1991).

Ilo et al. (1999) adicionaram farinha de amaranto em “snacks” à base de arroz e observaram uma relação inversamente proporcional entre a adição de amaranto e a expansão dos produtos. Resultados similares obtiveram Hsieh et al. (1989) ao estudar o efeito da adição de fibra e velocidade do parafuso nas características físicas de extrusados à base de farinha de milho. Eles concluíram que a presença de fibra diminui a elasticidade e plasticidade da massa, reduzindo o IE.

Após a eliminação dos parâmetros com efeitos não significativos, verificou-se, através da análise de variância (ANOVA), a significância da regressão e da falta de ajuste com 95% de confiança ($p \leq 0,05$), conforme a Tabela 20.

Tabela 20. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para índice de expansão.

Fonte de variação	de SQ	GL	MQ	Fcalculado	Ftabelado (p≤0,05)	R²
Regressão	0,9387	5	0,1877	55,2059	3,20	0,96
Resíduo	0,0372	11	0,0034			
Falta de ajuste	0,0359	9	0,0040	6,3071	19,40	
Erro puro	0,0012	2	0,0006			
Total	0,9759	16				

SQ: soma quadrática; **GL:** grau de liberdade e **MQ:** média quadrática

Diante dos resultados anteriores foi gerado o modelo codificado proposto para representar o índice de expansão (IE), mostrado na Equação 9.

$$IE = 3,1214 - 0,1960U + 0,0657U^2 + 0,0960C - 0,0580C^2 - 0,1437UC$$

(Equação 9)

Onde:

IE – índice de expansão;

U – umidade (%) e

C – farinha de camarão (%)

Analisando os valores obtidos na Tabela 20, verificou-se que o modelo apresentou coeficiente de regressão significativa no nível de 95% de confiança (*F*calculado superior ao *F*tabelado) com *R*² igual a 0,96, evidenciando que o modelo explicou 96% da variação dos dados experimentais. De acordo com Khuri e Cornell (1996), o coeficiente de determinação da regressão (*R*²) mede a proporção da variação total da resposta que é explicada pelo modelo. Dessa forma, quanto maior o *R*², ou seja, mais próximo de 1, melhor será considerado o modelo. Os modelos com o *R*² <60% (muito baixo) são usados como indicadores de tendência, nunca para fins preditivos. O valor de *F*calculado foi 17,25 vezes maior que o valor de *F*tabelado para regressão. A falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo proposto não deve ser utilizado para descrever a resposta em questão.

A partir do modelo obtido foi possível construir as superfícies de resposta para o índice de expansão (IE), apresentadas nas Figuras 9, 10 e 11, que permitem visualizar as melhores condições para as variáveis independentes utilizadas neste estudo.

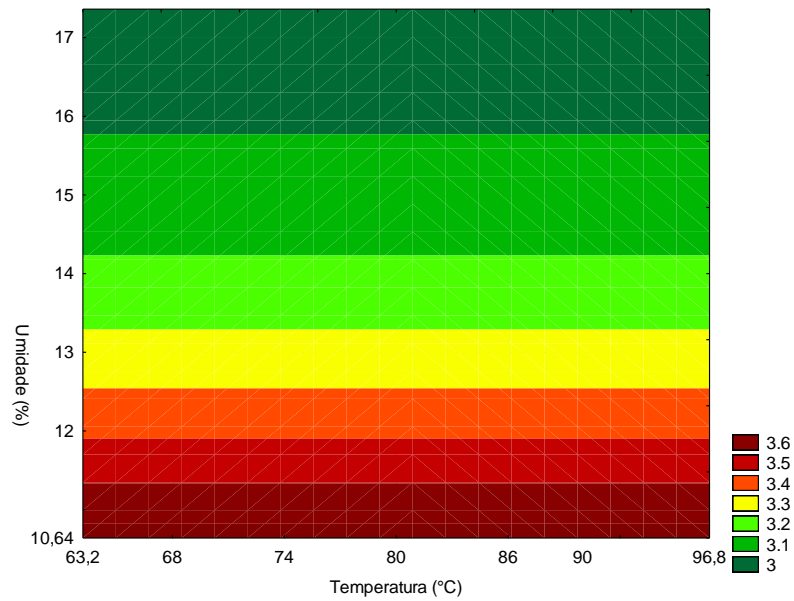


Figura 9. Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de processo no IE dos extrusados.

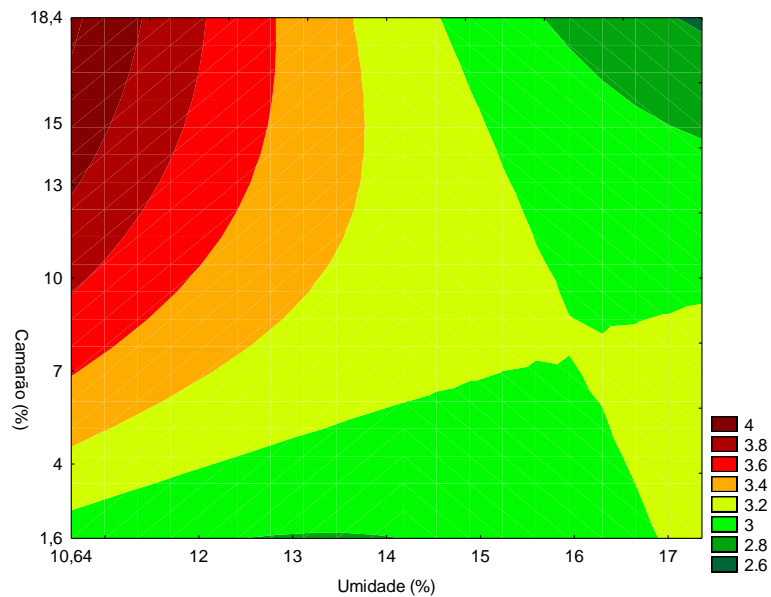


Figura 10. Efeito da umidade da matéria-prima e da concentração de farinha de camarão no IE dos extrusados.

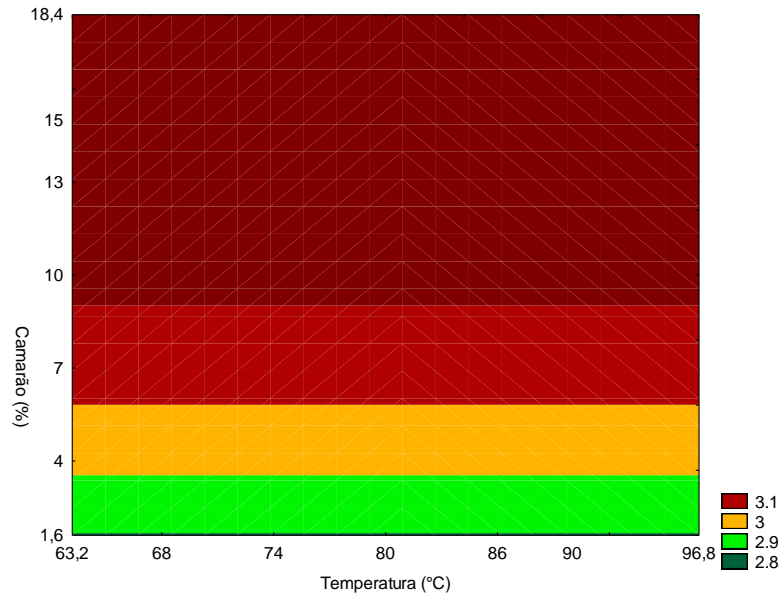


Figura 11. Efeito da concentração de farinha de camarão e da temperatura no IE dos extrusados.

Na Figura 10, observa-se que a valores baixos de umidade da matéria-prima e valores altos de concentração de camarão, há um aumento no índice de expansão do extrusado. Nas Figuras 9 e 11, verifica-se claramente que a temperatura não interfere significativamente no índice de expansão do extrusado, enquanto que, como mostrado na Figura 10, quanto menor a umidade da matéria-prima e maior a concentração de camarão, é obtido um maior índice de expansão dentro dos níveis estudados.

Segundo a Equação 9, ao diminuir a concentração de camarão e aumentar a umidade inicial da matéria-prima, dentro das faixas estudadas, o IE diminui, sendo que os maiores efeitos foram observados para a concentração de camarão. Já Mendonça et al. (2000) investigaram o efeito da umidade (16 – 22%), da temperatura de extrusão termoplástica (150 – 190 °C) e da adição de farelo de milho (18 – 32%) na produção de “snacks”. Como no presente trabalho, eles também reportaram que o IE diminuiu linearmente com o aumento do teor de umidade e da temperatura, tendo resultado diferente apenas na adição de farelo de milho.

5.3.2 Luminosidade (L*)

Observou-se nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 17), que os produtos extrusados apresentaram valores de luminosidade (L*) entre 92,98 e 104,60, como valores mínimos e máximos, para os ensaios 12 e 15, respectivamente.

A cor dos produtos extrusados é influenciada pela temperatura, composição da matéria-prima, tempo de residência, pressão e força de cisalhamento (GUY, 2001; MERCIER et al., 2001).

A cor é uma qualidade visual (atributo) importante dos produtos alimentícios. Existem muitas reações que ocorrem durante a extrusão, que afetam a cor. Dentre elas, as mais comuns são as reações de escurecimento não-enzimático (reação de Maillard e caramelização) e a degradação de pigmentos. As condições de processamento utilizadas na extrusão (alta temperatura e baixa umidade) são reconhecidas por favorecer a reação entre açúcares redutores e aminoácidos, o que resulta na formação de compostos coloridos e na redução do aminoácido lisina. Se o escurecimento é muito intenso, cores e sabores indesejáveis podem aparecer. Também, as mudanças de cor durante o processo de extrusão podem ser um indicador para avaliar a intensidade do processo em relação às mudanças químicas e nutricionais (ILO, BERGHOFER, 1999).

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais da luminosidade (L*), foram determinados através do erro puro e pela soma quadrática residual e são apresentados nas Tabelas 21 e 22, respectivamente.

Tabela 21. Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta luminosidade (L*)

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)	
<i>Efeitos principais</i>					
Temperatura (L)	0,736	1,775	0,414	0,718	
Temperatura (Q)	2,817	1,953	1,442	0,285	
Umidade (L)	-2,725	1,775	-1,535	0,264	
Umidade (Q)	-0,385	1,953	-0,197	0,862	
Camarão (L)	2,247	1,775	1,266	0,333	
Camarão (Q)	-0,774	1,953	-0,396	0,730	
<i>Efeito das interações</i>					
Temperatura	x	2,512	2,319	1,083	0,392
Umidade					
Temperatura	x	-2,202	2,319	-0,949	0,442
Camarão					
Umidade x Camarão		-4,117	2,319	-1,775	0,218

Tabela 22. Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta luminosidade (L*)

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(7)	Significância estatística (p)
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	0,736	1,684	0,437	0,675
Temperatura (Q)	2,817	1,854	1,519	0,172
Umidade (L)	-2,725	1,684	-1,618	0,149
Umidade (Q)	-0,385	1,854	-0,207	0,841
Camarão (L)	2,247	1,684	1,334	0,224
Camarão (Q)	-0,774	1,854	-0,417	0,689
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. x Umid.	2,512	2,200	1,141	0,291
Temper. x Cam.	-2,202	2,200	-1,000	0,350
Umid. x Cam.	-4,117	2,200	-1,870	0,103

Constatou-se que os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, não foram significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$), e, portanto, não apresentaram efeito sobre a resposta.

Quando produtos extrusados à base de farinhas ou amidos são dispersos em excesso de água, as principais propriedades funcionais são a absorção de água e a solubilidade em água. Amidos nativos não absorvem água facilmente à temperatura ambiente e a sua viscosidade é quase zero, enquanto produtos extrusados absorvem água formando um gel à temperatura ambiente. Estas propriedades são influenciadas pelo tamanho de partícula; quando se trabalha com partículas menores, aumenta a taxa e o nível de absorção. O IAA está relacionado com o grau de intumescimento ou gelatinização do amido, porque somente grânulos de amido gelatinizados conseguem absorver água em temperatura ambiente, aumentando a viscosidade. Por outro lado, o ISA está relacionado com a quantidade de moléculas solúveis, como resultado de uma dextrinização, ou seja, mede o grau de danificação do amido (MERCIER et al., 1998).

5.4.1 Índice de solubilidade em água (ISA)

Foi observado nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 17), que os produtos extrusados apresentaram valores de ISA entre 1,00 e 12,69%, como valores mínimos e máximos, respectivamente, para os 17 ensaios.

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais do índice de solubilidade (ISA), foram determinados através do erro puro e pela soma quadrática residual e são apresentados nas Tabelas 23 e 24 respectivamente.

Tabela 23. Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de solubilidade em água (ISA)

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)	
<i>Efeitos principais</i>					
Temperatura (L)	0,776	0,733	1,058	0,400	
Temperatura (Q)	2,434	0,807	3,016	0,094	
Umidade (L)	2,460	0,733	3,354	0,078	
Umidade (Q)	3,357	0,807	4,159	0,053	
Camarão (L)	-0,790	0,733	-1,077	0,393	
Camarão (Q)	3,438	0,807	4,260	0,051	
<i>Efeito das interações</i>					
Temperatura	x	0,220	0,958	0,229	0,840
Umidade					
Temperatura	x	2,695	0,958	2,812	0,106
Camarão					
Umidade x Camarão		0,235	0,958	0,245	0,829

Tabela 24. Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de solubilidade em água (ISA)

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	0,776	1,464	0,530	0,612
Temperatura (Q)	2,434	1,611	1,510	0,174
Umidade (L)	2,460	1,464	1,680	0,136
Umidade (Q)	3,357	1,611	2,083	0,075
Camarão (L)	-0,790	1,464	-0,540	0,606
Camarão (Q)	3,438	1,611	2,133	0,070
<i>Efeito das interações</i>				
Temperatura x Umidade	0,220	1,913	0,115	0,911
Temperatura x Camarão	2,695	1,913	1,408	0,201
Umidade x Camarão	0,235	1,913	0,122	0,905

Observou-se que os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, não foram significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$), e, portanto, não apresentaram efeito sobre a resposta.

5.4.2 Índice de absorção de água (IAA)

Foi observado nos resultados obtidos para os diferentes ensaios realizados (Tabela 17), que os produtos extrusados apresentaram valores de IAA entre 4,33 e 6,87 g de água / g material seco, como valores mínimos e máximos, respectivamente, para os ensaios 16 e 13. Mercier et al., (1998) afirmam que o IAA de amidos extrusados encontra-se na faixa entre 3 e 10 g de água / g de material seco.

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais do índice de absorção de água (IAA), foram determinados através do erro puro e pela soma quadrática residual e são representados nas Tabelas 25 e 26,

respectivamente. Os efeitos dos fatores quadráticos e das interações, em negrito, são significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Tabela 25. Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de absorção de água (IAA)

<i>Fatores</i>		Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<i>Efeitos principais</i>					
Temperatura (L)		-0,010	0,138	-0,074	0,947
Temperatura (Q)		1,153	0,152	7,580	0,017
Umidade (L)		0,089	0,138	0,643	0,586
Umidade (Q)		0,863	0,152	5,675	0,029
Camarão (L)		0,022	0,138	0,163	0,885
Camarão (Q)		1,220	0,152	8,021	0,015
<i>Efeito das interações</i>					
Temperatura	x	-0,935	0,180	-5,177	0,035
Umidade					
Temperatura	x	0,955	0,180	5,288	0,033
Camarão					
Umidade x Camarão		0,980	0,180	5,426	0,032

Tabela 26. Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta índice de absorção de água (IAA)

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>	
<i>Efeitos principais</i>					
Temperatura (L)	-0,010	0,248	-0,041	0,968	
Temperatura (Q)	1,153	0,273	4,219	0,003	
Umidade (L)	0,089	0,248	0,358	0,731	
Umidade (Q)	0,863	0,273	3,158	0,016	
Camarão (L)	0,022	0,248	0,091	0,930	
Camarão (Q)	1,220	0,273	4,464	0,003	
<i>Efeito das interações</i>					
Temperatura	x	-0,935	0,324	-2,881	0,023
Umidade					
Temperatura	x	0,955	0,324	2,943	0,021
Camarão					
Umidade x Camarão		0,980	0,324	3,020	0,019

Como pode ser observado nas Tabelas 25 e 26, os fatores significativos foram os mesmos, tanto levando em consideração o erro puro como para a soma quadrática residual. Sendo assim, tem-se que, para a resposta índice de absorção de água (IAA), a temperatura (Q), a umidade (Q), a concentração de camarão (Q) e as interações entre temperatura x umidade, temperatura x camarão e umidade x camarão foram significativas. Constata-se também que o camarão (Q) é o que apresenta maior efeito sobre o índice de absorção de água (IAA).

De acordo com Alvim et al. (2002) o IAA depende da exposição de grupos hidrofílicos (-OH) das moléculas de amilose e de amilopectina e da capacidade de formação de gel de tais moléculas. Este índice está relacionado à capacidade de absorção e retenção de água pelos constituintes da matéria-prima. Durante a extrusão, os grânulos de amido sofrem gelatinização e as proteínas são desnaturadas. O amido gelatinizado absorve mais água do que em seu estado natural, e as proteínas, devido a mudanças conformacionais e estruturais, têm o seu

balanço hidrofílico/hidrofóbico alterado, podendo contribuir para o aumento ou diminuição do IAA.

Após a eliminação dos parâmetros com efeitos não significativos, verificou-se, através da análise de variância (ANOVA), a significância da regressão e da falta de ajuste com 95% de confiança ($p \leq 0,05$), utilizando o teste F, para o planejamento estudado, conforme a Tabela 27.

Tabela 27. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para índice de absorção de água (IAA)

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>Fcalculado</i>	<i>Ftabelado ($p \leq 0,05$)</i>	<i>R²</i>
Regressão	11,968	6	1,994	13,293	3,22	0,88
Resíduo	1,503	10	0,150			
Falta de ajuste	1,372	8	0,171	2,661	19,39	
Erro puro	0,130	2	0,065			
Total	13,471	16	0,842			

SQ: soma quadrática; **GL:** grau de liberdade e **MQ:** média quadrática

Diante dos resultados foi gerado o modelo codificado proposto para representar o índice de absorção de água (IAA), mostrado na Equação 10.

$$IAA = 4,6521 + 0,5765T^2 + 0,4316U^2 + 0,6101C^2 - 0,4675TU + 0,4775TC + 0,4900UC$$

(Equação 10)

Onde:

IAA – índice de absorção de água

T – temperatura (°C)

U – umidade (%)

C – farinha de camarão (%)

A análise de variância (Tabela 27) mostrou que o modelo ajustado para o índice de absorção de água (Equação 10) foi significativo e preditivo com 95% de confiança, visto que o *F*calculado foi 4,12 vezes maior que o *F*tabelado. A falta de ajuste não foi significativa no mesmo nível de confiança, pois o *F*calculado foi menor que o

Ftabelado. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,88, indicando que o modelo explicou 88% da variação dos dados observados.

Nas Figuras 12, 13 e 14 são mostradas as superfícies de resposta geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios da temperatura, umidade e concentração de camarão. Estas superfícies confirmam a análise dos efeitos realizados anteriormente e permitem visualizar a variação da resposta para cada parâmetro estudado.

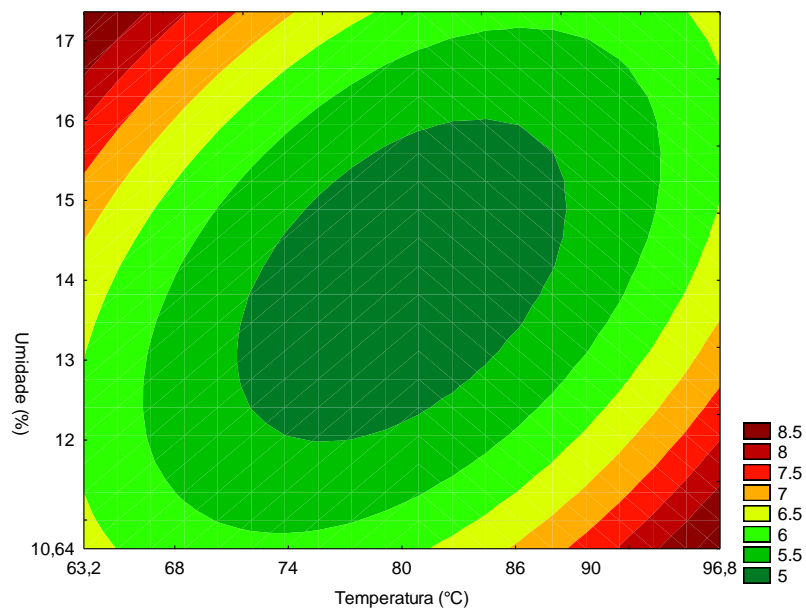


Figura 12. Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de processo no IAA dos extrusados.

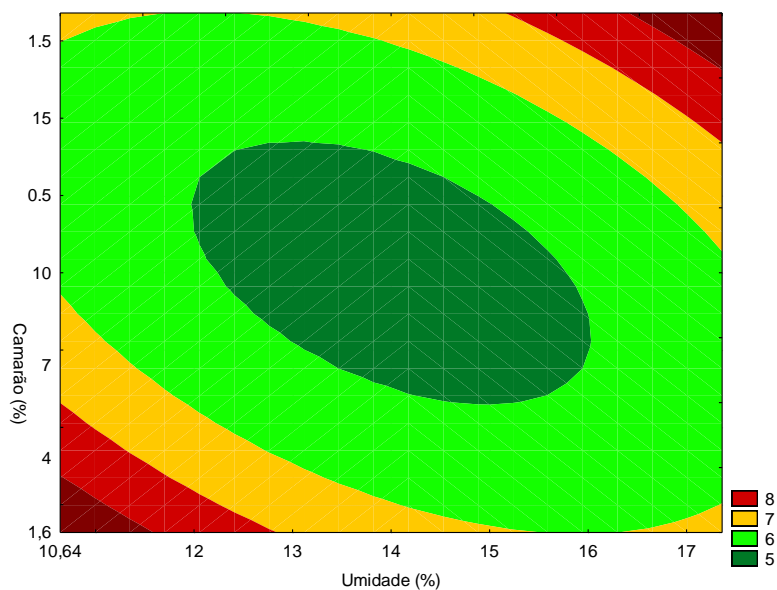


Figura 13. Efeito da umidade da matéria-prima e da concentração de farinha de camarão no IAA dos extrusados.

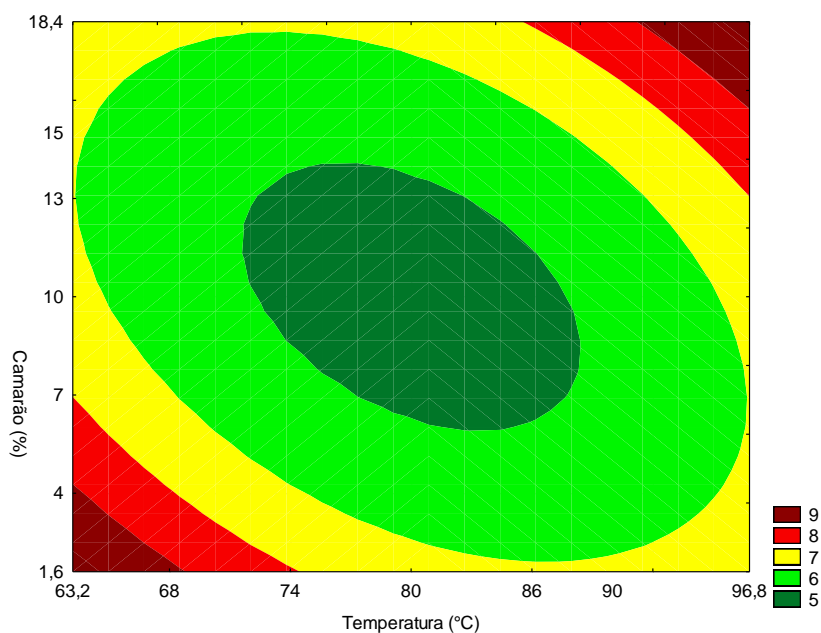


Figura 14. Efeito da concentração de farinha de camarão e da temperatura no IAA dos extrusados.

Na Figura 12, os maiores valores de IAA foram obtidos para os valores mais altos de umidade e de temperatura. De acordo com Alvim et al. (2002), para valores de umidade mais baixos, o IAA cai com o aumento da temperatura. Já para valores

de umidade mais altos, o IAA aumenta com o aumento da mesma. Isto se relaciona ao processo de gelatinização, pois teores de umidade baixos e elevadas temperaturas, aliados ao cisalhamento ocorrido no processo de extrusão, contribuem para o rompimento e o colapso da estrutura dos grânulos de amido, promovendo a formação de dextrinas e diminuindo a capacidade de absorção de água. Enquanto isso, valores de umidade mais elevados diminuem o efeito do cisalhamento sobre os grânulos de amido e em combinação com temperaturas mais elevadas favorecem o processo de gelatinização e, por conseqüência, a liberação de grupos (-OH).

Mercier e Feillet (1975) observaram que com um aumento na temperatura do processo de extrusão, utilizando “grits” de milho como matéria-prima, o IAA elevou-se até atingir um valor ótimo em 170°C, diminuindo para valores de temperatura mais elevados. O aumento dos valores do IAA observados neste trabalho em função do aumento da umidade e da temperatura está de acordo com os resultados apresentados por Singh e Smith (1997), que, comparando amido de trigo, farinha de trigo integral e farinha de aveia no processo de extrusão, encontraram que a interação entre umidade e temperatura foi altamente significativa; e apontaram que o IAA de todos os materiais avaliados aumentou com o aumento nos valores destas duas variáveis.

De acordo com a Figura 13, os valores de IAA mais elevados foram obtidos para umidade e para concentrações de farinha de camarão mais baixas. Considerando um mesmo valor para umidade, constatou-se que um aumento na concentração de farinha de camarão promove uma redução no IAA. Ding et al. (2006) destacam que o IAA é um índice que está diretamente relacionado à umidade e à temperatura de processo, os quais exercem bastante influência no processo de gelatinização do amido. Sendo assim, pode-se concluir que o IAA é influenciado diretamente pela presença de amido na formulação, sendo maior para formulações com menores concentrações de farinha de camarão.

Na Figura 14, observou-se que os valores do IAA foram independentes da temperatura, quando esta foi relacionada a concentração de farinha de camarão. Sendo assim, verifica-se que a temperatura provavelmente exerceu pouca ou nenhuma influência na redução de absorção de água por parte da farinha de camarão. Além disso, notou-se que o aumento na quantidade de farinha de camarão

aliada à redução do teor de quirera de arroz e arroz polido triturado promoveu uma redução no IAA.

5.4 ANÁLISE SENSORIAL

5.4.1 Avaliação global

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais da avaliação global (AG), foram determinados através do erro puro e pela soma quadrática residual e são representados nas Tabelas 28 e 29, respectivamente. Os efeitos dos fatores lineares e quadráticos, em negrito, são significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Tabela 28. Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta avaliação global (AG)

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	0,0149	0,2503	0,0598	0,9577
Temperatura (Q)	-1,0681	0,2754	-3,8773	0,0605
Umidade (L)	-2,7245	0,2503	-10,8843	0,0083
Umidade (Q)	-0,4230	0,2754	-1,5357	0,2643
Camarão (L)	1,1259	0,2503	4,4981	0,0460
Camarão (Q)	-1,6513	0,2754	-5,9944	0,0267
<i>Efeito das interações</i>				
Temperatura x Umidade	0,4250	0,3270	1,2994	0,3234
Temperatura x Camarão	-0,8125	0,3270	-2,4841	0,1309
Umidade x Camarão	-1,1500	0,3270	-3,5160	0,0722

Tabela 29. Efeito estimado, soma quadrática residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para a resposta avaliação global (AG)

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	0,0149	0,4894	0,0306	0,9764
Temperatura (Q)	-1,0681	0,5386	-1,9829	0,0878
Umidade (L)	-2,7245	0,4894	-5,5663	0,0008
Umidade (Q)	-0,4230	0,5386	-0,7853	0,4579
Camarão (L)	1,1259	0,4894	2,3003	0,0549
Camarão (Q)	-1,6513	0,5386	-3,0655	0,0181
<i>Efeito das interações</i>				
Temperatura x Umidade	0,4250	0,6395	0,6645	0,5276
Temperatura x Camarão	-0,8125	0,6395	-1,2704	0,2445
Umidade x Camarão	-1,1500	0,6395	-1,7981	0,1152

Como pode ser observado nas Tabelas 28 e 29, os fatores significativos foram os mesmos, tanto levando em consideração o erro puro como para a soma quadrática residual. Sendo assim temos que, para a resposta avaliação global (AG), a umidade (L), o camarão (Q) e (L) afetaram significativamente. Percebeu-se também que a temperatura (Q) analisada pelo erro puro apresentou um p igual a 0,06, significando que ele está dentro de um limite de confiança de 94%. Sendo assim, não foi conveniente descartá-lo.

O parâmetro camarão (L) apresentou um efeito positivo na avaliação global, ou seja, um aumento desse fator acarreta em um aumento da avaliação global, enquanto que os parâmetros temperatura (Q), umidade (L) e camarão (Q) apresentaram um efeito negativo, ou seja, um aumento nestes fatores acarreta na diminuição da avaliação global por parte dos provadores. Os parâmetros temperatura e camarão, todos quadráticos, apresentaram efeitos com valores de sinais negativos, indicando a existência de uma região máxima e a superfície de resposta na forma de

uma parábola negativa, ou seja, com curvatura para baixo. Observou-se ainda que o parâmetro umidade (L) é o que apresenta maior efeito sobre a avaliação global (AG).

Após a eliminação dos parâmetros com efeitos não significativos, verificou-se através da análise de variância (ANOVA), a significância da regressão e da falta de ajuste com 95% de confiança ($p \leq 0,05$), utilizando o teste F, para o planejamento estudado, conforme a Tabela 30.

Tabela 30. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a avaliação global (AG)

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>Fcalculado</i>	<i>Ftabelado ($p \leq 0,05$)</i>	<i>R²</i>
Regressão	38,0262	4	9,5065	10,8052	3,26	0,78
Resíduo	10,5585	12	0,8798			
Falta de ajuste	10,1306	10	1,0130	4,7358	19,41	
Erro puro	0,4279	2	0,2139			
Total	48,5847	16				

SQ: soma quadrática; **GL:** grau de liberdade e **MQ:** média quadrática

Como se pode observar na Tabela 30, o modelo apresentou regressão significativa a 95% de confiança ($F_{calculado}$ superior ao $F_{tabelado}$), com R^2 igual a 0,78, evidenciando que o modelo explicou 78% da variação dos dados experimentais. Observou-se também que o valor de $F_{calculado}$ da regressão foi 3,31 vezes maior que o $F_{tabelado}$, indicando que o modelo é significativo, mas não preditivo, podendo ser utilizado apenas como indicador de tendência.

Diante dos resultados anteriores foi gerado o modelo codificado proposto para representar a avaliação global (AG), mostrado na Equação 11.

$$AG = 5,9993 - 0,4715T^2 - 1,3623U + 0,5629C - 0,7631C^2 \quad \text{(Equação 11)}$$

Onde:

AG – avaliação global

T – temperatura (°C)

U – umidade (%)

C – farinha de camarão (%)

Nas Figuras 15, 16 e 17 são mostradas as superfícies de resposta geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios da temperatura, umidade e concentração de camarão. Estas superfícies confirmam a análise dos efeitos realizados anteriormente e permitem visualizar a variação da resposta para cada parâmetro estudado.

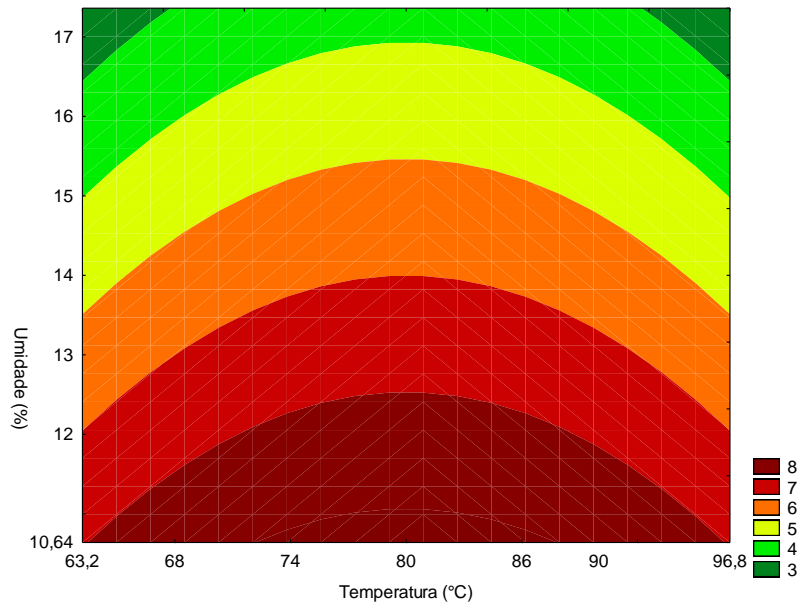


Figura 15. Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de processo na AG dos extrusados.

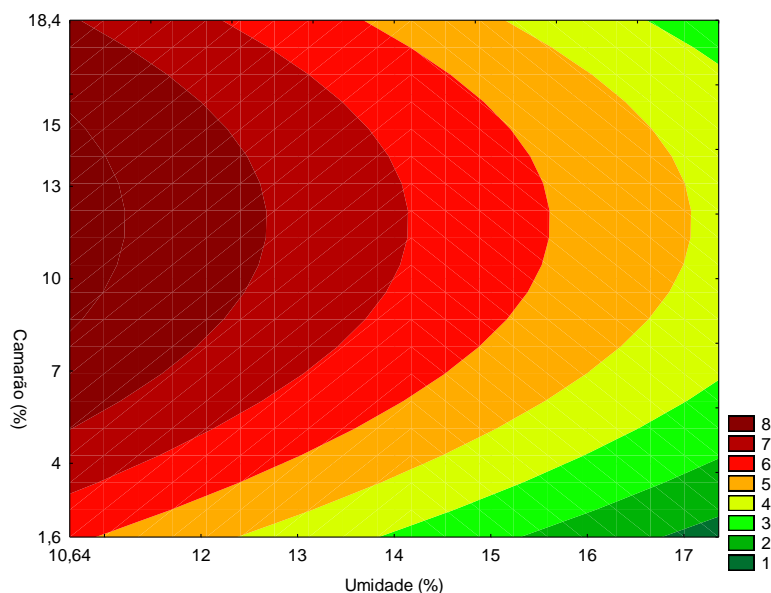


Figura 16. Efeito da umidade da matéria-prima e da concentração de farinha de camarão na AG dos extrusados.

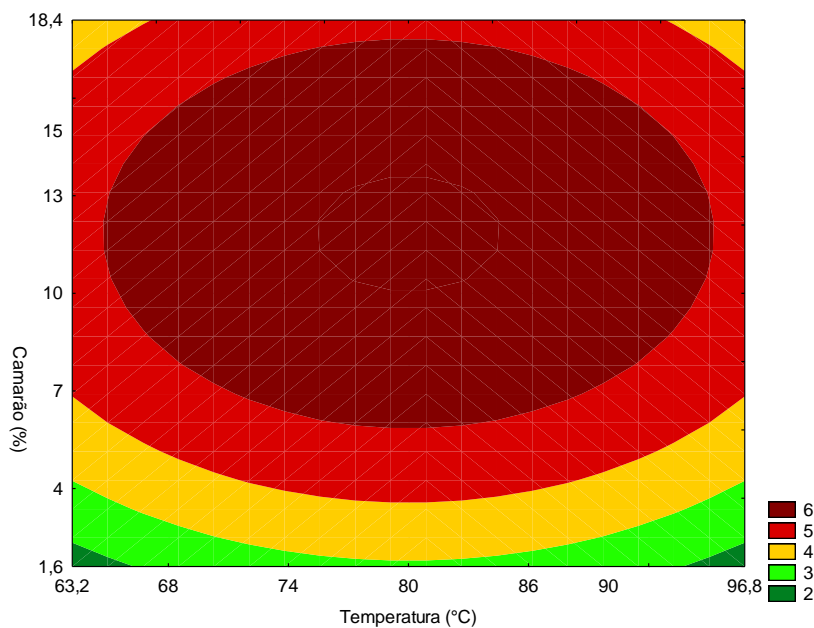


Figura 17. Efeito da concentração de farinha de camarão e da temperatura de processo na AG dos extrusados.

Através das Figuras 15, 16 e 17, que representam as superfícies de resposta do modelo codificado, observa-se um aumento na aceitação global dos provadores com valores médios dos parâmetros estudados, sendo a umidade o parâmetro que exerce maior influência, conforme descrito anteriormente.

5.5 Otimização

A escolha do ponto ótimo foi baseada na avaliação dos resultados de cada ensaio (Tabela 17), como também das superfícies de resposta com as melhores condições. Primeiramente observou-se a avaliação global da análise sensorial, já que o objetivo deste estudo foi desenvolver um produto novo. Depois vieram os outros parâmetros importantes para a boa qualidade dos extrusados, como o índice de expansão (máxima), a luminosidade, o ISA e o IAA.

Após a análise dos resultados experimentais obtidos para as diferentes condições de extrusão, foi escolhida uma formulação intermediária que compreendesse as faixas dos melhores resultados, ficando assim com: 8% de farinha de camarão, 13% de umidade da matéria-prima e 85 °C na 3ª zona do

extrusor, onde foram realizadas análises de caracterização físico-química e de microscopia eletrônica de varredura.

5.5.1 Caracterização físico-química do produto otimizado

A caracterização físico-química do produto extrusado otimizado está apresentada na Tabela 31. Os resultados apontam que o produto apresenta um elevado valor de carboidratos, predominantemente amido, e teor significativo de fibra alimentar.

Tabela 31. Caracterização físico-química do produto extrusado otimizado*

Componentes	%
Umidade	6,56 ± 0,02
Lipídios	2,40 ± 0,02
Proteínas	8,95 ± 0,10
Cinzas	3,42 ± 0,02
Carboidratos***	78,68
Fibra alimentar total**	7,24 ± 0,21

*Média de 3 replicatas

** Média de 2 replicatas

*** Calculado por diferença, inclui a fração de fibra alimentar

A caracterização físico-química média de snacks de milho é de 6,3% de proteína, 53% de carboidratos, 1,41% de gordura e 1,9% de cinzas (WATSON, RAMSTAD, 1994; *apud* GONÇALVES, 2001), dados inferiores aos encontrados no presente estudo. Verificou-se que a utilização da farinha de camarão regional elevou o teor de proteínas do extrusado, pois esta contém 61% de proteínas, diferente da quirera de arroz que contém 9,79% e do arroz polido triturado que contém 6,2% de proteínas. Dessa forma, a adição de farinha de camarão regional pode ser viável para o aumento do valor biológico do produto extrusado.

A Tabela 31 mostra que o uso de 8% de farinha de camarão, aliada a quirera de arroz e ao arroz polido triturado, na formulação inicial dos extrusados supre o mínimo estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998) para que o produto possa ser considerado com alto teor de fibra (6g de fibra alimentar por

cada 100g de produto), já que o produto apresenta aproximadamente 7% de fibra alimentar total na sua composição.

A umidade dos extrusados (6,56%) encontrou-se semelhante à umidade encontrada por Souza (2003) no estudo de extrusados de castanha-do-brasil com mandioca que foi de 6,07%.

O teor de proteínas encontrado foi 8,95%. Segundo Gutkoski (1997) é importante considerar teores relativamente altos de proteínas, pois, de acordo com Miranda (1998), no caso de farinhas extrusadas, as proteínas também têm um importante papel na absorção de água, além do importante valor nutricional.

5.5.2 Caracterização microscópica

O extrusado expandido otimizado foi caracterizado em relação às suas faces externas e internas através da análise microscópica (MEV).

A Figura 18 apresenta as micrografias da face externa do extrusado na condição otimizada.

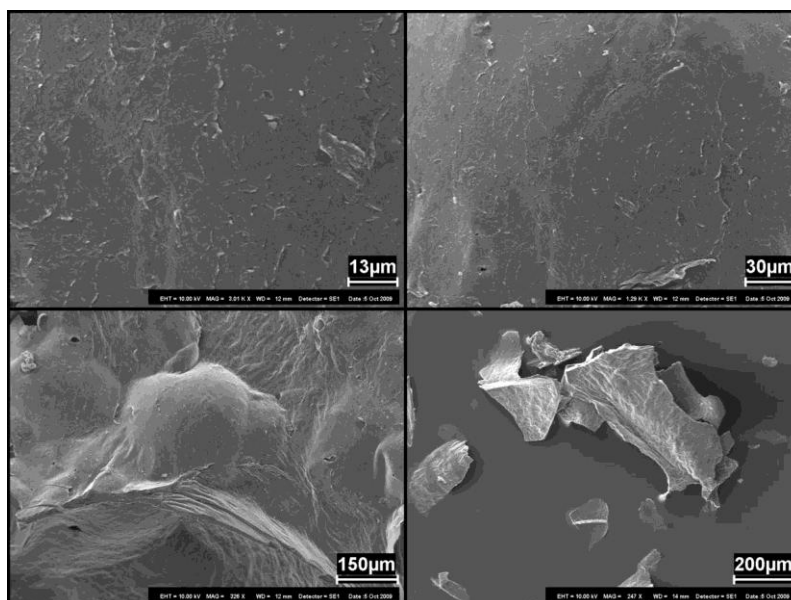


Figura 18. Micrografias demonstrando a estrutura da face externa do extrusado otimizado.

A observação da Figura 18 mostra a superfície externa do extrusado que se apresentou de forma homogênea, com alguns grumos de possíveis proteínas e fibras, ou seja, houve uma boa gelatinização. Isto pode ter ocorrido devido à mistura conter materiais com granulometria semelhante.

A Figura 19 apresenta as micrografias da face interna do extrusado otimizado.

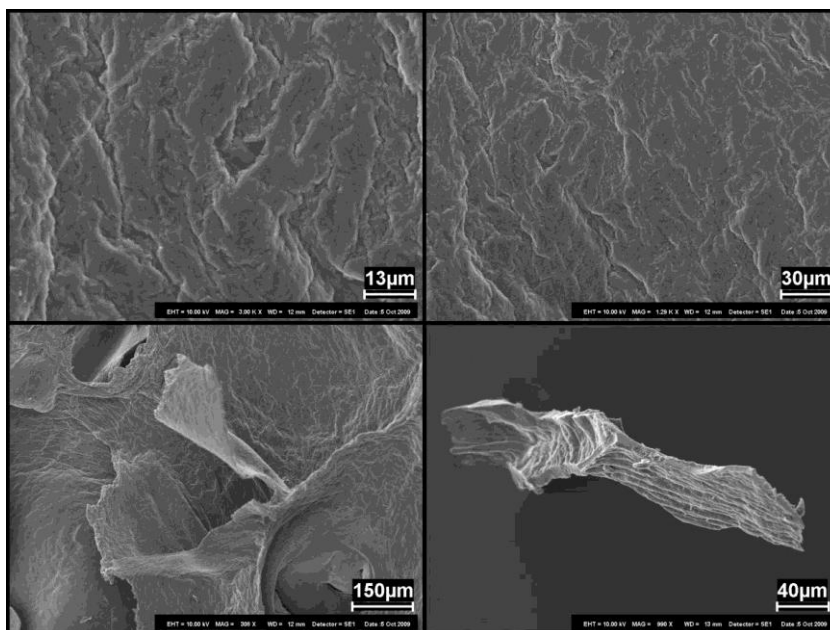


Figura 19. Micrografias demonstrando a estrutura da face interna do extrusado otimizado.

A observação da Figura 19 mostra uma estrutura densa e pobre formação de células. Isto se deve possivelmente à elevada viscosidade da massa no interior do extrusor com presença de fibras alimentares, que pode prejudicar a conversão e o crescimento das bolhas. Lue et al. (1990) afirmam que a fibra nos extrusados tende a romper as paredes das células a uma espessura crítica antes que a célula tenha se expandido até o seu potencial máximo. Além disso, destacam que aumentando-se o conteúdo de fibra alimentar ocorre a redução do tamanho médio das células, além de um aumento na frequência de flocos incompletos e orifícios.

6 CONCLUSÕES

Na cinética de secagem, a temperatura de 70°C apresentou maior declínio da curva quando comparada às temperaturas de 50 e 60°C, atingindo mais rapidamente a umidade de equilíbrio, obtendo maiores valores de difusividade efetiva e ajustando bem os dados experimentais ao Modelo de Fick.

As matérias-primas encontraram-se dentro dos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, consideradas adequadas para processamento e consumo.

As variáveis dependentes índice de expansão, índice de absorção de água (IAA) e avaliação global (AG) apresentaram modelos estatisticamente significativos a 95% de significância. Além disso, as porcentagens de variação explicadas pelos modelos foram elevadas (R^2 entre 0,78 e 0,96). As variáveis luminosidade (L^*) e índice de solubilidade em água (ISA) não foram estatisticamente significativos a 95% de significância.

Para a resposta índice de expansão (IE), os efeitos significativos são umidade (L e Q), camarão (L e Q) e a interação umidade x camarão, sendo que o efeito linear da umidade foi o que apresentou maior efeito sobre o índice de expansão (IE).

Para a resposta índice de absorção de água (IAA), os efeitos quadráticos da temperatura, umidade e camarão e as interações entre temperatura x umidade, temperatura x camarão e umidade x camarão afetaram significativamente. Constatou-se também que o efeito quadrático concentração de camarão foi o que apresentou maior efeito sobre o índice de absorção de água (IAA).

A avaliação global (AG) foi influenciada pelos efeitos lineares da umidade e concentração de camarão, e pelos efeitos quadráticos da concentração de camarão e temperatura, sendo que a AG aumentou em função da elevação da concentração de farinha de camarão linear, enquanto que um aumento no efeito da temperatura e concentração de farinha de camarão quadrática e umidade linear acarretam na diminuição da avaliação global. Observou-se ainda que o efeito umidade linear foi o que apresentou maior influência.

Foi possível desenvolver um extrusado com alto teor de fibras (7,24%) utilizando-se 8% de farinha de camarão regional, umidade de 13% e temperatura de 85°C na 3ª zona da extrusora.

A micrografia do extrusado mostrou que as condições de processo apresentaram influência nas características externas e internas dos extrusados, sendo que, em linhas gerais foi obtido um extrusado com estrutura homogênea e com pouca formação de células.

Este trabalho demonstrou que extrusados com alto teor de fibras podem ser produzidos, desde que sob condições adequadas de processo. Estes extrusados podem ser utilizados como alternativa para incorporação de fibra alimentar, dentre outros nutrientes igualmente importantes na alimentação de parte da população, principalmente crianças e adolescentes, fornecendo parte da ingestão diária recomendada. É ainda boa alternativa para uso de parcela de arroz que se quebra durante o beneficiamento, considerada subproduto de baixo valor comercial e com pouca utilização industrial, assim como também utiliza integralmente o camarão regional, não gerando e destinando boa parte de resíduos para o meio ambiente. Finalmente, para os fabricantes de extrusados expandidos, representa possibilidade de diversificação e de ampliação de seu mercado, sendo que a utilização do processo convencional de produção pode facilitar a absorção da tecnologia por essas empresas.

6 REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. R.; MOSS, M. O. **Microbiologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1997.
- AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. W. Microstructural principles of food processing and engineering. **Science Publishers**, New York, 1990.
- ALI, Y.; HANNA, M. A.; CHINNASWAMY, R. Expansion characteristics of extruded with grits. **Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & technology**, 29, 702-707, 1996.
- ALMEIDA, C. Determinação da firmeza e cor do tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) visando o estabelecimento de correlações entre medidas sensoriais e físicas ao longo do tempo de maturação. Campinas, 1995. 102p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.
- ALVES, R.M.L.; GROSSMANN, M.V.E. Parâmetros de extrusão para produção de “snacks” de farinha de cará (*Dioscorea alata*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 32-38, 2002.
- ALVIM, I. D.; SGARBIERI, V. C.; CHANG, Y. K. Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 170-176, 2002.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. V.; GRIFFIN JR., E. L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, Minneapolis: American Association of Cereal Chemists, v. 14, nº 1, p. 4-7, 1969.
- ANDERSON, A.; EASTWOOD, M. A. Flow characteristics and the water retention properties of wheat bran. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Essex: Elsevier, v. 39, n. 2, p. 185-194, 1987.
- ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária). **Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos Para Alimentos**. Resolução – RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001. www.anvisa.gov.br.
- AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: edited by W. Horwitz 16^a ed. Washington, 850p. v.2. 1997.
- ARRUDA, L.F.; OETERER, M. Silagem ácida: uma alternativa para aproveitamento do resíduo do processamento do pescado. **Revista Aqüicultura & Pesca**, n.14. p.31-33, 2005.
- BATAILLE, M. P.; BATAILLE, P. F. Extraction of proteins from shrimp processing waste. **Journal Chemistry and Technology Biotechnology**, v. 33, n.2, p. 203- 208, 1983.

BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, K. D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; SANTO, M. E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Vetor**, v.16, p.11-20. Rio Grande, 2006.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FERNÁNDEZ-MOLINA, J. J.; ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LÓPEZ-MALO, A.; CHANES, J. W. **Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas**. Rome: FAO, 2003, FAO Agricultural Services Bulletins - 149. Disponível em: < <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4358E/y4358e06.htm#bm06.1.1> >. Acessado em: 02/02/2008.

BARRETO, P. L. M.; BEIRÃO, L. H. Influência do amido e carragena nas propriedades texturiais de surimi de tilápia (*Oreochomis* sp.). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. v.19, p. 45-47, 1999.

BARRETO, N. S. E. *Staphylococcus aureus*. In: VIEIRA, H. S. F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 2004. p. 96-102.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos – Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2ª Ed. Campinas: Editora Unicamp, 401 p., 2003.

BATISTUTI, J. P.; BARROS, R. M. C.; ARÊAS, J. A. G. Optimization of extrusion cooking process for chickpea (*Cicer arietinum*, L.) defatted flour by response surface methodology. **Journal of Food Science**, v.56, nº 6, p. 1695-1698, 1991.

BERGER, J.; GROTH, E.; VERRONE, N.V.M.A. ; GALLO, V. **Proteína concentrada de peixe (FPC): pré-projeto**. São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1968. 99p.

BHATNAGAR, S.; HANNA, M. A. Physical, mechanical and thermal properties of starches-based plastic foams. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.2, p.567-571, 1995.

BERRY, C. S. et al. Physical chemical characterisation of resistant starch from wheat. **Journal of Cereal Science**. v. 8, p. 203-206, 1988.

BIRMAN, D.; CRUZ, R.; STRINGHETA, P. C.; KIBUUKA, G. K. Mistura pré-gelatinizada de quirera de arroz, batata inglesa e soro de queijo em pó. **Boletim SBCTA**, Campinas, p. 128-140, abr./jun. 1984.

BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 2ª edição, São Paulo, 1992.

BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 3ª edição, São Paulo, 2003.

BOOTH, R. G. **Snack food**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 401p.

BORBA, A.M.; SARMENTO, S.B.S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 2005.

BORGES, J.T.S.; ASCHERI, J.L.R.; ASCHERI, D.R.; NASCIMENTO, R.E.; FREITAS, A.S. Propriedades de cozimento e caracterização físicoquímica de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **Boletim CEPPA**, v. 21, n. 2, p. 303-322. Curitiba, 2003.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R. A. **Digestibilidade aparente da energia e proteínas das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 33, n. 1, p. 8-13. 2004.

BOTTA, J.R. Chemical methods of evaluating freshness quality. **Evaluation of seafood freshness quality**. New York: VCH, 1995, p.9-33.

BOUZAZA, D.; ARTHALIASS, A.; BOUVIER, J.M. Die design and dough expansion in low moisture extrusion-cooking process. **Journal of Food Engineering**, 29,139-125., 1996.

BOX, G. P.; WETZ, J. **Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function**. University of Wisconsin. Technical Report, 1973.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surface**. New York: John Wiley & Sons, 1987. 669p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. II – Métodos físicos e químicos**. Brasília, 1981. Cap.11, p.5-6: Pescado fresco.

BRASIL. Decreto nº 30691 de 29/03/52. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Brasília: SIPA, DICAR, Ministério da Agricultura, 1952.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA**. Aprovado pelo Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952, alterado pelos Decretos nºs 1.255 de 25 de junho de 1962, 1.236 de 02 de setembro de 1994, nº 1.812 de 08 de fevereiro de 1996 e nº 2.244 de 04 de junho de 1997. Brasília/DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. Edição IV. Instituto Adolfo Lutz. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. p. 98-99.

BRASIL. Resolução Mercosul nº5, de 25 de abril de 1997. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprova o regulamento técnico mercosul de identidade e de qualidade de arroz beneficiado. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=5960>. Acesso em: 18 nov. de 2008.

BUCHHEIM, W. Foodstuffs. In: Procedures in electron microscopy. London: John Wiley, 1998.

CAMIRE, M. E.; KING, C. C. Protein and fiber supplementation: effects on extrudate cornmeal snack quality. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 3, p. 760-763, 1991.

CAMIRE, M. E. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. In: RIAZ, M. N. **Extruders in food applications**. CRC Press, Boca Raton, p. 127-147, 2000.

CARDELLO, H.M. A.B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina c, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangífera indica* L.) var. haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.18. nº2. Campinas, 1998.

CASTRO, E.M.; VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p.

CHANG, Y. K.; HASHIMOTO, J. M.; ACIOLI-MOURA, R.; MARTÍNEZ-FLORES, H. E.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F. Influence of extrusion conditions on cassava starch and soybean protein concentrate blends. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 30, nº 2, p. 189-203, 2001.

CHEFTEL, J.C. Aminoacids, peptides and proteins. In: FENEMA, O.R. (Ed.) **Food Chemistry**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, p. 246-369, 1985.

CHEN, H. C.; CHEN, C. S. Effects of dehydration on volume contraction in mushrooms. **Journal of Agriculture Engineering Research**. v.19, p.97-99, 1974.

CHEUK, W. L.; FINNE, G.; NICKELSON II, R. I. Stability of adenosine deaminase and adenosine monophosphate deaminase during ice storage of Pink and Brow shrimp from the Gulf of México. **Journal of Food Science**, Texas, v.44, p.1625-1628, 1979.

COFFMAN, W. R.; JULIANO, B. O. Em *Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement*, Olson, R. A.; Frey, K. J., eds.; **American Society of Agronomy**: Madison, 1987, cap. 5.

COLLART, O. O. Ecologia e potencial pesqueiro do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum*, na bacia Amazônia. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. L. M.; OLIVEIRA, L. A. **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1993. p.147-166.

CONNELL, J. **Fish Muscle Proteins and Some Effects on the Processing**. In: Proteins and Their Reactions. Ed. By H. W. Schultz & A. F. Anglemier. The AVI Publishing Company. Wesport, 1994.

DAMASCENO, K. S. F. S. **Farinha dos resíduos do camarão *Litopenaeus vannamei*: caracterização e utilização na formulação de hambúrguer**. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE. 2007. 150p.

DAMS, R. I.; BEIRÃO, L. H.; TEIXEIRA, E. Avaliação da qualidade microbiológica da pescadinha (*Cynoscion striatus*) inteira e em filés nos principais pontos críticos de controle de uma indústria de pescado congelado. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. v. 14, n. 2, p. 151-162, 1996.

DA SILVA, M. A. A. P. **Análise Sensorial: aulas teóricas**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 2002. Paginação irregular.

DING, Q.; AINSWORTH, P.; PLUNKETT, A.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-base expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 283-289, 2005.

DING, Q.; AINSWORTH, P.; PLUNKETT, A.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-base expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 2, p. 142-148, 2006.

DOYMAZ, I. Effect of pré-treatments using Potassium Metabisulphide and Alkaline Ethyl Oleate on the Drying Kinetics of Apricots. *Biosystems Engineering*, Istanbul, v. 89, n.3, p. 281-287, 2004.

DUARTE, A. P.P.; SOUSA, I. A. de. Obtenção da farinha de camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*) do aproveitamento do cefalotórax (cabeça) e resíduos (casca), para elaboração de produtos destinados à alimentação humana. Macapá: UFPA, 2001. 51p.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996, 132p.

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNICH, L. (Ed.). **Cereals: a renewable resource, theory and practice**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1981. p.165-216.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, [1998] 652p.

EXPERT PANEL ON FOOD SAFETY AND NUTRITION. Foods from aquaculture. **Food Tec**. v. 9, n. 97, 1991.

FANIMO, A. O.; ODUGUWA, B. O.; ODUGUWA, O.O.; AJASA, O. Y.; JEGEDE, O. **Feeding value of shrimp meal for growing pigs**. Archivos de Zootecnia, v. 53, p. 77-85, 2004.

FAO. Dirección de Recursos Pesqueiros. Indicadores para o el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina. Roma , 2000. 68 p. (FAO. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable, n. 8.).

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. 2º ed.. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1996.

FERREIRA, V. L. P. **Colorimetria em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. 43p.

FERREIRA, V.L.P. **Análise sensorial – Testes discriminativos e afetivos**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, p. 73-77, 2000. (Manual Série Qualidade).

FERREIRA, R. E. Avaliação de parâmetros do processo de extrusão e do teor de farelo de trigo adicionado em características de "snacks" expandidos de milho. 2006. 163f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2006.

FERRERO, C.; MARTIN, M. N.; ZANTZKY, N. E. Corn-starch-xantahn gum interaction and its effect on the stability during storage of frozen gelatinized suspensions. **Stärke**. v. 46, p. 300-305, 1994.

FEVEREIRO, M.P.; CAETANO H.V.; SANTOS, M.G. **Cadernos didáticos de ciências**. v.1, 2001. Disponível em http://www.ciencias-exp-no-sec.org/documentos/publicacoes_caderno_mono.pdf#page=40. Acesso em: 24 de novembro de 2008.

FILGUEIRAS, L.A. **Determinação da vida de prateleira de filés congelados de piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*, Valenciennes, 1940)**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, universidade do Amazonas, 56p., Manaus, 2002.

FLINT, O. Microscopia de los alimentos: manual de métodos prácticos utilizando la microscopia óptica. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza (espana), 1996.

FRANCIS, F. J.; CLYDESDALE, F. M. **Food colorimetry: theory and applications**. Westport: AVI Publishing Co., 1975. 477p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: ATHENEU, 1996.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; SILVA, A. B. M. da; SANTOS, JÚNIOR O. de O.; SOUZA, N. E. de; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. Composição centesimal e

perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.35, nº 4, p.1577-1580, 2006.

GALERA, J.S. **Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz (*Oryza sativa* L.) na produção de “sonho” – estudo modelo**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Alimentos Área de Bromatologia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

GEROMEL, E.J.; FORSTER, R.J. **Princípios fundamentais em tecnologia de pescados**. São Paulo: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia. 1982. 127p.

GIMENO, O.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I.; BELLO, J. Characterization of Chorizo de Pamplona: Instrumental Measurements of Colour and Texture. **Food Chemistry**, v. 69, p. 195-200, 2000.

GONÇALVES, R.A. **Rendimento de cultivares de milho em grãos para a produção de snacks**. Lavras, 2001, 55p. [Tese Doutorado, Universidade Federal de Lavras]

GRANTAN, G. I. **The utilization of Krill**. FAO. G/0/8077-3, Roma, 1977.

GRENUM, K. M.; HSIEH, F.; HUFF, H. E. Extrusion and extrudate properties of rice flour. **Journal of Food Engineering**, Essex: Elsevier, v. 18, nº 3, p. 229-245, Jan. 1993.

GUILHERME, R. de F.; CAVALHEIRO, J. M. O.; SOUZA, P. A. S. **Caracterização química e perfil aminoacídico da farinha de silage de cabeça de camarão**. Ciência Agrotécnica, Lavras, v. 31, n. 3, p. 793-797, maio/junho, 2007.

GUY, R. **Extrusion cooking: technologies and applications**. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2001. 288p.

GUZMÁN, E. S. C. **Bioquímica de Pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p.

HARPER, J.M. Extrusion processing of food. **Food Technology**, v. 32, n. 7, p. 67-72, 1978.

HARPER, J. M. Extrusion processing of starch. In: ALEXANDER, R. J.; ZOBEL, H. F. **Developments in carbohydrate chemistry**. 2ª edition. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, p.37-64, 1994.

HAYD, L. A. Ciclo de muda e metabolismo durante o desenvolvimento larval do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). 2007. 98f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2007.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. C. V.; HERMANSSON, A. M.; SVEGMARK, K. Developments in the understanding of starch functionality. **Trends in Food Science & Technology**. v. 7, nov., p. 345-353, 1996.

HEU, M. S.; KIM, J. S.; SHAHIDI, F. **Components and nutritional quality of shrimp processing by-products**. Food Chemistry, v. 82, p. 235-242, 2003.

HOFFMAN, F. L.; GARCIA-CRUZ C. H., VINTURIM T. M. et al. Levantamento da qualidade higiênico sanitária do pescado comercializado na cidade de São José do Rio Preto – SP. **Higiene Alimentar**, v. 13, n. 64, p. 45 – 48, 1999.

HUNG, Y. C.; MORITA, K.; SHEWFELT, R.; RESURRECCION, A. V. A.; PRUSSIA, S. Sensory and instrumental evaluation of apple color. **Journal of Sensory Studies**, v. 10, p. 15-23, 1995.

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The measurement of appearance**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1981.

HUSS, H. H. Garantia da qualidade dos produtos da pesca. **FAO – Documento Técnico sobre as Pescas** Nº 334. Roma, Itália, FAO, 176p. 1997.

HSIEH, F.; MULVANEG, S. S.; HUFF, H. E.; LUE, S.; BRENT, J. Effect of dietary fiber and screw speed on some extrusion processing and products variables. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 22, p. 204-207, 1989.

ILO, S.; BERGHOFER, E. Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize grits. **Journal of Food Engineering**, Oxford: Elsevier, v. 39, nº 1, p. 73-80, 1999.

INTERNATIONAL RICE INSTITUTE (IRRI). **Rice calorie supply as percentage of total calorie supply, by country and geographical region**, 2006. Disponível em <http://www.irri.org/science/ricestat/pdfs/table%2016.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2008.

KADAN, R.S.; ROBINSON, M.G.; THIBODEAUX, D.P.; PEPPERMAN, A.B. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p. 940-944, 2001.

KAI, M.; MORAIS, C. **Vias de deterioração do pescado**. In: KAI, M.; RUIVO, U. E. Controle de qualidade do pescado. Santos. Leopoldianump. 13-20, 1988.

KEEY, R. B. Drying: principles and practice. Oxford, 1972.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, v.80, n.4, p. 589-596, 2003.

KHURI, A. I.; CORNELL, L. A. **Response surface: design and analyses**. 2ª ed. New York: marcel Dekker, Inc. 1996.

KIRSCHNIK, P. G.; VIEGAS, E. M. M. Alterações na qualidade do camarão de água doce *macrobrachium rosenbergii* durante estocagem em gelo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.23, p.407-412, 2004.

KODAIRA, M.; ROJAS, M. **Estabilidad em hielo de camarônês (*Penaes vannamei*) cultivados**. FAO: Informe de Pesca, n.538, p.47-52, 1994.

LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Jornal of Food composition and Analysis**, v. 18, p. 287-296, 2005.

LARREA, M. A.; CHANG, Y. K.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F. Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of Orange pulp. **Food Chemistry**, Oxford: Elsevier, v. 89, nº 2, p. 301-308, Feb. 2005.

LEITÃO, M. F. F. Deterioração microbiológica do pescado e sua importância em Saúde Pública. **Higiene Alimentar**, v. 3, n. 3/4, p. 143-152, 1984.

LIMBERGER, V.M. **Modificação física e química do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos**. Santa Maria, 2006. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria.

LIMBERGER, V.M.; SILVA, L.P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C.G.; PATIAS, L.D. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, v. 31, nº 1, p. 84-88, 2008.

LOBÃO, V. L.; ROJAS, N. E. T. & VALENTI, W. C. Fecundidade e fertilidade de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda). **Amazoniana**, v. 9, n. 2, p. 247-274, 1985.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equation. Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel – Wissenschaft and – technologie (LWT)**, v. 18(2), p. 111-117, 1985.

LOURENÇO, L.F.H. **Aprovechamicuto de la Cachama (*Colossoma sp.*) cultivada em la elaboración de productos emulsificados**. 1993. Dissertação Universidade Central da Venezuela (UVC). 1993.

MARTELLI, H. L. & PANEK, A. D. **Bioquímica Experimental**. Ao Livro Técnico S. A. Rio de Janeiro, 1968.

MENDONÇA, S.; GROSSMANN, M. V. E.; VERHE, R. Corn bran as a fibre source in expanded snacks. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 33, p. 2-8, 2000.

MEILLGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3 ed. Boca Raton. Florida: CRC Press, 1999.

MERCIER, C.; FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 52, n. 3, p. 283-297, 1975.

MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. **Extrusion cooking**. 2ª ed, St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998. 471p.

MEYERS, S. P. Utilization of shrimp processing wastes. **INFOFISH Marketing Digest**. n.4, p. 18 - 21, 1986.

MORAES, M.A.C.M. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 8.ed. Campinas : UNICAMP, 1993. 93p. (Série Manuais).

MORAES-RIODADES, P. M. C. ; VALENTI, W. C. ; PERALTA, A. S. L. & AMORIM, M. D. L. Carcinicultura da água doce no estado do Pará : situação atual e perspectivas. In : **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 11. e CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ENGENHARIA DE PESCA, 1.**, 1999, Recife. Anais..., Recife : Associação dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco, 1999. v.2, p. 598-604.

MORAES-RIODADES, P. M. C.; VALENTI, W. C.; 2002. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. **Revista Brasileira de Zoologia**. 19 (4), 1169-1176.

MOTA, E.S. Utilização de pescada (*Macrodon ancylodon*) na obtenção de surimi para elaboração dos produtos : salsicha e moldado, sabor camarão. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química, universidade Federal do Pará, Belém, 1999, 50p.

ODINETZ-COLLART, O. Strategie de reproduction de *Macrobrachium amazonicum* em Amazonie Centrale (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Crustaceana*, Leiden, v. 61, n.3, p. 253-270, 1991.

OETTERER, M. Produção de silagem a partir da biomassa residual de pescado. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 5, p. 119 -134, 1993/94.

OETTERER, M. Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Barueri, SP- Manole, 2006. 612p.

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

OGAWA, N. B. P.; SILVA, F. C.; SANTOS-FILHO, C. J. Avaliação e controle da qualidade do pescado. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, 1999. Cap. 11, p.175-200.

ORDÓÑEZ, J.A.; RODRÍGUEZ, M.I.C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.G.; MIGUILLÓN, G.D.G de F.; PERALES L. de La H.; CORTECERO, M.D.S. **Tecnologia de Alimentos**. v. 1, 290p. 2005.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Seleção de Processos e Equipamentos de Secagem**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA, 35, 2006, João Pessoa, PALESTRA. João Pessoa, 2006. Disponível em: <http://paginas.agr.unicamp.br/ctea/manuais/selprcequipsec.pdf>. Acessado em: 10/01/2008.

PEDROSA-MENABRITO A.; REGENSTEIN, J. M. Shelf-life extension of fresh fish – A review part I – Spoilage of fish. **Journal of Food Quality**, v. 11, n. 2, p. 117-127, 1988.

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

PEIXOTO, S. N. B. **Caracterização molecular e biologia reprodutiva de *Macrobrachium amazonicum* (crustácea, decapoda, palaemonidae)**. Dissertação (Mestrado em ecologia de ecossistemas) – Universidade Federal do Pará. Bragança, 2002.

PINHEIRO, M. A. A. ; HEBLING, N. J. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In : **Carcinicultura de água doce : Tecnologia para a produção de camarões**. Brasília : Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis, 1998. p. 21-46.

PIZZINATTO, A.; VITTI, P.; LEITÃO, R. F.; MORAIS, C.; AGUIRRE, J.M.; CAMPOS, S. D. S. Uso da farinha mista de polpa de peixe e arroz na produção de pão, macarrão e biscoito. **Boletim Ital**, v. 21(2), p 157-182, 1984.

RHEE, K. S.; CHO, S. H.; PRADAHN, A. M. Expanded extrudates from corn starch-lamb blends: process optimization using response surface methodology. **Meat Science**, Oxford: Elsevier Science, v. 52, nº 2, p. 127-134, jun., 1999.

RIAZ, M. N. **Extruders in food applications**. 2a ed.. Boca Raton, USA: CRC Press, 2002. 225 p.

RICKARD, J. E., BEHN, K. R. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for determination of cassava starch. **J. Sci. Food Agric.**, v.41, n.4, p. 373 - 379, 1987.

ROBERTS, S. A.; CAMERON, R. E. The effects of concentration and sodium hydroxide on the rheological properties of potato starch gelatinisation. **Carbohydrate Polymers**. v. 50, p. 133-143, 2002.

ROCHA, M.M.R.M. ; NUNES, M.L. ; FIOREZE, R. **Composição química da porção muscular e da farinha do camarão marinho *Penaeus vannamei***. XVI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.2, p.1166-1169, 1998.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**. Campinas, SP: Casa do Pão Editora, 2005.

ROSTAGNO, H.S. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. Tabelas Brasileiras 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SANCHEZ, L. **Pescado**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 61p.

SANDHU, K. S.; SINGH, N.; KAUR, N. Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. **Journal of Food Engineering**. v. 64, p. 119-127, 2004.

SALES, R. O.; COSTA, F. J. L.; OLIVEIRA, J. A. P. **Estudos experimentais sobre a obtenção de farinha a partir de resíduos de camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*, HELLER 1862) que ocorre nos açudes do Estado do Ceará**. Boletim CEPPA. Curitiba, jan./ jun. 1990.

SEBBEN, C. L.; BEIRÃO, L. H.; MEINERT, E. M.; TEIXEIRA, E.; CÉSAR, D. Rendimento e avaliação sensorial de hambúrguers de carpa (*Cyprinus carpio*) com diferentes condições de processamento e armazenagem sob congelamento. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 112, jan./jun. 2000.

SHAHIDI, F.; SYNOWIECKI, J. Isolation and Characterization of Nutrients and Value-added Products from snow Crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 8, p. 1527-1532, 1991.

SHAMSHAD, S. I.; KHER-UM-NISA; RIAZ, M.; ZUBERI, R. & QADRI, R. B. Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored at different temperature. **Journal of Food Science**, v.55, n.5, p.1201-1205. 1990.

STATSOFT, INC. (1995). STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2325 East 13th Street, Tulsa, OK 74104, (918) 583-4149, fax: (918) 583-4376.

STEVANATO, F. B. **Aproveitamento de cabeça de tilápias de cativeiro na forma de farinha como alimento para Merenda Escolar**. Dissertação (Pós-Graduação em Química) – Departamento de Química do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006. 69p.

SILVA, J.A. Tópicos da Tecnologia de Alimentos. Varela. 2000. 232p.

SILVA, M. C. N.; FRÉDOU, F. L.; ROSA FILHO, J. S.; Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da ilha de Combú, Belém, estado do Pará. **Amazônia: Cia. & Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 4, p. 85-104, jan./jun. 2007.

SILVA, L. P.; NORBERG, J. L.; EMANUELLI, T.; FAGUNDES, C. A. A.; Ortolan, F.; Denardin, C. C.; **Resumos da 3rd International Temperate Rice Conference**, Punta Del Este, Uruguay, 2003.

SILVA, J. V.; GOMES, C. E. F.; SALES, P. V. G.; MUJICA, P. Y. C. **Caracterização físico-química e avaliação do rendimento do camarão (*Xithopenaeus kroyeri*)**. In: 6º SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS. Campinas: SLACA, 2005. CD Room.

SINGH, SMITH, A. C. A comparison of wheat starch, whole wheat meal and oat flour in the extrusion cooking process. **Journal of Food Engineering**, Oxford: Elsevier, v. 34, n. 1, p. 15-32, 1997.

SOARES, V. F. M.; VALE, S. R.; GLÓRIA, M. B. A.; JUNQUEIRA, G. R. Teores de histamina e qualidade, físico, química e sensorial de file congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 462-270, 1988.

SOMOGYI, L. P.; LUH, B. S. Dehydration of fruits. In: **Commercial fruit processing**, 2ed., AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 353-405, 1986.

SOUZA, M.L.; MENEZES, H.C. Avaliação sensorial de cereais matinais de castanha-do-brasil com mandioca extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 950-955. Campinas, 2006.

STANLEY, D. W. Chemical and structural determinants of texture of fabricated foods. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 3, p.65-68, mar., 1986.

SUZUKI, T. **Tecnología de las proteínas de pescado y krill**. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1987. p.27-49.

SYNOWIECKI, J.; AL-KHATEEB, N. A. A. Q. The recovery of protein hydrolysate during enzymatic isolation of chitin from shrimp *Crangon crangon* processing discards. **Food Chemistry**, v. 68, n. 2, p. 47-152, 2000.

TAYEB, J.; VALLE, D.; BARRÉS, C.; VERGNES, B. Simulation of transport phenomena in twin-screw extruders. In **Food Extrusion Science and Technology**. Pp.4-70 (Eds. J. L. Kokini, C.T. Ho and M. V. Karwe) Marcel Dekker, New York, 1992.

TEDRUS, G.A.S.; ORMENESE, R.C.S.; SPERANZA, S.M.; CHANG, Y.K.; BUSTOS, F.M. Estudo da adição de vital glúten a farinha de aveia e amido de trigo na qualidade dos pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, 2001.

TORREZAN, R.; JARDINE, J. G.; VITALI, A. A. Preservação de alimentos com o uso dos métodos combinados: uma revisão. **Boletim SBCTA**, v.31, n.2, p. 214-228, 1997.

UNIVALI- CCTTMAR. Centro de Ciência Tecnológica da terra e do mar - Universidade do vale do Itajaí 2000. Disponível em< www.gep.cttmar.univali.br/sub_pesq/camarã0.html> Acesso em: 20 de abril de 2008.

VAN BEYNUM, G. M. A.; ROELS, J. A. **Starch conversion technology**. New York: Marcel Dekker, 1985. 362p.

VANDERZANT, C; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992. 1919p.

VASCONCELOS, M. M. M.; SILVEIRA, V. M. M. A. **Rendimento e composição química dos componentes estruturais do camarão branco, *Litopenaeus***

vannamei, cultivado no município de Acaraú/CE. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Recife: SBCTA, 2004. CD Room.

VIEIRA, M. I. *Macrobrachium amazonicum*. Disponível em: <http://www.iepa.ap.gov.br/probio/banco_img/imagem_can.html>. Acesso em: 10/02/2008.

VIEIRA, R. H. S. F. Microbiologia do pescado: Higiene, conservação e controle de qualidade. _____ . **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado (teoria e prática)**. São Paulo: Varela, 2004, cap.1, p. 25-35.

VIEIRA, R.H.S.F; TELLES, F.J.S. Estudo da flora bacteriana dos camarões *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller) e *Penaeus schimitti*, Burkenroad. **Arquivos de Ciências do Mar**. Fortaleza, 1976, v. 17, n. 1, p. 41-43.

WATTS, B.M., YLIMAKI, G.L., JEFFERY, L.E., ELIAS, L.G. **Métodos sensoriais básicos para la evaluación de alimentos**. Tradución: Oficina de Traducciones, Secretaria de Estado.Ottawa : Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 1992. 170p.

YAMANAKA, H. Polyamines as potential indexes for freshness of fish and squid. **Food Rev. Int.**, New York, v.6, n.4, p.591-602, 1990.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S; BLANCHARD, C. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. **Journal of Cereal Science**, v. 35, p. 65-78, 2002.