

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

SECAGEM E DEFUMAÇÃO LÍQUIDA DE FILÉ DE PEIXE
MATRINCHÃ (*Brycon cephalus*)

Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro
(Engenheira Química)

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas,
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Alimentos.

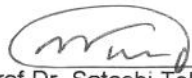
PARECER

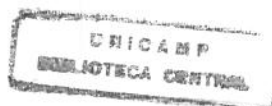
Orientador: Prof. Dr. Satoshi Tobinaga
Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Cristianinni

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida por
Suezilde da Conceição Amaral
Ribeiro, aprovada pela Comissão
Julgadora em 06 de abril de 2000.

Campinas, 06 de abril de 2000.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE
Campinas, fevereiro de 2000


Prof. Dr. Satoshi Tobinaga
Presidente da Banca



0228230

UNIDADE BC
 N.º CHAMADA:
TI/UNICAMP
2354s
 V. _____ Ex. _____
 TOMBO BC/ 41415
 PROC. 278/00
 C ☐ D ☒
 PREÇO R\$11,00
 DATA 27-07-00
 U.º CPD _____

CM-00142365-5

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

R354s

Ribeiro, Suezilde da Conceição Amaral
 Secagem e defumação líquida de filé de peixe matrinhã
 (*Brycon cephalus*) / Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro. –
 Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Satoshi Tobinaga
 Co-orientador: Marcelo Cristianini
 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
 Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Brycon cephalus. 2.Brycon. 3.Secagem. I.Tobinaga,
 Satoshi. II.Cristianini, Marcelo. III.Universidade Estadual
 de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.
 IV.Título.

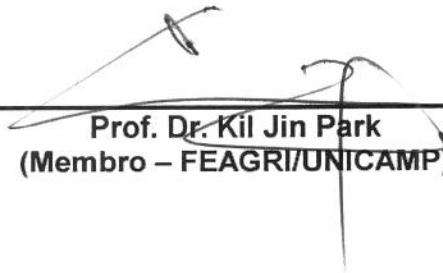
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Satoshi Tobinaga
(Orientador - FEA/UNICAMP)



Profa. Dra. Fernanda E. X. Murr
(Membro – FEA/UNICAMP)



Prof. Dr. Kil Jin Park
(Membro – FEAGRI/UNICAMP)

Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto
(Suplente – FEA/UNICAMP)

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

*“Queira! Basta ser sincero e
desejar profundo....
Você será capaz de sacudir o mundo.”*

(Raul Seixas)

*Aos meus pais, João Leônidas
(in memoriam) e Maria de Nazaré,
dedico tudo: meu amor, minha vida e
minha alegria ao finalizar mais esta etapa.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Satoshi Tobinaga pela orientação, amizade e valiosos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Marcelo Cristianinni pela co-orientação.

Ao CEPTA/IBAMA pela doação de matrinchã, na primeira fase do trabalho.

Ao Sr. João Marcos Zacarchenco e sua filha Patrícia, do pescueiro Kachenco, pela solidariedade na doação de matrinchãs, e a alegria de ajudar o próximo.

À ADICON Ind. e Com. de Aditivos pela doação de fumaça líquida.

Ao Prof. Dr. Kil J. Park, Profa. Dra. Fernanda X. Murr e Prof. Dr. Carlos Gasparetto pelas correções e sugestões propostas.

À Angela Grandin (Laboratório de Medidas Físicas), Dirce Kabuki e Raquel Manhani (Laboratório de Higiene e Legislação) toda a admiração e respeito pela calma, bondade e profissionalismo.

À minha família que chora de saudade com a minha distância e alegra-se com minhas vitórias.

Ao Eder, pelo amor, dedicação e auxílio nos momentos mais difíceis.

Aos colegas Antônio, Fabio, Maurício, Jesus, Mari e Eliana pelo apoio no início dos experimentos.

Aos meus grandes amigos Patrícia, Luciana, Fernanda, Bel, Daniel, Guiga, Daniela, Sueli, Denise, Fernando e Jean pelas poucas tristezas e muitas alegrias compartilhadas.

Aos amigos do Laboratório de Medidas Físicas pelos momentos de descontração.

Aos meus amigos paraenses que estão juntos nesta batalha, pelo apoio, incentivo e lealdade.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

NOMENCLATURAS

RESUMO	i
ABSTRAT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 MATRINCHÃ	4
2.1.1 Classificação da matéria-prima	4
2.1.2 Caracterização da matrinhã	5
2.1.3 Produção e consumo	7
2.2 SALGA DO PESCADO	9
2.3 REFRIGERAÇÃO DO PESCADO	9
2.4 CONGELAMENTO DE PESCADO	10
2.5 DEFUMAÇÃO	10
2.5.1 Composição da fumaça	11
2.5.2 Técnica de defumação	13
2.5.2.1 Defumação a quente	13
2.5.2.2 Defumação a frio	13
2.5.2.3 Defumação líquida	14
2.6 SECAGEM	16
2.6.1 Secagem a taxa constante	18
2.6.2 Secagem a taxa decrescente	19
2.6.3 Umidade de equilíbrio	25
2.6.4 Difusividade efetiva de umidade	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 MATERIAIS	29

3.1.1	Matéria-prima	29
3.1.2	Equipamento	29
3.1.2.1	Sistema de medidas	29
3.2	MÉTODOS	30
3.2.1	Análise microbiológica	30
3.2.2	Análise físico-química	31
3.2.3	Preparo da matéria-prima	31
3.2.4	Salga	32
3.2.5	Pré-secagem	32
3.2.6	Defumação líquida	32
3.2.7	Secagem	32
3.2.8	Embalagem	35
3.2.9	Armazenamento	35
3.2.10	Fluxograma do processo	35
3.2.11	Planejamento experimental	36
3.2.12	Análise Sensorial	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	MATÉRIA-PRIMA	39
4.1.1	Análise microbiológica	39
4.1.2	Análise físico-química	40
4.1.3	Análise de sal	42
4.2	PRODUTO FINAL	43
4.2.1	Análise microbiológica	43
4.2.2	Análise físico-química	44
4.2.3	Secagem	45
4.2.4	Análise sensorial	58
4.2.5	Planejamento Experimental	63
5	CONCLUSÃO	78
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	80
ANEXOS		

LISTA DE TABELAS

2.1	Concentração de minerais em peixe de água doce, em base seca.....	06
2.2	Classificação do peixe quanto ao teor de gordura e proteína.....	06
2.3	Classificação das espécies de peixes comercializadas no estado do Amazonas.....	08
2.4	Comparação entre os métodos de defumação a frio e a quente do pescado.....	14
3.1	Definição dos níveis dos três fatores.....	36
3.2	Matriz codificada do planejamento 2^3	36
4.1	Análise microbiológica do pescado “in natura”.....	39
4.2	Caracterização física do peixe “in natura”.....	40
4.3	Caracterização química do peixe “in natura”.....	41
4.4	Teor de sal contido nas amostras depois de 3 minutos de salga.....	42
4.5	Análise microbiológica do pescado seco e defumado.....	43
4.6	Composição química do produto final	44
4.7	Umidade de equilíbrio para as temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C em base seca e base úmida.....	45
4.8	Valores da difusividade efetiva estimada pelo modelo de Fick para as temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C.....	46
4.9	Parâmetros a equação exponencial, coeficiente de correlação e erro médio relativo para as temperaturas 40°C, 50°C e 60°C.....	52
4.10	Quadro de análise de variância de acordo com o odor.....	58
4.11	Quadro de análise de variância de acordo com o sabor.....	59
4.12	Quadro de análise de variância de acordo com a textura.....	60
4.13	Quadro de análise de variância de acordo com o odor.....	61
4.14	Definição dos níveis dos 3 fatores.....	63
4.15	Nomenclatura das respostas.....	63
4.16	Resultados de um planejamento fatorial 2^3 com três pontos centrais.....	64
4.17	Estimativa dos efeitos para sabor (Y1).....	64
4.18	Coeficiente de regressão para a resposta sabor (Y1).....	65

4.19	Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos.....	66
4.20	Estimativa dos efeitos para cor (Y2).....	68
4.21	Coeficiente de regressão para a resposta cor (Y2).....	69
4.22	Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos.....	69
4.23	Estimativa dos efeitos para textura (Y3).....	71
4.24	Coeficiente de regressão para a resposta textura(Y3).....	71
4.25	Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos.....	72
4.26	Estimativa dos efeitos para difusividade efetiva (Y4).....	74
4.27	Coeficiente de regressão para a resposta difusividade efetiva (Y4).....	75
4.28	Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos.....	76

LISTA DE FIGURAS

2.1	Modelo físico de secagem.....	17
3.1	Fluxograma do planejamento experimental.....	35
4.1	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 40°C, 20 p/p e 20s de imersão....	47
4.2	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 40°C, 20 p/p e 30s de imersão....	47
4.3	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 40°C, 30 p/p e 20s de imersão....	48
4.4	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 40°C, 30 p/p e 30s de imersão....	48
4.5	Curvas de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustadas pelo modelo de Fick, para temperatura 50°C, 25 p/p e 25s de imersão....	49
4.6	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 60°C, 20 p/p e 20s de imersão....	50
4.7	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 60°C, 20 p/p e 30s de imersão....	50
4.8	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 60°C, 30 p/p e 20s de imersão....	51
4.9	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Fick, para temperatura 60°C, 30 p/p e 30s de imersão....	51
4.10	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 40°C, 20 p/p e 20s de imersão..	53
4.11	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 40°C, 20 p/p e 30s de imersão..	53
4.12	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 40°C, 30 p/p e 20s de imersão..	54
4.13	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 40°C, 30 p/p e 30s de imersão..	54

4.14	Curvas de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustadas pelo modelo de Page, para temperatura 50°C, 25 p/p e 25s de imersão..	55
4.15	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 60°C, 20 p/p e 20s de imersão..	56
4.16	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 60°C, 20 p/p e 30s de imersão..	56
4.17	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 60°C, 30 p/p e 20s de imersão..	57
4.18	Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo modelo de Page, para temperatura 60°C, 30 p/p e 30s de imersão..	57
4.19	Histograma de aceitabilidade das amostras em relação ao odor.....	58
4.20	Histograma de aceitabilidade das amostras em relação ao sabor.....	60
4.21	Histograma de aceitabilidade das amostras em relação à textura.....	61
4.22	Histograma de aceitabilidade das amostras em relação à cor.....	60
4.23	Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para a resposta (Y1) em relação à temperatura e concentração de fumaça.....	67
4.24	Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para a resposta (Y1) em relação à concentração de fumaça e tempo de imersão.....	67
4.25	Superfície de resposta e curva de contorno para a resposta (Y2) em função da concentração de fumaça e tempo de imersão.....	70
4.26	Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para a resposta (Y3) em função da temperatura e concentração de fumaça.....	73
4.27	Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para a resposta (Y3) em função da temperatura e tempo de imersão.....	73
4.28	Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para a resposta (Y3) em função da concentração de fumaça e tempo de imersão.....	74
4.29	Superfície de resposta e curva de contorno para a resposta (Y4) em função da temperatura e concentração de fumaça.....	77

NOMENCLATURA

D :	Difusividade (m^2/s)
D_0 :	Constante da Equação de Arrhenius (m^2/s)
D_{ef} :	Difusividade efetiva (m^2/s)
D_{ef}^v :	Difusividade efetiva volumétrica (m^2/s)
E_a :	Energia de ativação (J/s)
L :	Espessura de uma placa plana (m)
R :	Constante universal dos gases ($\text{J}/\text{mol K}$)
t :	Tempo
T :	Temperatura
X :	Umidade local da amostra, base seca, adimensional
$\overline{X}$:	Umidade média da amostra, base seca, adimensional
Y :	Umidade absoluta do ar, base seca, adimensional

Letras gregas

α :	Coefficiente de encolhimento linear, adimensional
ρ :	Massa específica
ξ :	Coordenada espacial generalizada
ψ :	adimensional de água livre

Subíndice

bs:	Bulbo seco
bu:	Bulbo úmido
t:	Total
e:	Equilíbrio
s:	Sólido
0:	Inicial
ss:	Sólido seco
b:	Amostra

RESUMO

A matrinhã (*Brycon cephalus*), é espécie de peixe de água doce da bacia Amazônica, ocorre também nos rios São Francisco e Paraguai. É conhecido também por outros nomes regionais como piraputanga e matrinhão. Atualmente este peixe vem se difundindo na aquicultura, para prática de pesca esportiva, conseguindo um considerável valor agregado. Sua carne é considerada de primeira, possuindo um sabor agradável.

A salga, defumação e secagem de peixe são métodos de preservação, que conferem ao produto características específicas que o tornam estável durante a sua distribuição e estocagem, sem a necessidade de refrigeração ou congelamento.

Filés de Matrinhã foram submetidos a ensaios de secagem, na forma de placa plana, em estufa com circulação forçada de ar, previamente salgados e defumados utilizando extrato vegetal de noqueira.

Obteve-se baixa contagem microbiana e ausência de coliformes fecais e *Salmonella*, tanto da matéria-prima como no produto final, confirmando higiene necessária durante o processo de preparação da matéria-prima e processamento posterior.

O peixe "in natura" apresentou, em média, 1025g de peso, 41,07cm de comprimento, 11,69 cm de largura e 6,69 de espessura. A caracterização química do peixe "in natura" e do produto final obtiveram os seguintes resultados: 69,96% e 51,78% de umidade, 9,91% e 16,19% de lipídio, 17,80% e 27,57% de proteína e 0,71% e 3,7% de cinzas. Através dos valores de proteína e lipídio, a matrinhã "in natura" foi classificada de categoria B. O melhor período de salga, em uma solução de 21% , para conferir 4% p/p no produto final foi de 3 minutos.

A umidade de equilíbrio, em base seca para as temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C foi de 0,0143; 0,0112 e 0,002(g de água/g de sólido seco), respectivamente. O resultado da regressão não linear do Modelo de Fick, considerando 4 termos da série, apesar do coeficiente de correlação estar muito próximo da unidade, não foi muito bom, devido aos erros médios relativos estarem altos. Os modelos exponenciais apresentaram melhores ajustes em relação ao modelo difusional.

A análise sensorial, em relação ao odor, sabor, textura e cor, obtiveram ótimas aceitabilidades.

Através do planejamento experimental , em relação ao sabor, verificou-se que a maior aceitação do produto foi obtido com maior temperatura, menor concentração e maior tempo de imersão.

Para a resposta cor, verificou-se que quanto menor a concentração de fumaça e maior o tempo de imersão, maior é a aceitação do produto.

Em relação a textura, quanto maior a temperatura, concentração de fumaça e tempo de imersão, maior é a aceitabilidade.

Para a difusividade efetiva, quanto maior for a temperatura e a concentração de fumaça, maior será a difusividade.

Palavra chave: matrinchã, *Brycon*, defumação líquida, secagem

ABSTRAT

The matrinchã (*Brycon cephalus*) is specie of fresh water fish from the Amazon basin, that also can be found in the San Francisco and Paraguay rivers. It is also known as piraputanga and matrinchão. Now this fish is diffusing in aquiculture, for sporting fishing practice, getting a considerable attaché value. Its meat is considered of first, possessing a pleasant flavor.

Salting, smoking and drying are preservation methods, that provide to the product specific characteristics that become it stable during its distribution and storage, without the need of refrigeration or freezing.

Matrinchã was submitted to drying, in the form of flat plate, in a stove with forced circulation of air, previously salted and smoked using walnut vegetable extract.

It was obtained it lowers microbial couting and absence of fecal coliformes and Salmonella, so much of the raw material as in the final product, confirming necessary hygiene during the process of preparation of the raw material and posterior processing.

The fish "in natura" presents, on the average, 1025g of weight, 41,07cm of length, 11,69 cm of width and 6,69 of thickness. The chemical characterization of the fish "in natura" and of the final product obtained the following results: 69,96% and 51,78% of humidity, 9,91% and 16,19% of lipides, 17,80% and 27,57% of protein and 0,71% and 3,7% of ashes. Through the protein values and lipides, the matrinchã "in natura" was classified of category B. The best period of salting, in a solution of 21%, to provide 4% p/p in the final product was of 3 minutes.

The equilibrium humidity, in dry base for the temperatures of 40C, 50C and 60C it was of 0,0143; 0,0112 and 0,002, respectively. The result of the non linear regression of Fick's model, considering 4 terms of the series, in spite of the correlation coefficient to be very close of the unit, was not very good, due to the relative medium errors be high. The exponential model presented better fittings in relation to the difusional model.

The sensorial analysis, in relation to the scent, flavor, texture and color, obtained great acceptabilities.

Through the experimental planning, in relation to flavor, it was verified that larger the temperature, smaller the concentration and larger the time of immersion, the product is more acceptable.

For the answer color, it was verified that smaller the concentration of smoke and larger the time of immersion, the product is more accptable.

In relation to texture, larger the temperature, concentration of smoke and immersion time, the product had high acceptability.

For the effective diffusivity, higher the temperature and concentration of smoke, gave higher diffusivities values.

Key word: matrinchã, Brycon, liquid smoking, drying

1 INTRODUÇÃO

A espécie de peixe matrinhã, apesar de ser mais conhecida na região amazônica, vem ganhando seu espaço entre os peixes criados em cativeiro no sudeste do país, porque possui um grande potencial para a piscicultura, tais como crescimento rápido, apreciável sabor e excelente para pesca esportiva.

Conhecendo sua valentia e beleza, a matrinhã é um peixe que proporciona grandes emoções ao pescador amador, nas mais variadas modalidades de pesca. Quando fisgada, costuma saltar fora da água oito ou mais vezes, só se entregando quando completamente vencida. A matrinhã deve e pode ser considerado o peixe mais esportivo dos nossos rios (ARUANÃ, s.d.).

Segundo a FAO, a produção brasileira em 1991 de pescado fresco congelado ou resfriado foi de 174.100 toneladas, do pescado salgado ou em salmoura e defumado, 22.000 toneladas, de conservas de pescado em geral, 52.700 toneladas e de crustáceos e moluscos congelados, 15.000 toneladas (FAO, 1993).

O Brasil possui um grande potencial pesqueiro, com uma enorme diversidade em espécies marinhas, porém a situação do setor brasileiro está distante da ideal, pois a infra-estrutura de distribuição é inadequada com excesso de intermediários, há predominância da pesca artesanal, dificuldade de manter estoques reguladores de pesca industrial, riscos pela falta de campanha que estimulem o consumo e pouca diversidade dos produtos industriais.

O peixe é um alimento altamente perecível, porque já apresenta na ocasião da captura, uma microflora natural potencialmente deterioradora, além de possuir grande quantidade de água em sua composição.

A salga é uma das técnicas mais antigas e fáceis de conservar o peixe. Apenas a colocação de quantidade adequada de sal no peixe garante a obtenção de um produto de boa qualidade. É uma técnica que quase não sofreu modificação no decorrer dos séculos (LESSI, 1995).

A defumação era originalmente um método de conservação de alimentos, mas com o desenvolvimento rápido de novas tecnologias, a importância da defumação como método de conservação tem declinado, sua principal função é: produzir aroma, sabor e coloração desejada pelo consumidor. A ação conservadora deve-se aos efeitos combinados com a salga, cocção e secagem.

A fumaça líquida é atualmente a melhor forma de produzir alimentos defumados com melhor uniformidade e mais praticidade, além de ser mais higiênico. O uso da fumaça líquida elimina também a presença de altos níveis de elementos cancerígenos nos produtos defumados (ADICON, 1994).

A secagem artificial de peixe é um método de conservação ainda pouco explorado, mas que vem apresentando bons resultados na conservação de pescado, porque possui um maior controle de temperatura e umidade, em relação à secagem solar tradicionalmente utilizada.

1.1 OBJETIVOS

Este plano de pesquisa teve como objetivo o estudo da cinética de secagem em estufa com circulação de ar do músculo de peixe, salgado e defumado a líquido.

Os objetivos específicos foram:

- Caracterizar físico-química e microbiologicamente a matéria-prima;
- Desenvolver um estudo da cinética de secagem do músculo de peixe, considerando a difusividade efetiva constante;
- Avaliar microbiológica e sensorialmente o produto salgado seco e defumado.
- Planejamento experimental levando em consideração a temperatura de secagem, concentração de fumaça, tempo de imersão da fumaça.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MATRINCHÃ

2.1.1 Classificação da Matéria-prima

Muito pouco se sabe sobre este peixe, ou melhor, destes peixes porque são vários conhecidos por tal nome, além de haver discordância entre os pesquisadores no que se refere a cor (SANTOS, 1954).

NOMURA (1984), descreve três espécies:

- *Bryconamericus megalepis* : Espécie fluvial , de colorido prateado. Seus dentes são multicúspides, pode atingir 40 cm de comprimento e 500 gramas de peso.
- *Brycon orbignyanus* : Espécie fluvial do Amazonas, Goiás, Mato Grosso, Bolívia, Paraguai e Uruguai. O dorso é escuro e os flancos prateados. Suas nadadeiras são avermelhadas, assim como a carne, que é muito apreciada. Os dentes são tricúspides. Atinge 60 cm de comprimento. Sinônimo: piraputanga.
- *Brycon hilarii* : Espécie dos Rios Amazonas, São Francisco e Paraguai; também vive em Mato Grosso. Seu colorido é dourado, com linha lateral completa. Seus dentes são tricúspides. Sinônimo: matrinhão.

ARUANÃ (s.d.), refere-se a espécie *Brycon hilarii*, como sendo de colorido prateado, com rabo indo do cinza escuro ao preto. Tem carne de excelente sabor e esta é ligeiramente avermelhada nos flancos. Pode atingir 4 a 5 kg, sendo porém mais comuns indivíduos de 2 ou 3 kg.

A matrinhã, devido à grande importância econômica pesqueira na Amazônia e mesmo à sua grande potencialidade na piscicultura, ZABONI FILHO *et al* (1988), iniciaram um projeto do estudo da sua biologia, tendo como objetivo

esclarecer a real identidade da espécie, efetuando-se para tanto a sua caracterização. Concluiu-se que a matrinhã pode também ser identificada como *Brycon cephalus*, descrita por GUNTHER (1869), que a incluiu no gênero *Megalobrycon*.

O gênero *Brycon*, pertence à família Characidae, e está amplamente distribuído, desde Honduras até o Rio de La Plata, na Argentina (CORREA, 1987).

A matrinhã (*Brycon cephalus*), por ser uma espécie de peixe de comportamento migratório, que sincroniza seus movimentos com as flutuações do nível da água, pode ser encontrado em diversos biótipos da paisagem amazônica. Exemplares são encontrados nas matas de várzea, igapós, igarapés, corredeiras e, em cardumes, subindo ou descendo o Rio Negro (CORREA, 1987).

FERREIRA (1992) relata a ocorrência desta espécie no Rio Trombetas (Pará), na área de influência da usina hidroelétrica da Cachoeira Porteira.

GOUDING (1980) observou uma relação íntima entre a matrinhã (e outras espécies) e a floresta ciliar, periodicamente inundada (igapós), de onde os peixes herbívoros e onívoros recebem porções significativas de sua dieta.

CORREA (1987) desenvolveu estudos sobre a biologia do *Brycon cephalus* no baixo rio Negro, seus afluentes e no Amazonas, abrangendo os aspectos do seu crescimento no ambiente natural.

2.1.2 Caracterização da Matrinhã

MANTOVANI e MORGANO (1995), realizaram estudos dos componentes minerais de filés de várias espécies de peixe de água doce, provenientes do Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura – CEPTA – IBAMA, em Pirassununga. Os resultados estão na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 Concentração* de minerais em peixe de água doce, em base seca

Amostras	Elementos						
	P	K	Ca	Na	Mg	Fe	Zn
Bagre	8.398	827	375	1.335	823	40.2	46.6
Carpa	7.460	11.157	1.173	1.432	1.030	35.8	30.3
Curimbatá	8.591	11.376	1.110	1.083	927	25.5	15.5
Matrinchã	7.758	12.897	2.173	2.906	944	60.1	25.7
Pacu	5.425	8.206	1.697	940	613	16.4	10.4
Tilápia	7.005	12.456	1.221	2.382	933	37.8	17.5
Tambaqui	9.639	10.903	814	1.731	906	18.1	13.4

*Concentração (mg de minerais/kg de peixe seco)

ANTUNES *et al.* (1994), estudaram a composição química dos filés e proporções de matrinhã (*Brycon cephalus*), criadas experimentalmente em viveiros de 350 m², no Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura, CEPTA – IBAMA. Os peixes foram alimentados com rações contendo fonte protéica de origem animal e vegetal (farinha de peixe e farelo de soja tostado), no período de 15/03/93 a 03/12/93. Os resultados, para a farinha de peixe e farelo de soja tostado respectivamente, são de 19% e 19,2% de proteína e 4,9% e 4,2% de lipídio, o que demonstra que a fonte protéica não influenciou na composição química da carne dos filés, integrando os mesmos a categoria A para consumo humano: baixo lipídio e alta proteína. Abaixo, a tabela 2.2 mostra a classificação do peixe quanto ao teor de gordura e proteína de acordo com SANCHES (1989):

Tabela 2.2 Classificação do peixe quanto ao teor de gordura e proteína

Categoria	Classe	Gordura(%)	Proteína (%)
A	Gordura baixa, Proteína alta	<5	15 – 20
B	Gordura média, Proteína alta	5 – 10	15 – 20
C	Gordura alta, Proteína baixa	>15	15
D	Gordura baixa, Proteína muito alta	<5	>20
E	Gordura baixa, Proteína baixa	<5	<15

Objetivando ampliar conhecimentos sobre carnes claras e escuras que integram o filé de matrinhã (*Brycon cephalus*), RIBEIRO *et al.* (1994), estudaram sua composição química. Os peixes foram criados com ração no Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura, CEPTA – IBAMA. Constatou-se que as carnes claras e escuras apresentam estruturas e distribuições distintas, com diferentes teores médios e variações de lipídios 1,3% (1,1 a 1,5%) e 12,9% (10,8 a 16,6%), Proteína 21,2% (20,6 a 21,1%) e 16,4% (13,7 a 18,2%), umidade 75,4% (74,5 a 76,5%) e 66,8% (64,8 a 68,3%) e cinzas 1,1% (1,0 a 1,1%) e 1,2% (1,2%), evidenciando funções diversas nos peixes.

2.1.3 Produção e consumo

A matrinhã (*Brycon cephalus*), é uma espécie de reconhecida importância comercial, apresentando também potencial para a piscicultura (CORREA, 1987). Dentre as características necessárias para que uma espécie seja aproveitável em piscicultura, a matrinhã apresenta algumas que merecem ser ressaltadas (ZANIBONI FILHO, 1985):

- É do gosto do consumidor;
- É rica em minerais e possui alto teor de proteínas;
- É tolerante a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água;
- Seu crescimento é suficientemente rápido;
- Aceita ração artificial;
- Suporta bem o manuseio cuidadoso.

A comercialização do pescado varia de acordo com a espécie: os peixes de pequeno porte são negociados em centenas, os peixes de classe especial são negociados por kg, a matrinhã é classificada de grande porte, sua comercialização é por unidade (JESUS e CASTELO, 1991). Na tabela 2.3 está a classificação das espécies de peixes comercializadas no estado do Amazonas.

Tabela 2.3 Classificação das espécies de peixes comercializadas no estado do Amazonas

Categoria	Nome vulgar
Especial	Tucunaré, Pescada, Acará-acú
Primeira	Tambaqui, Pirarucu, Pacu, Sardinha e Matrinchã
Segunda	Jaraqui, Curimatá, Pirapitinga, Aracu e Branquinha
Terceira	Surubim, Dourado, Piramutaba, Piraíba, Filhote, etc.

Fonte: JESUS e CASTELO (1991)

CHABALIN e MENDONÇA (1994), realizaram um estudo do comportamento do mercado consumidor de Pirassununga – São Paulo, frente a oferta de 300 matrinhãs, com o peso em torno de 650 g. Os exemplares foram comercializados ao preço de US\$2,75/kg, sob a forma de eviscerado e resfriado. Os resultados quanto ao sabor: 68% consideraram excelente, 30% bom e 3% regular; tamanho: 32% acharam bom, 26% suficiente e 42% pequeno; preço: 3% consideraram barato, 81% razoável e 16% muito caro. Foi registrado que 100% dos consumidores tornariam a adquirir este pescado, caso fosse oferecido no mercado, sendo que 65% com a frequência de uma vez por semana, 32% uma vez por mês e 35 uma vez por ano. Em relação à forma de apresentação do pescado, 6% têm preferência por vivo, 72% limpo e resfriado e 11% filetado. Estes resultados confirmam a excelência da carne das espécies do gênero *Brycon* e evidenciaram o potencial de demanda existente na região, para a matrinchã, no tamanho e forma de apresentação.

2.2 SALGA DE PESCADO

O processo de salga, por mais empírico que pareça, é um processo complexo devido a vários fatores físico-químicos, bioquímicos e microbiológicos, que devem ser levados em consideração para obter-se o processo desejado. Pode-se obter produtos curados que chegam a durar semanas, meses ou anos, e para isso é necessário levar em consideração vários fatores como: tipo e qualidade do pescado, manuseio, temperatura de conservação, embalagem, etc. (PINHEIRO, 1995).

GRAIKOSKI (1973), descreve três métodos de salga: a seco ("Dry salting"), a úmida ("Wet salting"), na qual o pescado é adicionado a salmouras de várias concentrações e usada principalmente no preparo do pescado para outras operações como a defumação, pescado marinado, etc, e uma combinação entre os dois métodos.

2.3 REFRIGERAÇÃO DE PESCADO

Deverá ser feita perto de 0°C, bem próximo à temperatura de congelamento do pescado, o ponto crioscópico é ao redor de -1°C, com exceção de alguns peixes, o que provoca um abaixamento na temperatura de congelamento (LORENTZEN, 1972).

Uma vez que o pescado tenha sido capturado, é conveniente proceder o seu resfriamento imediato, pois é comprovado que a temperatura é o fator mais importante para controlar a putrefação do mesmo (BERTULLO, 1975).

De acordo com Bramsnaes (1957) citado por BERTULLO (1975), quando se compara o pescado resfriado com aquele coberto com gelo, mantendo ambos em igual temperatura, é comprovado que este último se mantém dois ou três dias a mais.

2.4 CONGELAMENTO DE PESCADO

Através do congelamento a uma temperatura suficientemente baixa, o desenvolvimento de bactérias torna-se completamente paralisado, os processos enzimáticos e outros de depreciação da qualidade são reduzidos consideravelmente. Torna-se possível, assim, obter-se propriedades de conservação muito melhores do que através da refrigeração (LORENTZEN, 1972).

O congelamento de peixes inicia-se normalmente entre -1°C e 2°C , dependendo da espécie. À medida que a temperatura é reduzida, uma proporção maior de água é transformada em cristais de gelo, sendo grande parte solidificada na faixa de -1°C a 5°C , que é a faixa de temperatura que define a velocidade do congelamento do pescado. Do ponto de vista da qualidade do produto é importante que a faixa seja ultrapassada o mais rápido possível, evitando danos físicos às células do músculo do pescado (SANCHES, 1989).

2.5 DEFUMAÇÃO

A defumação é um dos métodos mais antigos empregados para a conservação dos alimentos, entretanto, com os avanços de outras técnicas de preservação como refrigeração, congelamento, enlatamento, etc. o processo de defumação é realizado atualmente como objetivo maior de conferir cor e sabor ao produto (BARRETO, 1994).

A madeira utilizada como combustível possui substâncias como celulose, lignina, pentosanas, ácidos tânico, substâncias proteicas, resinas e terpenos (SANCHEZ, 1989), os três maiores porém são a celulose, hemicelulose e lignina. A natural abundância de cada polímero varia com a idade da madeira e também com o método de estimação, mais essencialmente pode-se considerar que ocorre na razão de 2:1:1. Estas substâncias ao serem queimadas, transformam-se em

outras substâncias que conferem ao produto, cor, aroma e sabor característico de defumado (GILBERT *et al.*, 1975).

2.5.1 Composição da Fumaça

O conhecimento da composição da fumaça é um pré-requisito para o estudo do desenvolvimento do sabor e cor, assim como o entendimento das propriedades bacteriostáticas e antioxidantes dos alimentos defumados (REVISTA NACIONAL DA CARNE, 1995).

A fumaça contém pequenas gotas líquidas dispersas em uma fase gasosa e partículas sólidas, sendo a fase gasosa a principal responsável pela absorção dos componentes da fumaça no produto. A fase gasosa da fumaça se dissolve na água intersticial do músculo, formando assim, uma solução que se transforma em um perfeito agente de defumação (FOSTER *et al.*, 1961).

Os compostos químicos da fumaça podem ser classificados em quatro grupos principais: compostos ácidos, fenólicos, carbonílicos e os hidrocarbonetos. Os três primeiros grupos de compostos químicos contribuem com as reações que afetam a cor, aroma e sabor, o quarto grupo, os hidrocarbonetos, especialmente os componentes policíclicos (benzopireno e o dibenzoantraceno) não são desejáveis por serem cancerígenos (SCHINDLER, 1996).

Compostos fenólicos são responsáveis pelo aroma dos defumados e possuem uma ação antioxidante, que permite atuar na conservação do produto tratado, esse efeito é importante pois o sal é um pró-oxidante. A quantidade e natureza dos fenóis presentes na fumaça estão diretamente relacionadas com a temperatura da pirólise da madeira. Os fenóis podem igualmente reagir com os carbonilos e nitritos do produto (ADICON, 1998). A presença de fenóis e ácidos confere à fumaça propriedades bacteriostáticas e bactericida. (YAMADA e GALVÃO, 1991).

Compostos Carbonílicos conferem um papel de maior importância sobre a coloração e de menor importância sobre o sabor dos produtos defumados (ADICON,1998).

O 3,4 benzopireno possui uma ação cancerígena e tem sido considerado como indicador contaminante nos produtos alimentares. Sua quantidade pode variar desde várias centenas de ppb ($\mu\text{g/kg}$) a traços não quantificados. As quantidades de 3,4 benzopireno dependem entre outros da tecnologia da defumação (ADICON,1998).

Numerosos parâmetros intervêm sobre a composição qualitativa e quantitativa da fumaça e em razão da sua multiplicidade resulta em certa dificuldade para estimar o papel de cada um deles.

- Parâmetros inerentes a tecnologia de produção de fumaça, tais como: a natureza e umidade da madeira, a temperatura de combustão e o fluxo de ar admitido no gerador .

- Parâmetros inerentes ao modo de tratamento do produto, tais como: tecnologia empregada, a temperatura e umidade do defumador (ADICON,1998).

Segundo DENG *et al.* (1974), a diferença no processo empregado para diferentes produtos defumados depende primeiramente do tipo de peixe e preferência regional para um produto em particular. Para a maior parte do peixe avaliado na história da Europa, as propriedades dos produtos defumados são bem conhecidas, o tempo adequado e a temperatura são bem estabelecidos.

2.5.2 Técnicas de Defumação

2.5.2.1 Defumação a quente

O produto oriundo desta técnica, destina-se ao consumo imediato, em dois ou três dias, e com tal finalidade é preparado de modo a necessitar, embora não obrigatoriamente, somente um reaquecimento antes da ingestão. Isso significa que, neste processo, o pescado pode ser total ou parcialmente cozido, mas o teor de sal deve ser baixo, para que não seja necessário uma operação de dessalga (BERAQUET, 1984).

Na defumação a quente o produto é submetido a temperaturas entre 70°C a 80°C, e o mesmo é parcialmente cozido e seco durante o processo (SUBASINGHE, 1993). O produto pode também ser defumado imediatamente depois da imersão em salmuora sem o estágio de secagem, desde que a formação da película não seja necessária (MARTIN, 1994).

2.5.2.2 Defumação a frio

Segundo MORAIS e ESPÍNDOLA FILHO (1995) a temperatura de defumação denominada a frio, pode variar de 30°C a 40°C e não deve exceder 45°C para que o pescado não comece a cozinhar; o tempo pode variar de 3 a 4 dias, conforme o tipo de produto desejado.

Na defumação do Salmão, o peixe é preservado por dois tratamentos, o primeiro com sal por algumas horas e então defumação a baixa temperatura (15°C a 30°C) por um longo tempo (1 a 3 semanas) (RAMACHANDRAN e TERUSHIGUE, 1994).

Em uma defumação mais demorada, há maior quebra de peso, compensada, porém, por um prazo de vida comercial mais longo, uma penetração maior da fumaça e uma cor uniforme comparada à defumação a quente (PARDI *et al.*, 1994)

MORAIS e ESPÍNDOLA FILHO (1995), compararam os métodos de defumação a frio e a quente, realizando um estudo de defumação de pescado. Os resultados são apresentados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 Comparação entre os métodos de defumação a frio e a quente do pescado.

	A quente	A frio
Grau de saturação da salmoura	70 a 80%	90 a 100%
Temperatura de saturação	65 a 120°C	30 a 40°C
Período de defumação	4 a 6 horas	1 a 10 dias
Necessidade de dessalga antes da utilização do produto para o consumo	Sem dessalga	Com dessalga
Teor de sal do produto	4%	7 a 15%
Umidade do produto	60 a 70%	45 a 55%
Vida útil do produto (estabilidade)	Menor	Maior
Presença de substâncias cancerígenas	Maior	Menor
Normalmente o produto não necessita de cozimento antes de ser consumido	Cozimento	Cozimento
Consistência	Firme	Dura

2.5.2.3 Defumação Líquida

Fumaça por definição é uma suspensão de partículas sólidas e líquidas em meio gasoso. A proporção de partículas sólidas e líquidas em meio gasoso determina o que se tem denominado como densidade da fumaça (ADICON, 1998).

A fumaça líquida pode ser produzida a partir da pirólise da madeira ou eventualmente ela poderia ser inventada a partir de uma mistura de componentes puros (fumaça sintética) (GORBATOV *et al.*, 1971).

A produção desses extratos é realizada pela absorção em água dos componentes gerados na pirólise da serragem da madeira, onde a temperatura do processo, a concentração de oxigênio e a umidade de matéria-prima são variáveis controladas. O produto do fundo da coluna de absorção é decantado (processo de envelhecimento) ocorrendo a formação de produtos de condensação ou polimerização, que fornecem uma cor fortemente escura ao extrato. O alcatrão e os compostos policíclicos aromáticos considerados cancerígenos são removidos por filtração (SCHINDLER, 1996).

A atomização e o chuveiro são processos de aplicação superficiais da fumaça líquida. Para alguns produtos a aplicação interna é preferida. Com a aplicação interna, a fumaça líquida é bombeada com a salmoura. A fumaça líquida tamponada ou parcialmente neutralizada é utilizada quando a salmoura contém nitrito para manter o pH acima de 4. Pode também se adicionada diretamente na emulsão de carne (RODRIGUES, 1998).

Na defumação com fumaça líquida, o produto além de passar pelos processos de salga e pré-secagem, após a aplicação da fumaça deve passar por um tratamento térmico com o intuito de remover a umidade superficial além de auxiliar a formação da cor do produto (PARDI *et al.*, 1994).

Os benefícios da defumação por fumaça líquida, de acordo com SCHINDLER (1997), são:

- Minimização da poluição do ar (como medida primária) e eliminação da carga residual de serragem lançada no esgoto;
- Processo de defumação realizado sem riscos de fogo e/ou explosão;
- Uniformidade controlada da cor e sabor de defumado;
- Simplificação da limpeza e manutenção das instalações de defumação;
- Fim da coleta de alcatrão, cinza e outros resíduos;
- Aumento da produtividade com redução dos custos do processo;

- Elimina a presença de elementos carcinogênicos nos produtos defumados;
- Possui propriedades antioxidantes e bacteriostáticas.

TEIXEIRA (1995) utilizou fumaça líquida (extrato vegetal de noqueira) na defumação de mantas de lula, as quais passaram por um processo prévio de salga em salmoura com sal refinado, monoglutamato de sódio, açúcar refinado, fosfato de sódio dibásico e nitrato de sódio, por um período de 20, 40, 60, 120 minutos a 25°C. A defumação foi realizada por imersão do material em solução do extrato a 40%(p/p) por um período de 30 segundos. O autor verificou que o melhor resultado foi obtido com o tempo de acondicionamento em salmoura de 20 minutos. Após a defumação as mantas passaram por um tratamento térmico de 60°C por 30 minutos e 70 °C por mais 30 minutos.

ADICON (1994) recomenda o seguinte procedimento para a defumação de salmão: a fumaça líquida é aplicada na superfície da amostra por um período de 15 minutos numa razão de 160 – 250 ml de fumaça por 100 g de produto. Logo após, o material é submetido ao seguinte tratamento térmico: secagem a 26°C por 2 horas, secagem a 50°C por mais 2 horas e por fim, secagem a 88°C por 1 hora, promovendo assim a homogeneização da fumaça líquida e a cor característica do produto defumado.

2.6 SECAGEM

A secagem artificial de produtos biológicos, tal como pescados e seus derivados, é um dos mais comuns métodos de preservação, tendo como propósito auxiliar na melhoria da qualidade do produto e diminuir seu potencial de deterioração durante a estocagem (PINTO e TOBINAGA, 1993).

A secagem refere-se em geral, à remoção de líquido de um sólido por evaporação (PERRY, 1984). Quando o produto é colocado em contato com o ar quente, devido à diferença de temperatura existente entre eles, ocorrerá uma

transferência de calor do ar para o produto. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água entre o ar e a superfície do produto ocasionará uma transferência de massa do produto para o ar. Parte do calor que chega ao produto é utilizado para evaporar a água, assim a transferência de massa se faz na forma de vapor d'água (DAUDIN, 1983).

O modelo físico de secagem pode ser representado na como na Figura 2.1.

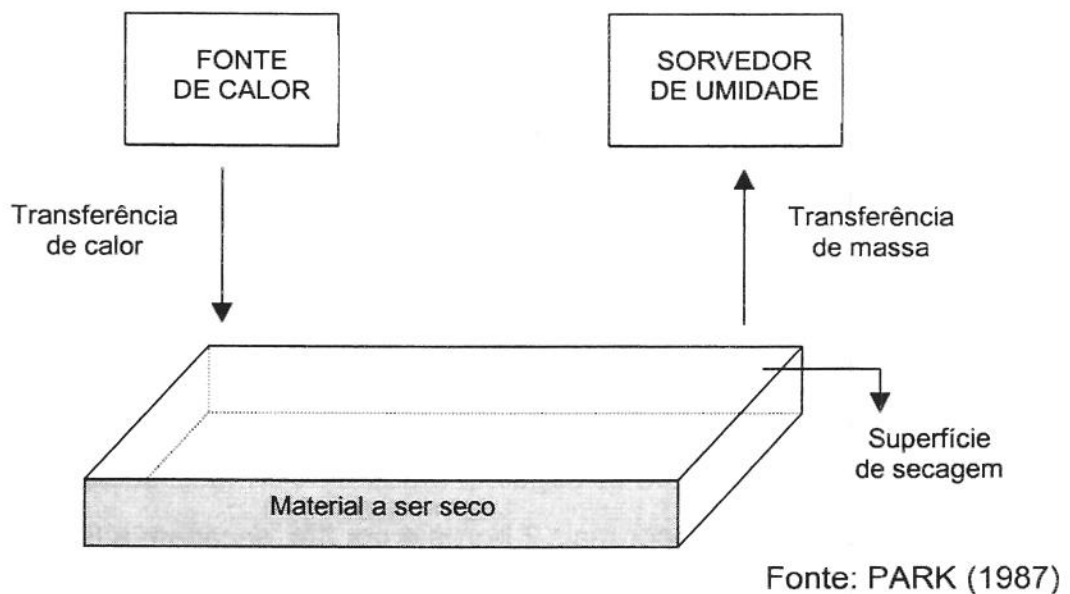


Figura 2.1 – Modelo físico de secagem

Segundo FORTES e OKOS (1980), os mecanismos de transporte de água são os seguintes:

- Difusão de água líquida devido ao gradiente de umidade;
- Difusão do vapor devido ao gradiente de pressão parcial da água (causado pelos gradientes de temperatura);
- Movimento do líquido devido às forças capilares;
- Fluxo de líquido e de vapor, devido à diferença de pressão total, causada pela pressão externa, encolhimento, temperaturas altas e capilaridade;

- Escoamento por efusão existe quando o caminho livre médio das moléculas de vapor for compatível ao diâmetro dos poros;
- Movimento do líquido devido à força gravitacional.

Os métodos de cálculos da taxa de secagem diferem segundo o período de taxa constante ou taxa decrescente. Para produtos agrícolas e alimentícios, o período de taxa decrescente é quase sempre o único observado, e nesse caso a transferência interna de água é que governa e fixa a taxa de secagem (DAUDIN, 1983).

2.6.1 Secagem a Taxa Constante

Para o período de taxa constante, as considerações termodinâmicas de evaporação da água na linha de saturação de bulbo úmido são suficientes para prever a taxa, uma vez que se trata da evaporação de água livre (PARK, 1987).

Neste período os fatores que governam a secagem são as transferências de calor e massa na interface ar - produto, que são estabelecidas fazendo referência a uma noção de condutância de superfície interpretada por um fenômeno de camada limite. Esta camada pode ser definida como uma fina camada de ar em escoamento laminar junto da superfície, sendo que há um equilíbrio de temperatura e de umidade entre o ar e a superfície desta partícula (NOGUEIRA, 1991).

JANSON (1958), HANN (1964), MOYNE e DEGIOVANNY (1985), estudaram esta região e observaram que a taxa de evaporação de água de superfície durante este período, é expressa como função das condições do ar, da geometria, da área da superfície e da direção da corrente de ar.

Em suas pesquisas, CHIRIFE (1983), constatou que neste período a pressão de vapor de água na superfície do material é constante e a temperatura do material é igual à temperatura do bulbo úmido, e que o fim do período de taxa constante, onde o teor de umidade é definido como teor de umidade crítico, corresponde ao tempo onde a migração de água para a superfície não suporta a taxa de evaporação correspondente à transferência de massa da água livre na superfície.

2.6.2 Secagem a Taxa decrescente

O período de taxa decrescente tem seu início quando termina o período de taxa constante, a umidade crítica. Se a umidade inicial for abaixo da umidade crítica, todo o processo de secagem ocorre no período de taxa decrescente (PERRY, 1984).

Segundo STRUMILLO e KUDRA (1986), a secagem a taxa decrescente é dividida em duas fases:

- Primeira fase: a água livre (fase líquida) presente no interior do produto é contínua, sem a presença de ar, e ocupa todos os poros do produto. O movimento de água do interior para a superfície ocorre por capilaridade e este mecanismo controla a velocidade de secagem.
- Segunda fase: a remoção de água da superfície de evaporação provoca a entrada de ar no interior do produto, o que dá origem a bolsas de ar que ficam dispersas na fase líquida dentro dos poros. Nesta fase o escoamento capilar ocorre apenas em alguns pontos localizados.

MULET (1994), admite existirem três formas de modelos no período de taxa decrescente:

- Modelo baseado no transporte difusional de água;
- Modelo baseado essencialmente no transporte capilar;
- Modelo baseado na difusão de vapor (causado pelo gradiente de temperatura).

Sabe-se que a velocidade das reações que ocorrem no interior dos alimentos é fortemente influenciada pela variação de umidade durante a desidratação. Assim, numerosos estudos tem sido realizados para representar o período de taxa decrescente de secagem. Isso pode ser feito de duas formas: a primeira é assumir que um determinado mecanismo de movimento prevalece no interior do material, e desenvolver modelos para representar esse mecanismo. A segunda forma é construir a curva de secagem do material e ajustar modelos já existentes a essa curva (LUCCAS, 1996).

A teoria que tem apresentado maior aceitação é a teoria da migração de água por difusão, que se apoia exclusivamente na 2ª lei de Fick, expressa em termos de gradiente de umidade. LEWIS (1921) e SHERWOOD (1929) foram os primeiros que fizeram referência a esta lei, interpretando a secagem como fenômeno de difusão de água líquida. A relação fundamental é apresentada na equação abaixo:

$$\frac{dX}{dt} = -\nabla \cdot (D \cdot \nabla X) \quad (2.1)$$

Onde:

- X: umidade no tempo t, base seca
- t: tempo de secagem, s
- D: difusividade efetiva, m²/s

e assumindo volume constante, o que é uma abstração pois a água que evapora, na maioria dos casos de produtos alimentícios, é parte integrante da matriz estrutural.

CRANK (1975), obteve diversas soluções analíticas da equação de difusão para diferentes condições iniciais e de contorno, considerando a difusividade constante ou variando com a umidade. No entanto, estas soluções somente se aplicam a sólidos com formas geométricas simples e regulares, como esféricas, cilíndricas e placas planas infinitas ou paralelepípedo. Em sistemas de coordenadas retangulares, a equação de difusão pode ser escrita como:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial z} \right) \quad (2.2)$$

Assumindo a forma geométrica de uma placa infinita, onde a transferência interna de umidade durante a secagem é predominantemente unidirecional, a Equação (2.2) torna-se:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial y} \right) \quad (2.3)$$

Quando a difusividade efetiva, D_{ef} , é considerada constante, a umidade inicial X_0 , distribuído uniformemente no interior do produto, desprezando as resistências externas à transferência de massa, a umidade na superfície da amostra permanece constante durante o processo, e seu valor corresponde ao termo umidade de equilíbrio X_e do produto, e desprezando o encolhimento do produto durante a secagem, a Equação (2.3) passa a ser:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial y^2} \quad (2.4)$$

as condições iniciais e de contorno são:

$$\text{C.I} \quad X = X_0 \quad 0 \leq y \leq L \quad t = 0 \quad (2.5)$$

$$\text{C.C 1} \quad X = X_e \quad y = L \quad t > 0 \quad (2.6)$$

$$\text{C.C 2} \quad \frac{\partial X}{\partial y} = 0 \quad y = 0 \quad t > 0 \quad (2.7)$$

A média espacial, $\bar{X}$ da solução da Equação (2.4), com as condições dadas pelas Equações (2.5) a (2.7), é dada por CRANK (1975), como:

$$\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- (2n+1)^2 \frac{\pi^2 D_{ef} t}{4L} \right] \quad (2.8)$$

onde:

$$\bar{X} = \frac{1}{L} \int_0^L X dx \quad (2.9)$$

Uma importante correlação na secagem dos alimentos é a lei exponencial, esta lei estabelece que a taxa de secagem é proporcional ao teor de água livre do gênero alimentício na forma:

$$\frac{d\bar{X}}{dt} = -K(\bar{X} - X_e) \quad (2.10)$$

onde o fator de proporcionalidade K é denominado de constante de secagem. Esta equação é a expressão da lei de resfriamento de Newton, se for levado em conta que toda a resistência ao transporte de umidade concentra-se na camada limite, desconsiderando os efeitos no interior do material; é por isto chamada de modelo

semi-empírico. A equação (2.10) é normalmente utilizada na forma integrada, como:

$$\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e} = \exp(-Kt) \quad (2.11)$$

De uma maneira geral, os alimentos sofrem encolhimento durante a secagem, sendo esta perda de volume causada pela remoção de água. Os alimentos fibrosos, como os filés de peixes que apresentam altos teores de umidade inicial, sofrem apreciável variação de volume durante a secagem (JANSON, 1958).

KECHAOU e ROQUES (1989), considerando o processo quasi-isotérmico e levando em conta o encolhimento na espessura, propõem o seguinte modelo:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{Def(X, T)}{(1 + \alpha X)^2} \frac{\partial X}{\partial \xi} \right) \quad (2.12)$$

com as seguintes condições:

$$\text{Inicial: } t = 0; \quad 0 < \xi < L_s \Rightarrow X = X_0 \quad (2.13)$$

$$\text{Contorno: } \xi = 0; \quad t > 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial X}{\partial \xi} \right) = 0 \quad (2.14)$$

$$\xi = L_{(s)}; \quad t > 0 \Rightarrow -D_{ef} \rho_s \left(\frac{\partial X}{\partial \xi} \right) = k_{EX} (Y_E - Y_{AR}) \quad (2.15)$$

sendo:

$$dx = (1 + \alpha X) d\xi \quad (2.16)$$

$$\xi = \int_0^x \frac{dx}{(1 + \alpha X)} \quad (2.17)$$

Onde α é o coeficiente de encolhimento linear, adimensional, que está relacionada com a espessura do material, representado pela expressão:

$$L = L_s (1 + \alpha X) \quad (2.18)$$

onde L é a espessura da amostra e L_s é a espessura do sólido seco. Esta equação pode ser escrita como:

$$\frac{\rho_{ss}(1 + X)}{\rho_b} = (1 + \alpha X) \quad (2.19)$$

e o perfil de umidade médio é dado por:

$$\bar{X}(t) = \frac{1}{L_s} \int_0^{L_s} X d\xi \quad (2.20)$$

O coeficiente de transferência de massa externo K_{EX} , para a condição de contorno na superfície da amostra, pode ser determinado através da taxa de secagem como:

$$K_{EX} = \frac{N}{(Y_E - Y_{AR})} \quad (2.21)$$

2.6.3 Umidade de Equilíbrio

A umidade que o produto alcança, quando deixado em contato com uma determinada condição atmosférica por um longo tempo, é definida como umidade de equilíbrio (GUSTAFSON e HALL, 1974).

A umidade de equilíbrio é particularmente importante na secagem porque ele representa o valor limite para uma dada condição de umidade relativa e temperatura (NOGUEIRA, 1991).

Se um alimento for seco até uma 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 e CHEN, 1974).

Quando um material biológico é exposto a uma determinada umidade, ele reage no sentido de ajustar sua própria umidade a uma condição de equilíbrio com o ambiente. Isso ocorre quando a pressão de vapor d'água na superfície do material se iguala a pressão do vapor d'água do ar que o envolve (TREYBAL, 1968).

2.6.4 Difusividade Efetiva de Umidade

A difusividade efetiva de umidade é uma importante propriedade de transporte, sendo útil na análise das operações de processamento de produtos alimentícios, como a secagem. Porém, devido a complexa composição e a estrutura física dos alimentos, não são conseguidas estimativas precisas desta propriedade, sendo assim necessárias medidas experimentais, como observado nos trabalhos de SARAVACOS *et al* (1984, 1989).

As curvas de secagem são utilizadas para estimar as difusividades efetivas. A difusividade efetiva varia com a umidade, porém em muitos alimentos as curvas representativas sugerem uma difusão bimodal, isto é, dois valores distintos, para a difusividade efetiva, como por exemplo músculos de peixe, conforme apresentado em TOBINAGA e PINTO (1992).

A temperatura e a umidade são as variáveis mais relevantes em comparação a outras que afetam a difusividade efetiva, mas sem deixar de mencionar algumas como: constituição química e física do produto, forma e tamanho as quais podem adequar-se ao modelo matemático que descreva processo de difusão (BRENNAN *et al.*, 1980).

Alguns autores, como CUTTING (1965), VACCAREZZA *et al.* (1974), SUAREZ *et al.* (1980) e VAGENAS (1991), concluíram que a temperatura exerce considerável influência sobre a velocidade de desidratação e conseqüentemente, no modelo difusivo, afetando o valor da difusividade. E sua dependência se aproxima de uma lei do tipo Arrhenius, expressa pela equação:

$$D_{ef} = D_0 \cdot \exp \left[- \frac{E_a}{RT_{bs}} \right] \quad (2.22)$$

PINTO e TOBINAGA (1993), estudaram a dependência da difusividade efetiva de umidade durante a secagem de músculos de peixes em função da umidade. As amostras foram constituídas de filés de peixes, em forma de placa plana, e o ar de secagem utilizado mantinha suas condições de temperatura e umidade constantes. A secagem ocorreu principalmente durante o período de taxa decrescente, com significativo encolhimento das amostras, principalmente na sua espessura. Foram determinados os coeficientes de encolhimento linear das amostras e também avaliada a difusividade efetiva, baseada na massa de sólido, conforme definida por CRANK (1975). Quatro tipos de correlações, representando

a variação da difusividade efetiva volumétrica com a umidade das amostras, apresentaram bom ajuste aos dados experimentais.

A solução da equação de difusão em regime transiente, foi utilizada por PINTO *et al.* (1992a), na análise dos dados experimentais da secagem de músculos de peixe de diferentes espécies, em camada fina. Os valores do parâmetro difusividade efetiva (D_{ef}) foram estabelecidos através de um algoritmo de estimação paramétrica não-linear, sendo comparados com os valores determinados pela correlação exponencial dos dados experimentais. Verificou-se que a 2ª lei de Fick, expressa em termos de gradiente de umidade, constitui um bom modelo para prever o perfil médio de umidade em função do tempo da secagem de músculo de peixes, independente da complexa natureza microscópica dos mecanismos de migração de umidade envolvidos.

PINTO *et al.* (1992b), utilizaram o modelo difusivo Fickiano, com o objetivo de estudar os efeitos da resistência externa à transferência de massa na secagem de músculo de peixe em camada fina, considerando a resistência externa na condição de contorno, sendo determinada a difusividade efetiva baseada na espessura média. Os dados experimentais utilizados foram os da secagem de filés de peixes, em forma retangular, de merluza (*Merluccius merluccius*) e peixe porco (*Monacanthus hispidus*); as condições do ar eram constantes e as velocidades testadas foram de 0,3 m/s e 1,0 m/s, sobre as superfícies das amostras. Foi verificado um bom ajuste do modelo proposto aos dados experimentais.

RODRIGUES (1996), realizou um estudo experimental seguido de um tratamento matemático, da secagem de filés de tambacu (híbrido: *Colossoma macropum* e *Colossoma mitrei*), em forma de placa plana, previamente salgados e defumados a líquido com extrato vegetal de nozeira. O trabalho investigou o processo de secagem, baseando-se no modelo de difusão de Fick, considerando a difusividade efetiva constante e velocidade do ar 1,5 m/s. O modelo difusivo de secagem utilizado, ajustou-se aos dados experimentais com coeficiente de

correlação de 0,97, mostrando se adequar bem ao caso estudado.

PARK (1998) acompanhou o processo de secagem de peças salgadas de músculo de tubarão (*Carcharhinus limbatus*) usando três condições do ar (20°C- 40% de umidade relativa; 30°C- 30% de umidade relativa e 40°C- 45% de umidade relativa) e duas velocidades do ar (0,5 m/s e 3,0 m/s). Os valores da difusividades efetivas variaram entre $1,5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ e $2,85 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ para o modelo de secagem considerando o não encolhimento e entre $0,87 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ e $1,61 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ para o modelo considerando o encolhimento. A energia de ativação foi calculada assumindo o tipo de equação de Arrhenius. Os valores foram 17,94 kJ/mol para a velocidade do ar de 0,5 m/s e 21,94 kJ/mol com a velocidade do ar de 3,0 m/s para difusividade efetiva sem encolhimento. Os valores foram de 2,04 KJ/mol à velocidade do ar de 0,5 m/s e 16,12KJ/mol à velocidade do ar de 3,0 m/s para difusividade efetiva com encolhimento. Estes valores baixos da energia de ativação, calculados considerando o efeito do encolhimento, mostraram que, parte dos resultados durante a secagem reduzem, a dependência da difusividade efetiva com a temperatura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 Matéria-Prima

Foram utilizados peixes da espécie Matrinchã (*Brycon cephalus*), doados por João Marcos Zacarchenco, proprietário do pesqueiro Kachenco, na cidade de Sumaré-SP, e transportados à Campinas-SP, devidamente acondicionados em recipiente termicamente isolado e mantidos a uma temperatura de aproximadamente 1 °C, segundo recomendações de PRADO FILHO (1984).

Em um intervalo menor que 5 horas após a captura, houve o preparo da matéria-prima, de acordo com o item 3.2.3.

A fumaça líquida SMOKEZ 1517 IC, utilizada nos experimentos, foi cedida pela ADICON Indústria e Comércio de Aditivos Ltda.

3.1.2 Equipamento

Os experimentos de secagem foram realizados em estufa com circulação forçada de ar por meio de um ventilador centrífugo, especial para fornos. Este sistema proporcionou uma velocidade de 1,5 m/s, medida por meio de anemômetro digital (Modelo LCA 6000 AIR FLOW Co).

3.1.2.1 Sistema de Medidas

Durante todo o processo de secagem, foram realizadas leituras periódicas da massa da amostra, através de uma balança analítica digital BOSCH (Modelo SAE200), precisão de 0,0001.

As medidas de comprimento, largura e espessura da amostra foram realizadas através de um paquímetro.

As temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido do ar, no interior do secador, foram medidas com termopares do tipo T, onde eram registrados no indicador de temperatura OIPE (Modelo CSE8), com 0,1 °C.

Os termopares foram calibrados para uma faixa de temperatura de 10 a 60°C, de 10 em 10°C, utilizando um banho ultratermostático MLW (modelo 111), com precisão de 0,05°C, e utilização de um termômetro digital com precisão de 0,1°C. Com os dados resultantes foram calculadas as curvas de calibração, por regressão linear, tendo como menor coeficiente de correlação 0,9999.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Análise Microbiológica

Foram realizadas as seguintes análises microbiológicas de acordo com Portaria 451 de 19/09/97 do MINISTÉRIO DA SAÚDE.

Do produto "in natura":

- *Salmonella*
- *Coliformes fecais*
- *Staphylococcus aureus*

Do produto final:

- *Staphylococcus aureus*
- *Coliformes totais*
- *Salmonella*
- *Clostrídios sulfito-redutores*

3.2.2 Análise Físico-Química

Do produto “in natura”:

- Caracterização Física (tamanho e peso);
- Análise química (umidade, cinzas, proteínas e lipídios) de acordo com o método oficial da AOAC (1995).

Do produto final:

- Análise química (umidade, cinzas, proteínas e lipídios) de acordo com o método oficial da AOAC (1995).

Determinação de cloretos (segundo método de Möhr) AOAC (1995).

3.2.3 Preparo da matéria-prima

Os peixes foram medidos e pesados antes e depois da evisceração. As vísceras foram eliminadas manualmente, através de um corte na região abdominal, desde a calda até a cabeça, onde esta também foi removida com um corte em forma de “V” (aproveitamento da porção muscular). Os peixes foram então lavados com água destilada, para retirada de vestígios de sangue e vísceras, e posteriormente, lavados com água clorada, embalados isoladamente em sacos plásticos e submetidos ao congelamento e estocagem em freezer a - 18°C.

O descongelamento foi realizado na temperatura de refrigeração de 10 °C por 10 horas, segundo recomendações de BERAQUET e MORI (1984), para então os peixes serem cortados em forma de placa plana.

3.2.4 Salga

As amostras foram imersas em solução de salmoura a 21% de NaCl.

Realizou-se alguns testes em diferentes períodos de salga, com objetivo de conferir ao produto final um teor de NaCl de aproximadamente 4% p/p, agradável sensorialmente para pescado seco e defumado. As amostras foram submetidas a diferentes períodos de salga a 25 °C, sendo a razão entre as massas de amostra e solução de salmoura mantidas 1: 4 de acordo com RODRIGUES (1996).

3.2.5 Pré-Secagem

Uma rápida secagem a 60°C por 20 minutos, foi realizada antes da defumação líquida, para que fosse obtida uma camada insaturada, possibilitando uma maior velocidade de difusão da fumaça líquida no músculo do peixe.

3.2.6 Defumação Líquida

O processo de defumação foi realizado por imersão do filé em solução do extrato vegetal da noqueira, variando a concentração de fumaça e tempo de imersão, de acordo com o planejamento fatorial.

3.2.7 Secagem

As amostras defumadas foram secas em estufa com circulação de ar, em diferentes temperaturas, que variam de 40 a 60°C, com velocidade do ar de 1,5 m/s. Os filés com formato de placa plana foram colocados em estufa sobre um prato de alumínio maciço que assegura a condição de secagem por apenas um lado.

As curvas de secagem foram construídas para as diferentes temperaturas e velocidade do ar citadas acima.

Para a secagem do filé de peixe defumado foram feitas as seguintes considerações:

- Geometria plana;
- transporte unidirecional;
- densidade da amostra durante a secagem não depende da posição;
- distribuição inicial de umidade uniforme.

Para tempos de secagem longos $\left(\frac{D_{ef}t}{L^2} > 0.2\right)$ os termos da somatória correspondente a $n > 1$ são tão pequenos, que a equação (2.8) pode ser reescrita considerando apenas o primeiro termos da série (equação (3.1)), permitindo assim, desprezar a contribuição do segundo termo em diante. O erro contido dessas simplificações é menor que 2% no valor adimensional de umidade (PINTO, 1996).

$$\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left[\frac{-\pi^2 D_{ef} t}{4L_0^2}\right] \quad (3.1)$$

Duas importantes modificações da lei exponencial (equação 2.10), na forma integrada, apresentam melhores ajustes experimentais:

$$\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e} = v \exp(-Kt) \quad (3.2)$$

$$\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e} = \exp(-Kt^n) \quad (3.3)$$

A equação (3.2) é similar ao modelo fickiano para tempos de secagem longos quando apenas o primeiro termo da solução série for significativo (MC CORMICK, 1983). Esta correlação é utilizada por muitos pesquisadores da área de secagem para a determinação do parâmetro difusividade efetiva a partir da constante de secagem, como observados nos trabalhos de JANSON (1958) e PINTO (1992) para filés de peixes.

A equação (3.3) é conhecida como modelo de Page, sendo esta correlação frequentemente utilizada no estudo da secagem de produtos agrícolas, em particular os grãos e sementes, por apresentar excelentes resultados (LY e MOREY, 1988) e (PATHAK e AGRAWAL, 1991).

A relação entre estes parâmetros é:

$$K = \frac{\pi^2 D_{ef}}{4L_0^2} \quad (3.4)$$

Os parâmetros ν , n e K são obtidos pelo ajuste das equações (3.2) e (3.3) aos dados experimentais, através da minimização da função erro padrão, dada pela equação :

$$E = \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left(\frac{\theta_{\text{exp}} - \theta_{\text{cal}}}{\theta_{\text{exp}}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3.5)$$

Fazendo o gráfico $\ln \left[\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e} \right]$ em função do tempo, é possível fazer uma

análise de todo o período de taxa decrescente segundo um comportamento exponencial.

3.2.8 Embalagem

Após a secagem, os filés foram embalados individualmente, em pratos de isopor cobertos por filme PVC, etiquetados e armazenados.

3.2.9 Armazenagem

Parte dos filés foi enviada para análise microbiológica e química, o restante foi acondicionado sob refrigeração (5°C), até ser liberado para análise sensorial.

3.2.10 Fluxograma do processo

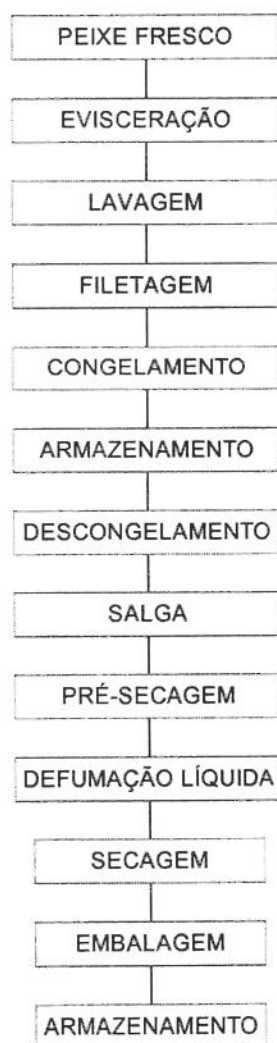


Figura 3.1 Fluxograma do Processamento Experimental

3.2.11 Planejamento Experimental

Foi realizado um planejamento fatorial completo²³, onde foi estudada a influência dos fatores temperatura de secagem, concentração de fumaça e tempo de imersão sobre as respostas da análise sensorial, difusividade efetiva. A Tabela 3.1 mostra a matriz de planejamento com os níveis adotados.

Tabela 3.1 – Definição dos níveis dos 3 fatores

	-1	0	+1
Temperatura de secagem ($^{\circ}\text{C}$) – X1	40	50	60
Conc de fumaça % (p/p) – X2	20	25	30
Tempo de imersão (s) – X3	20	25	30

Tabela 3.2 – Matriz codificada do planejamento 2^3

Ensaio	X1	X2	X3
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0

3.2.12 Análise Sensorial

As análises foram realizadas por uma equipe de 10 provadores previamente treinados, de ambos os sexos, com idade variando de 25 a 38 anos, onde foram

avaliadas as características sensoriais do produto, quanto a textura, cor, odor e sabor, para verificar a aceitação e preferência do produto. O método de aceitação e preferência consiste de uma escala hedônica de nove pontos, que varia de “gostei extremamente” (9 pontos) até “desgostei extremamente” (1 ponto) de acordo com a Ficha1.

As amostras, com aproximadamente 50% de umidade, foram servidas em lenços de papel, à temperatura de aproximadamente 40-45 °C, codificadas com números de quatro dígitos ao acaso, apresentadas de forma casualizada.

Nome: _____ Data ____/____/____

Avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra.

- 9 Gostei muitíssimo
- 8 Gostei muito
- 7 Gostei moderadamente
- 6 Gostei ligeiramente
- 5 Nem gostei/ nem desgostei
- 4 Desgostei ligeiramente
- 3 Desgostei moderadamente
- 2 Desgostei muito
- 1 Desgostei muitíssimo

Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____

Comentários: _____

Ficha 1- Exemplo de ficha para Teste de Escala Hedônica (estruturada mista)

Foi realizada uma análise de variância para verificar se houve diferença significativa entre as amostras, em relação à aceitação quanto a cor, textura, sabor e odor.

Desde que haja diferença significativa entre as amostras, pode-se determiná-la através de um teste de média. Utiliza-se normalmente o Teste de Tukey.

No Teste de Tukey é determinado um valor crítico a 5% ou 1%. A diferença entre as médias das amostras é comparada com o valor crítico.

Quando essa diferença for igual ou maior que o valor crítico dizemos que as duas amostras, cujas médias foram testadas, diferem entre si.

A fórmula utilizada no Teste de Tukey está descrita na equação (3.6):

$$\Delta_{5\% \text{ ou } 1\%} = q \sqrt{\frac{Q.M.R}{n}} \quad (3.6)$$

Δ = valor crítico de 5% ou 1%

q = valor dado em tabela

n = número de repetições.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MATÉRIA-PRIMA

4.1.1 Análise Microbiológica

Em função dos padrões microbiológicos exigidos pela Legislação Brasileira, de acordo com Portaria 451 de 19/09/97 do MINISTÉRIO DA SAÚDE, para o pescado “in natura”, foram realizadas análises específicas e seus resultados estão apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1- Análise microbiológica do pescado “in natura”

Análises	Matrinchã “in natura”	Legislação
Coliformes fecais	NMP<3/g*	Máx 10 ² /g
Salmonella	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g
Staphylococcus aureus	<1×10 ² u.f.c./g**	Máx 10 ³ /g

*NMP: número mais provável.

**u.f.c /g: unidades formadoras de colônia por grama da amostra.

A Tabela 4.1 indica que a matrinchã “in natura” está dentro dos limites da Legislação Brasileira, portanto apta para o processamento e/ou consumo.

Os pescados, especialmente os peixes, são um dos alimentos mais perecíveis. Mesmo que a atividade autolítica e as mudanças químicas naturais iniciem o processo degradativo no pescado, a deterioração do mesmo estocado em gelo é principalmente devido à contaminação bacteriológica. Usualmente, há apenas duas espécies de bactérias que ocorrem naturalmente no pescado, o *Clostridium botulinum* (Tipo E) e o *Vibrio parahaemoliticus*. Entretanto outras bactérias patogênicas que ocasionalmente estão associados aos pescados como *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, provavelmente representam contaminações de fontes

terrestres (PEDROSA-MENABRITO e REGENSTEIN, 1987; GELLI, 1988; LEITÃO, 1994).

A ausência de coliformes fecais e *Salmonella*, confirma que os procedimentos sanitários e higiênicos foram corretamente seguidos desde a captura até a preparação da matéria-prima.

A ausência da análise de *Vibrio parahemoliticus*, que a Legislação Brasileira exige que também seja realizada, está no fato esta bactéria é halófila facultativa, isoladas em águas litorâneas, não cresce na ausência de NaCl, é imprescindível a presença do sal para o crescimento desta bactéria. Como a matrinhã é um peixe de água doce não foi necessário a realização de tal análise.

4.1.2 Análise físico-química

O peixe "in natura" apresentou as seguintes características físicas, apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2- Caracterização física do peixe "in natura"

Características Físicas	Número de exemplares	Valor mínimo	Valor máximo	Média dos valores
Peso total (g)	15	966,60	1123,71	1025,63
Peso sem vísceras (g)	15	852,58	983,71	897,67
Comprimento (cm)	15	40,00	44,00	41,07
Largura (cm)	15	11,11	13,00	11,69
Espessura (cm)	15	5,60	8,00	6,69

Foi observado que as matrinhãs apresentam espinhos intramusculares em forma de Y, como ocorre com peixes dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus*, sendo os mesmos considerados como sérios inconvenientes para o consumo direto e processamento do *Colossoma macropomum* na Venezuela (BELLO e RIVAS,

1992). O que prejudicou também o corte em placa plana do pescado aqui estudado.

Os resultados de composição química do peixe “in natura” se encontram na Tabela 4.3

Tabela 4.3- Caracterização química do peixe “in natura”

Componentes	Base úmida (%)
Umidade	69,96
Lipídios	9,91
Proteínas	17,80
Cinzas	0,71

Os valores de composição centesimal do peixe “in natura”, de acordo com o teor de gordura e proteína intermediárias, o classifica como de categoria B.

Com este teor de gordura intermediário, essa espécie está adequada ao processo de defumação, pois com relação aos produtos defumados, os pescados gordurosos (>15%) são geralmente mais adequados, pois a gordura do mesmo atua como absorvedor das substâncias aromáticas presentes na fumaça (GEROMEL e FORSTER,1982b).

Os peixes gordurosos apresentam grande variação no teor de água com a época do ano. De um modo geral, conforme aumenta o teor de gordura do músculo do pescado, diminui o teor de água na mesma proporção. Desta forma, o teor de água no músculo do pescado gordo situa-se, de um modo geral, na faixa de 60-75%, dependendo do pescado e da época do ano (GEROMEL e FORSTER,1982a), como a matrinhã que apresentou todas as características descritas acima.

4.1.3 Análise de Sal

O melhor resultado, que conferiu ao produto final um teor de 4% p/p, através do método de Mohr, foi a imersão por 3 minutos e está apresentado na Tabela 4.4

Tabela 4.4 – Teor de sal contido nas amostras depois de 3 minutos salga

Componentes	3 minutos
NaCl (g _{sal} / g _{peixe seco})	4,10
Umidade (%)	51,78
Umidade (g _{água} / g _{sólido seco})	0,91
Cinzas (%)	3,70

JASON (1965), analisando os efeitos do sal nos músculos de peixes, concluiu que a salga diminui a duração da primeira fase do período de taxa decrescente, conduzindo a amostra rapidamente à segunda fase onde a difusividade efetiva é menor, explicando o porquê dos filés de peixe salgados levarem um tempo bem maior para secar em comparação com outros filés não salgados.

As concentrações de NaCl acima de 3% também provocam uma redução marcante na contagem de *Vibrio parahaemoliticus* em produtos defumados. Além disso, mesmo que os componentes da fumaça exerçam um efeito inibitório nestes produtos, poderá ocorrer a multiplicação desse microrganismo durante o processo de defumação ou durante a estocagem à temperatura ambiente se a concentração de NaCl for reduzida (KARUNASAGAR *et al*, 1986).

4.2 PRODUTO FINAL

4.2.1 Análise Microbiológica

A Tabela 4.5 mostra os resultados microbiológicos encontrados, de acordo com Portaria 451 de 19/09/97 do MINISTÉRIO DA SAÚDE, para o pescado seco e defumado. Deste modo, a matrinchã seca e defumada se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Legislação Brasileira.

Tabela 4.5- Análise microbiológica do pescado seco e defumado

Análises	Matrinchã seco e defumado	Legislação
Coliformes totais	NMP<3/g*	Máx 10 ² /g
Salmonella	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g
Clostrídios sulfito-redutores	Ausência	Máximo 5×10 ³ g
Staphylococcus aureus	<1×10 ² u.f.c./g**	Máx 10 ³ /g

*NMP: número mais provável.

**u.f.c /g: unidades formadoras de colônia por grama da amostra.

Alguns dos microrganismos estão associados ao pescado defumado a frio, como o *Clostridium botulinum*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*; sendo que o *Clostridium botulinum* é o mais perigoso e sua presença está associada com a embalagem à vácuo, particularmente quando a concentração de NaCl na fração aquosa for inferior a 4% (NICOLAIDES e FUCHS, 1995).

Desde a década de 70 tem sido verificado com sucesso, o efeito bacteriostático da fumaça líquida em pescado gordo, bem como em culturas de *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* e *Proteus vulgaris*.

A ausência de coliformes totais e a baixa carga microbiana demonstra a eficiência no cuidado da higiene durante todo o processamento, principalmente na limpeza de equipamentos e utensílios.

4.2.2 Análise físico-química

Os resultados de composição química do produto final se encontram na Tabela 4.6

Tabela 4.6 – Composição química do produto final

Componentes	Base úmida (%)
Umidade	51,78
Lipídios	16,96
Proteínas	27,57
Cinzas	3,70

Comparando os valores das Tabelas 4.3 e 4.6, verifica-se que ao diminuir o conteúdo de umidade, houve um aumento do conteúdo de proteínas e lipídios. O aumento do conteúdo de cinzas também deve-se ao fato da absorção de cloreto de sódio no músculo, durante a imersão na saumoura.

A umidade da matrinchã defumada com fumaça líquida está abaixo do recomendado que é de 65%. A umidade do pescado defumado é importante na avaliação de sua qualidade. À medida que diminui a umidade, o produto fica cada vez mais com consistência seca ou dura, diminuindo a aceitabilidade do mesmo (GONÇALVES, 1998).

4.2.3 Secagem

O estudo da cinética de secagem foi realizado de acordo com o planejamento experimental. Foram realizadas 11 corridas a diferentes temperaturas, concentrações de fumaça e tempo de imersão do peixe na fumaça e velocidade do ar de $1,5 \text{ m}^2/\text{s}$ para todas as amostras.

O pescado foi seco até peso constante para determinação da umidade de equilíbrio. Como não houve grande variação na umidade de equilíbrio em relação às amostras de mesma temperatura e pelo tempo de imersão na fumaça líquida ser muito pequeno, admitiu-se apenas uma umidade de equilíbrio para cada temperatura.

Os valores de umidade de equilíbrio de peixe salgado e defumado estão apresentados na tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Umidade de equilíbrio para as temperaturas de 40°C , 50°C e 60°C em base seca e base úmida.

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Umidade de Equilíbrio (Xe)	
	Base seca ($\text{g}_{\text{água}}/\text{g}_{\text{sólido seco}}$)	Base úmida ($\text{g}_{\text{água}}/100\text{g}_{\text{sólido}}$)
40	0,0143	69,00
50	0,0112	69,09
60	0,0021	69,37

Considerando que a amostra é uma placa plana infinita (equação 2.8), o modelo de Fick foi utilizado para determinar a difusividade efetiva, através do ajuste não linear dos dados experimentais, considerando uma espessura de 0,5 cm, que é o valor médio das amostras no início da secagem. Utilizou-se quatro termos da série, que foi o que obteve melhor ajuste em relação a equação utilizada.

Na Tabela 4.8, estão os valores encontrados da difusividade efetiva (D_{ef}), do coeficiente de correlação (R^2), e do erro relativo (E%) e nas Figuras 4.1 a 4.5 estão as curvas experimentais e as ajustadas pelo modelo.

Tabela 4.8 – Valores da Difusividade efetiva estimada pelo modelo de Fick para a temperatura de 40 °C, 50 °C e 60 °C.

Temperatura (°C)	CF*(p/p) – TI**(s)	D_{ef} ($10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$)	R^2	E (%)
40	20-20	2,36	0,9957	22,14
	20-30	3,03	0,9937	22,23
	30-20	3,22	0,9819	25,05
	30-30	3,32	0,9881	11,51
50	25-25	3,79	0,9976	8,92
	25-25	4,16	0,9960	8,09
	25-25	4,44	0,9920	6,96
60	20-20	3,91	0,9945	10,15
	20-30	4,50	0,9958	18,57
	30-20	4,96	0,9930	20,78
	30-30	5,79	0,9939	20,08

*CF: Concentração de fumaça

** TI: Tempo de imersão do peixe na fumaça

Os resultados da regressão não linear do modelo de Fick, considerando 4 termos da série, não foram muito bons. Apesar dos coeficientes de correlação estarem próximos da unidade, os valores dos erros médios relativos estão muito altos.

Nas figuras 4.1 a 4.4 apresentam-se as curvas experimentais de secagem e os ajustes do modelo de Fick, à temperatura de 40 °C, cuja ordenada expressa a

umidade na forma $\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e}$.

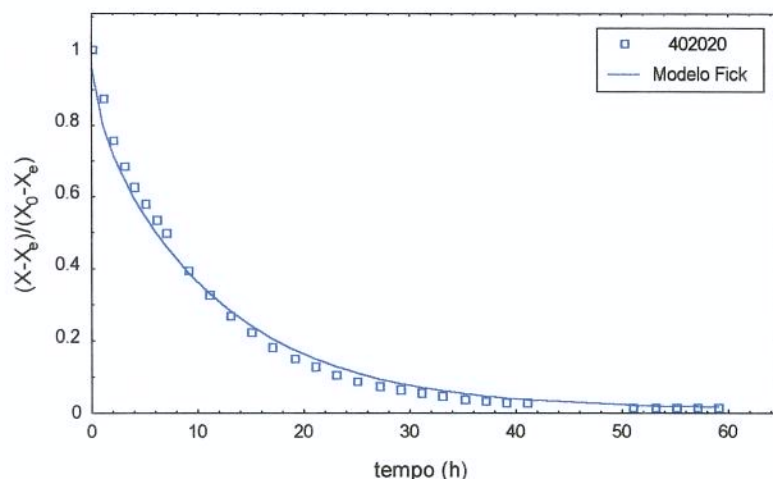


Figura 4.1 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 40°C, 20 p/p de fumaça e 20s de imersão.

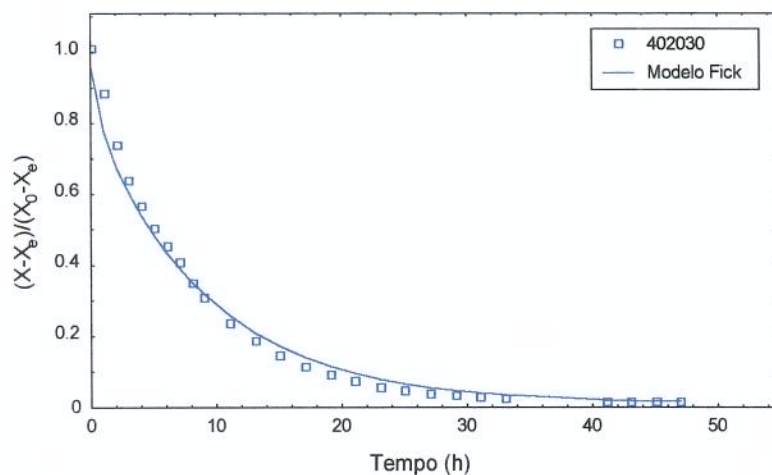


Figura 4.2 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 40°C, 20 p/p de fumaça e 30s de imersão.

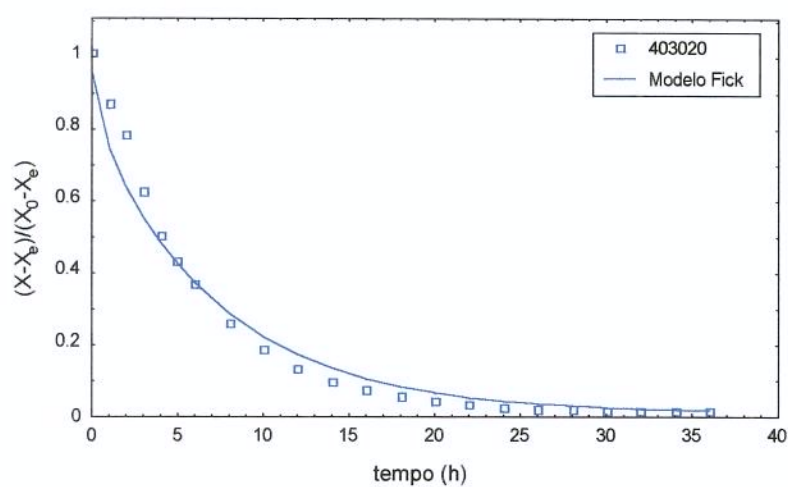


Figura 4.3 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 40°C, 30 p/p de fumaça e 20s de imersão.

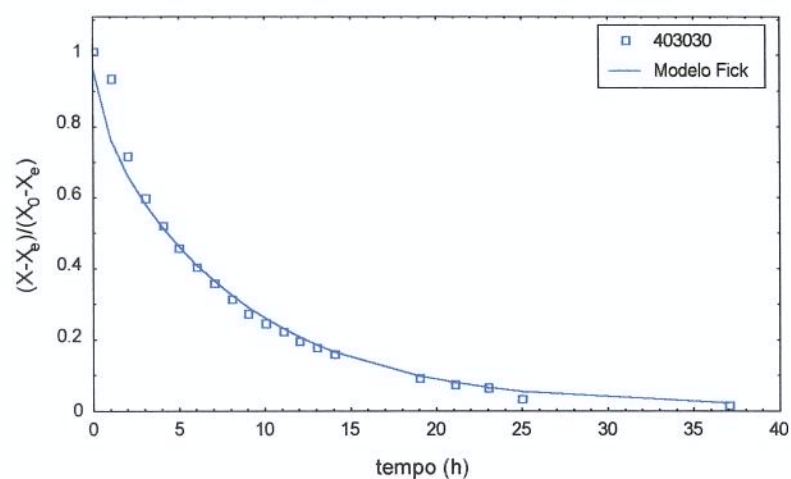


Figura 4.4 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 40°C, 30 p/p de fumaça e 30s de imersão.

Na figura 4.5 apresentam-se as curvas experimentais de secagem e os ajustes do modelo de Fick, à temperatura de 50 °C, cuja ordenada expressa a umidade na forma $\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e}$.

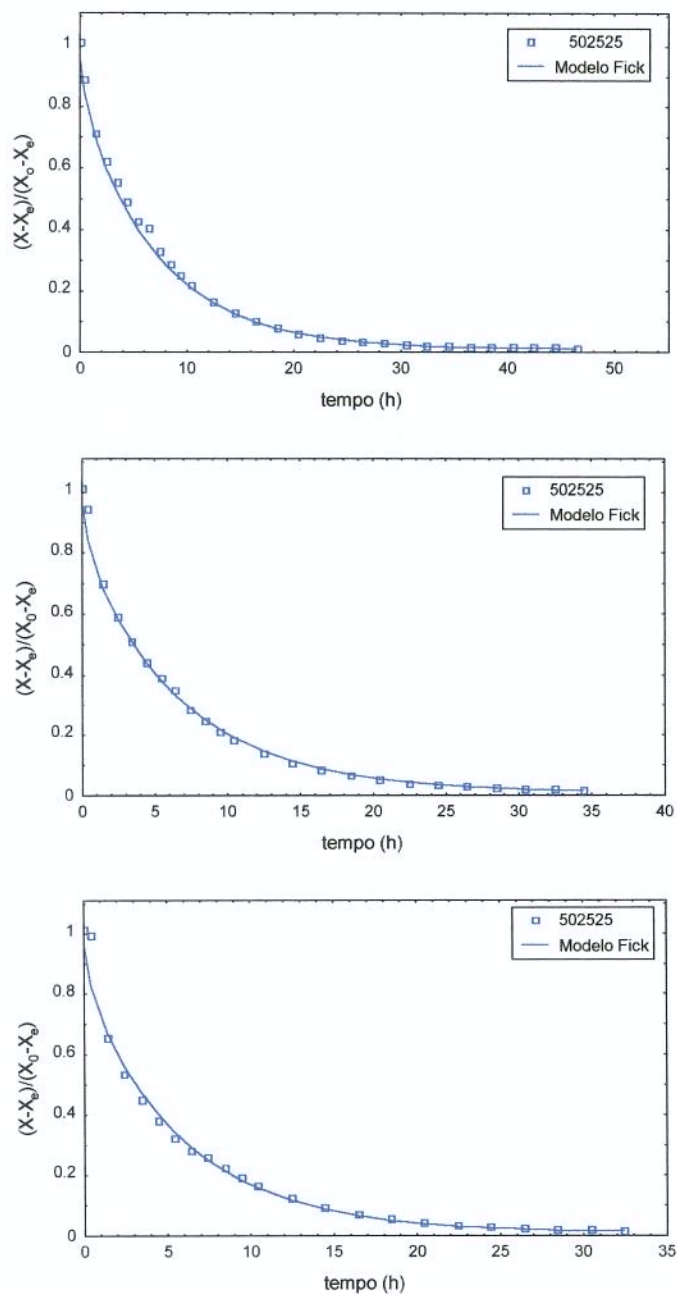


Figura 4.5 – Curvas de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustadas pelo Modelo de Fick, para temperatura de 50°C, 25 p/p de fumaça e 25s de imersão.

Nas figuras 4.6 a 4.9 apresentam-se as curvas experimentais de secagem e os ajustes do modelo de Fick, à temperatura de 60 °C, cuja a ordenada expressa a

umidade na forma $\frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e}$.

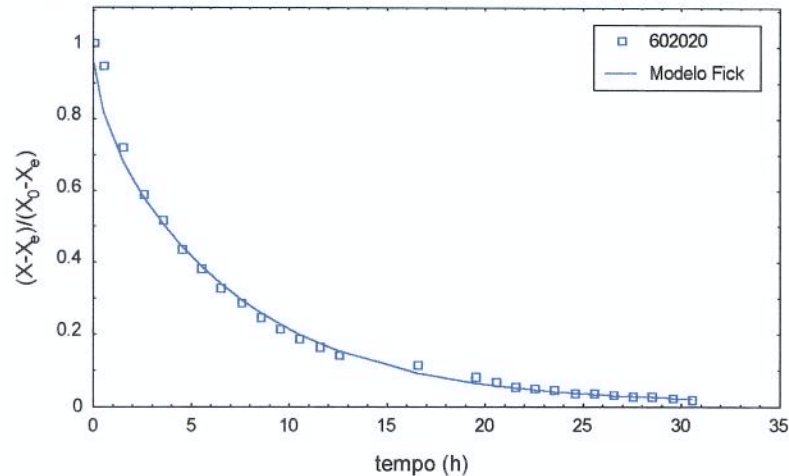


Figura 4.6 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 60°C, 20 p/p de fumaça e 20s de imersão.

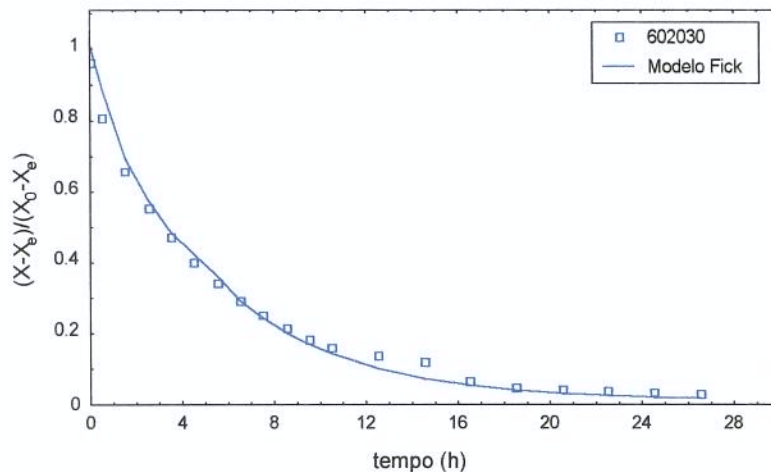


Figura 4.7 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 60°C, 20 p/p de fumaça e 30s de imersão.

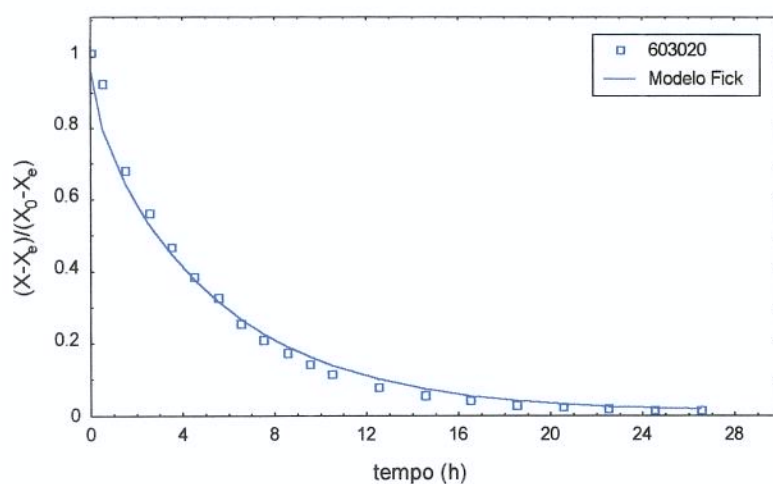


Figura 4.8 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 60°C, 30 p/p de fumaça e 20s de imersão.

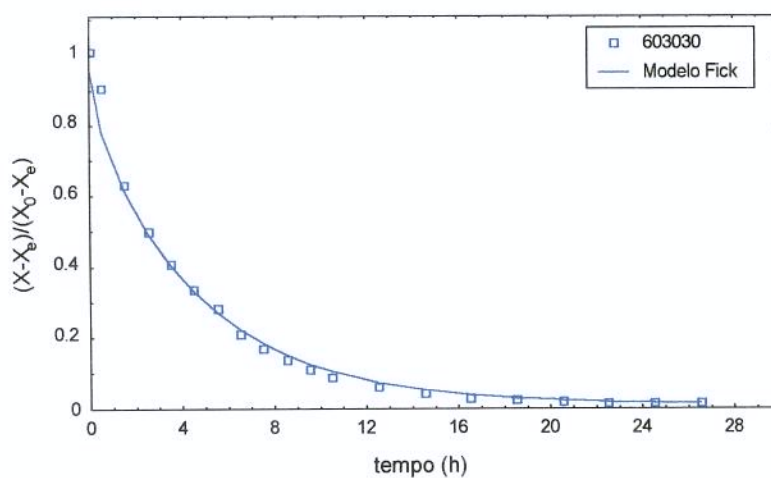


Figura 4.9– Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Fick, para temperatura de 60°C, 30 p/p de fumaça e 30s de imersão.

Os dados experimentais também foram ajustados utilizando a modificação da lei exponencial (equação 3.3), através da regressão não linear, obtendo-se os parâmetros estimados (n , K), coeficiente de correlação (R^2), e erro médio relativo (E%) para as condições estudadas.

Este modelo apresentou melhor ajuste em relação ao modelo difusional. Na tabela 4.9 estão os valores dos parâmetros n , K , coeficiente de correlação (R^2) e erro médio relativo E (%).

Tabela 4.9 – Parâmetros da equação exponencial, coeficiente de correlação e erro médio relativo para as temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C.

Temperatura	CF*(p/p) – TI**(s)	Page			
		n	K	R ²	E (%)
40 °C	20-20	0,91	0,13	0,9993	12,63
	20-30	0,95	0,15	0,9996	8,37
	30-20	0,86	0,19	0,9920	8,36
	30-30	0,92	0,18	0,9969	10,36
60 °C	20-20	0,85	0,23	0,9987	0,82
	20-30	0,90	0,25	0,9995	10,06
	30-20	0,94	0,24	0,9993	7,62
	30-30	0,91	0,29	0,9988	12,13
50 °C	25-25	0,83	0,22	0,9985	25,19
	25-25	0,84	0,24	0,9988	11,39
	25-25	0,82	0,24	0,9959	10,49

*CF: Concentração de fumaça

** TI: Tempo de imersão do peixe na fumaça

Nas figuras 4.10 a 4.13 apresentam-se as curvas experimentais de secagem e o ajuste do modelo de Page, à temperatura de 40 °C, cuja a ordenada

expressa a umidade na forma $\ln \frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e}$

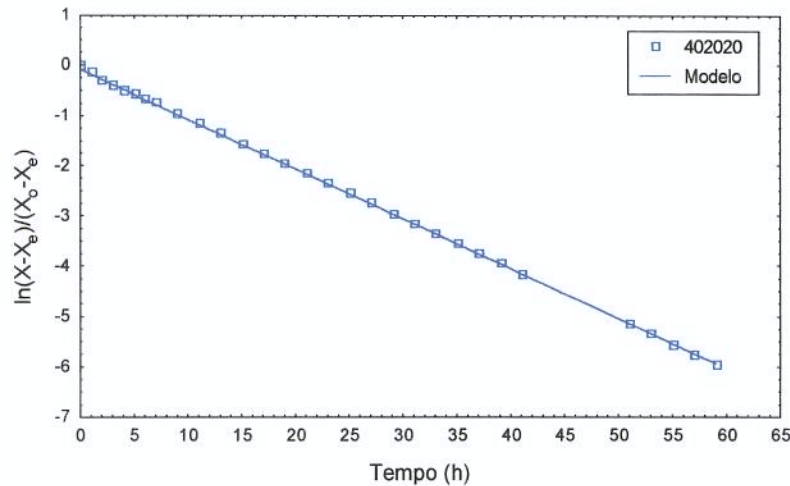


Figura 4.10 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 40°C, 20 p/p de fumaça e 20s de imersão.

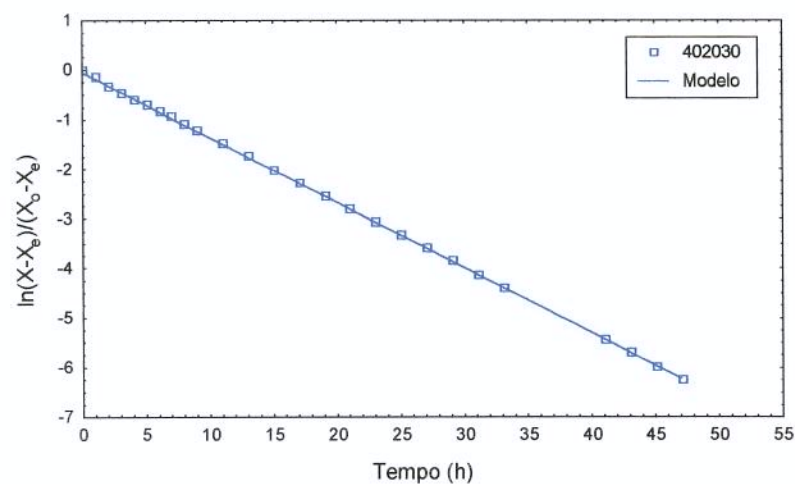


Figura 4.11 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 40°C, 20 p/p de fumaça e 30s de imersão.

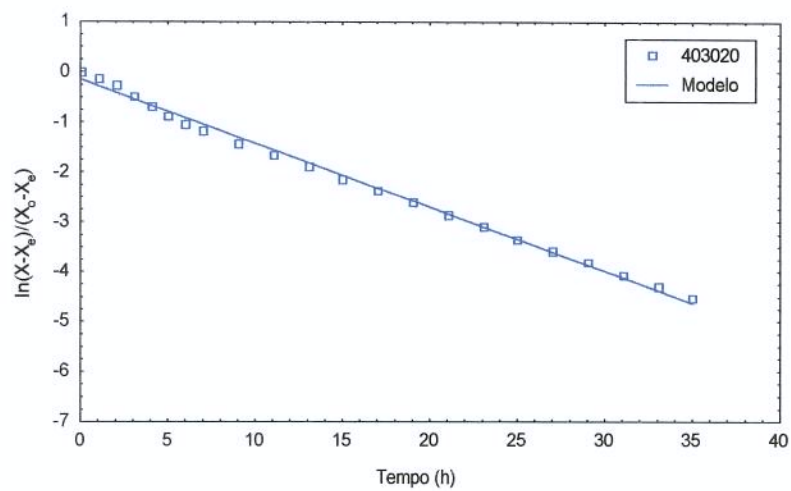


Figura 4.12 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 40°C, 30 p/p de fumaça e 20s de imersão.

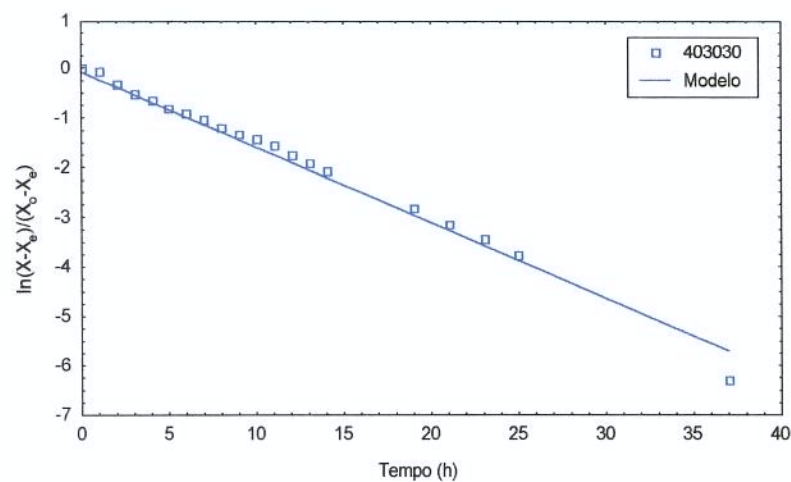


Figura 4.13 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 40°C, 30 p/p de fumaça e 30s de imersão.

Na figura 4.14 apresentam-se as curvas experimentais de secagem e os ajustes do modelo de Page, à temperatura de 50 °C, cuja a ordenada expressa a

umidade na forma $\ln \frac{\bar{X} - X_e}{X_0 - X_e}$.

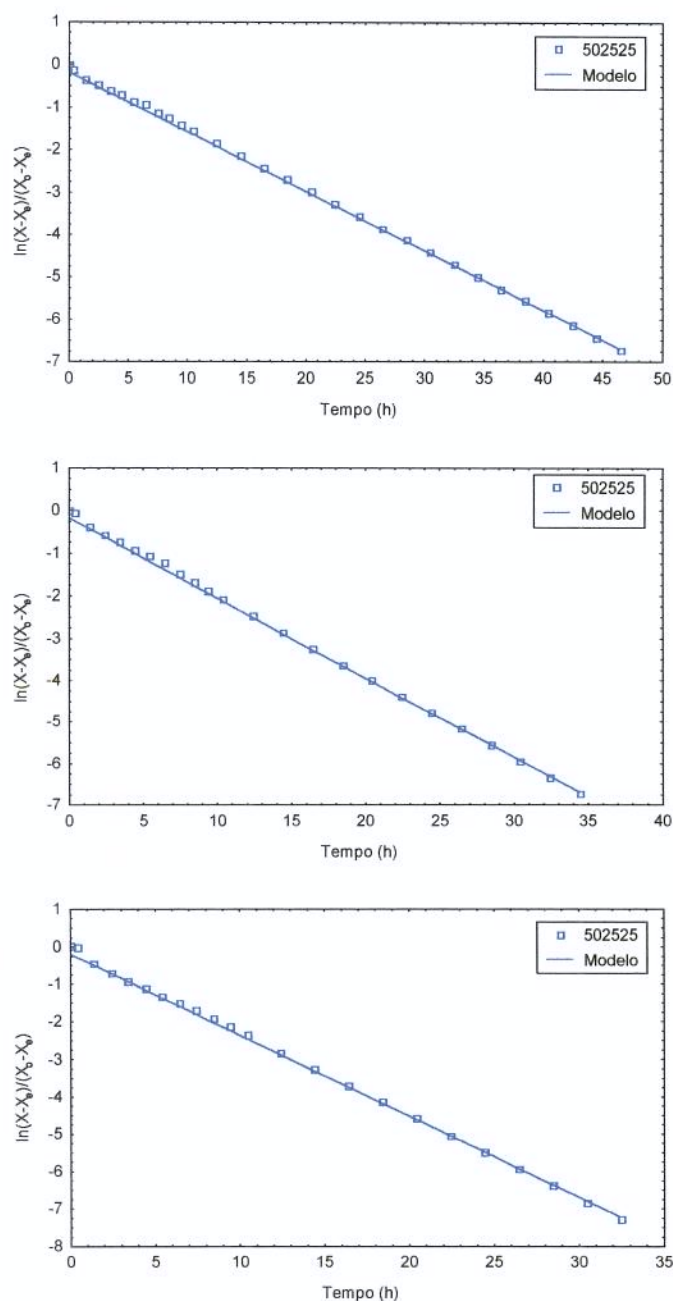


Figura 4.14 – Curvas de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustadas pelo Modelo de Page, para temperatura de 50°C, 25 p/p de fumaça e 25s de imersão.

Nas figuras 4.15 a 4.18 apresentam-se as curvas experimentais de secagem e os ajustes do modelo de Page, à temperatura de 60 °C, cuja a ordenada expressa a umidade na forma $\ln \frac{X - X_e}{X_0 - X_e}$.

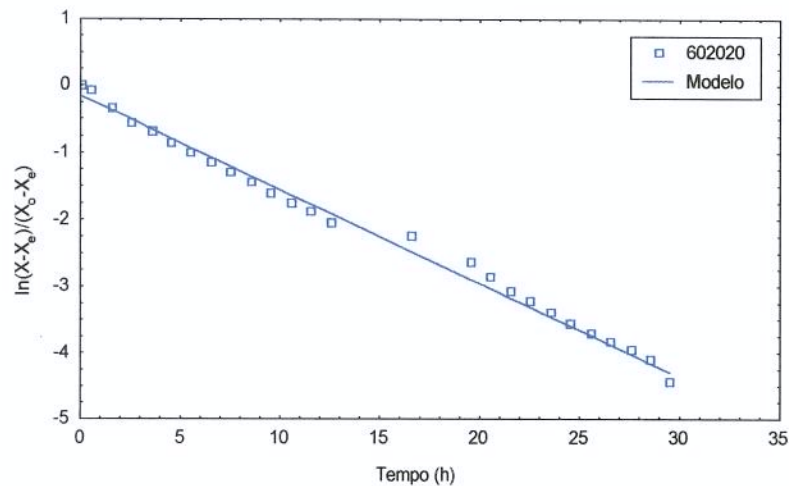


Figura 4.15 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 60°C, 20 p/p de fumaça e 20s de imersão.

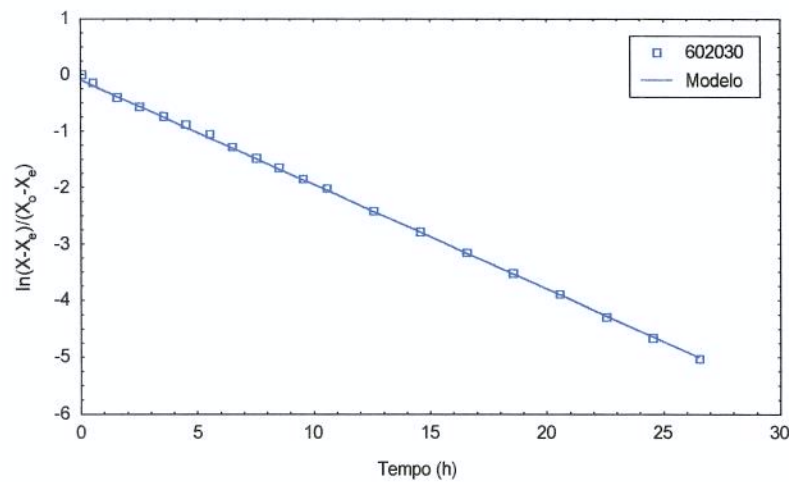


Figura 4.16 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 60°C, 20 p/p de fumaça e 30s de imersão.

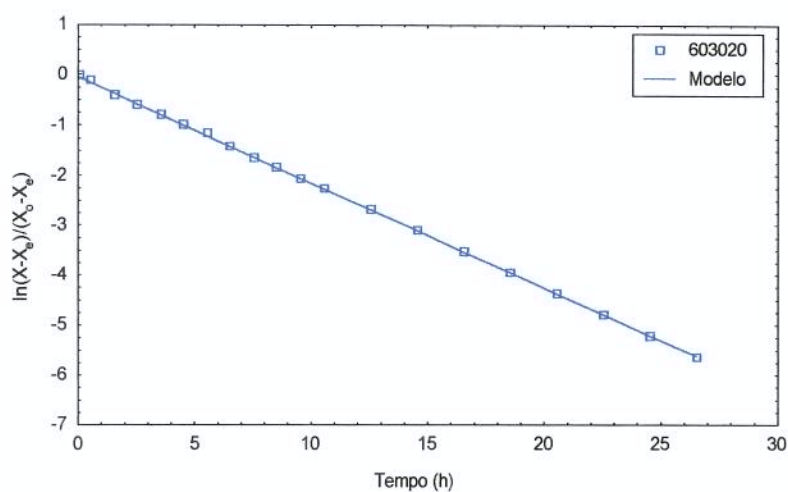


Figura 4.17 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 60°C, 30 p/p de fumaça e 20s de imersão.

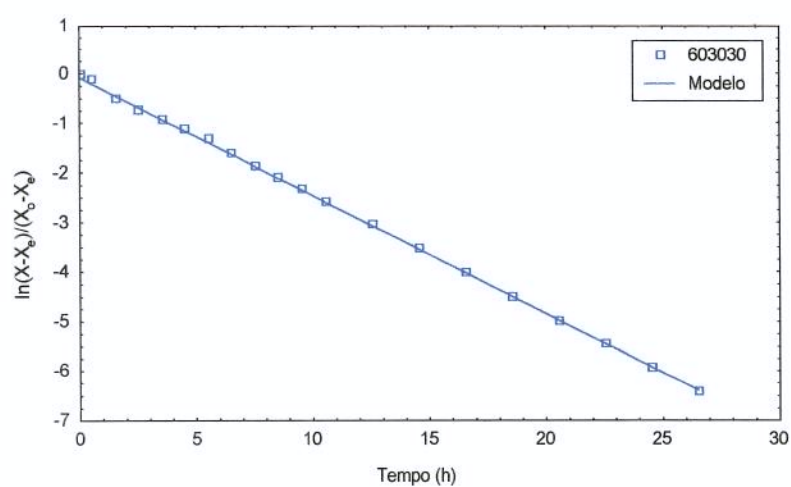


Figura 4.18 – Curva de secagem do peixe salgado e defumado a líquido, ajustada pelo Modelo de Page, para temperatura de 60°C, 30 p/p de fumaça e 30s de imersão.

4.2.4 Análise Sensorial

O resultado da análise sensorial, de acordo com o odor, está exposto na Tabela 4.10 abaixo:

Tabela 4.10 - Quadro de Análise de Variância de acordo com o odor

Causa de Variação	Grau de Liberdade	Soma Quadrática	Média Quadrática	F cal	F tab 5%	F tab 1%
Amostra	10	21,4727	2,1473	1,3189	1,9675	2,58
Provador	9	20,7727	2,3081	1,4177	2,0140	2,66
Resíduo	90	146,5272	1,6281			
Total	109	188,7727				

Como o F calculado foi menor que o F tabelado aos níveis de 5 e 1%, não há diferença significativa entre as amostras de acordo com o odor.

O sentido do olfato é muito mais complexo e sujeito a muitas variáveis tais como fadiga e adaptação, principalmente para provadores com pouca experiência.

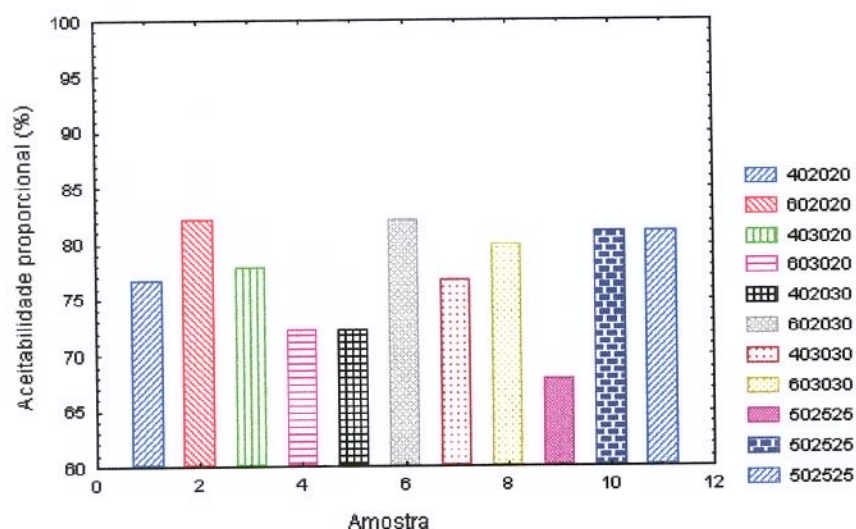


Figura 4.19 – Histograma de aceitabilidade das amostras em relação ao odor.

Houve uma boa aceitabilidade proporcional em relação ao odor. A variação de 67,78 a 82,22% entre as amostras está apresentada na Figura 4.19.

Os resultados de acordo com o sabor, através da análise sensorial, estão descritos na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 Quadro de Análise de Variância de acordo com o sabor

Causa de Variação	Grau de Liberdade	Soma Quadrática	Média Quadrática	F cal	F tab 5%	F tab 1%
Amostra	10	56,2909	5,6291	4,8258	1,9675	2,58
Provador	9	10,2182	1,1353	0,9733	2,014	2,66
Resíduo	90	104,9818	1,1665			
Total	109	171,4909				

Como o F calculado da amostra foi maior que o F tabelado, ao nível de 5% e 1%, existe diferença significativa entre as amostras. Para determinação da mais aceita, foi realizado o Teste de Tukey a 5%, e verificou-se que as amostras 4 e 6 foram melhores aceitas pelos consumidores do que as amostras 1, 9 e 10, assim como a 8 foi melhor aceita que a amostra 1, ao nível de 5% de significância. As demais amostras não se diferenciaram entre si com relação à aceitação pelos consumidores ($p \leq 0,05$). Houve uma boa aceitabilidade em relação ao sabor das amostras, que variou de 65,56% a 94,44%.

Os comentários dos provadores em relação a amostra de menor aceitabilidade foi que o sabor de defumado estava muito fraco.

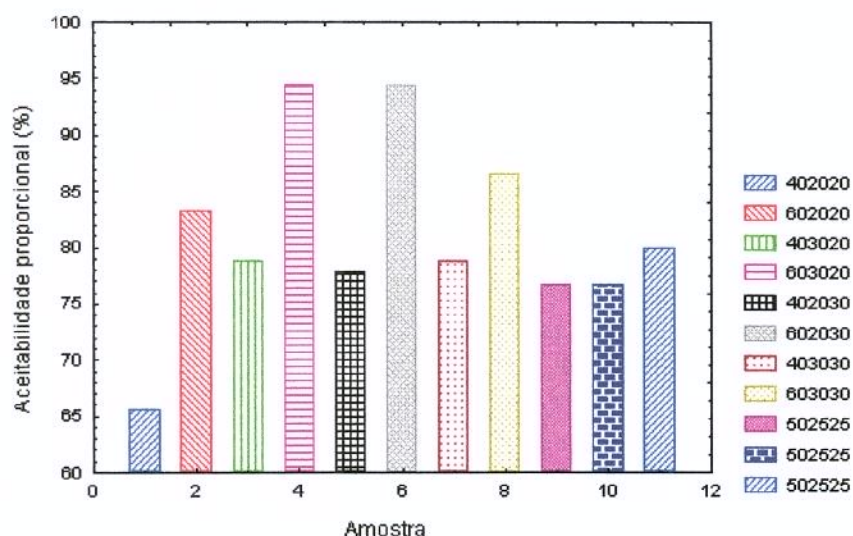


Figura 4.20 – Histograma de aceitabilidade das amostras em relação ao sabor

Os resultados de acordo com a textura, através da análise sensorial, estão descritos na Tabela 4.12

Tabela 4.12 Quadro de Análise de Variância de acordo com a textura

Causa de Variação	Grau de Liberdade	Soma Quadrática	Média Quadrática	Fcal	Ftab 5%	F tab 1%
Amostra	10	35,9636	3,5964	4,2979	1,9675	2,58
Provador	9	1,4989	0,1656	0,1980	2,014	2,66
Resíduo	90	75,3091	0,8368			
Total	109	122,7636				

Como o F calculado da amostra foi maior que o F tabelado, constatou-se a existência de diferença significativa entre as amostras. Através do Teste de Tukey a 5%, verificou-se que as amostras 6,8 e 9 foram melhores aceitas pelos consumidores do que as amostras 1, 3 e 5, sendo que as amostras 1,3 e 5 e amostras 6,8 e 9, não apresentaram diferença significativa entre si, ao nível de 5% de significância. As demais amostras não se diferenciaram entre si com

relação à aceitação pelos consumidores ($p \leq 0,05$). Houve uma ótima aceitabilidade em relação à textura das amostras, que variou de 73,33% a 93,33%.

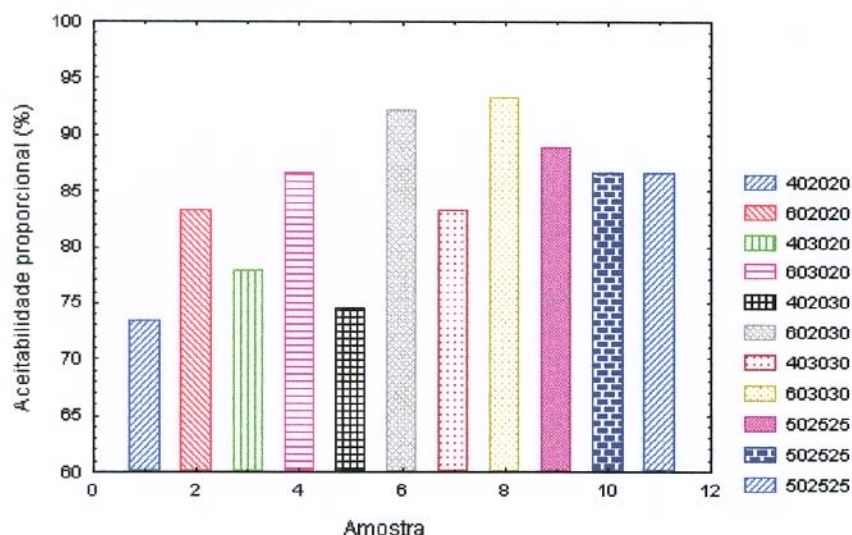


Figura 4.21 – Histograma de aceitabilidade das amostras em relação a textura

Os resultados de acordo com a cor, através da análise sensorial, estão descritos na Tabela 4.13

Tabela 4.13 - Quadro de Análise de Variância de acordo com a cor

Causa de Variação	Grau de Liberdade	Soma Quadrática	Média Quadrática	Fcal	Ftab 5%	F tab 1%
Amostra	10	42,8182	4,2818	3,1009	1,9675	2,58
Provador	9	1,1273	0,1253	0,0907	2,0140	2,66
Resíduo	90	124,2727	1,3808			
Total	109	168,2182				

Como o F calculado da amostra foi maior que o F tabelado ao nível de 5%, existe diferença significativa entre as amostras. Através do Teste de Tukey a 5%, e verificou-se que as amostras 5 e 6 foram melhor aceitas pelos consumidores do

que as amostras 1 e 2, sendo que as amostras 5 e 6 e amostras 1 e 2 não apresentaram diferença significativa entre si, ao nível de 5% de significância. As outras amostras não se diferenciam entre si com relação à aceitação pelos consumidores ($p \leq 0,05$). A cor do pescado obteve de 63,33% a 86,67% de aceitabilidade proporcional, demonstrando ser um produto de boa aceitação.

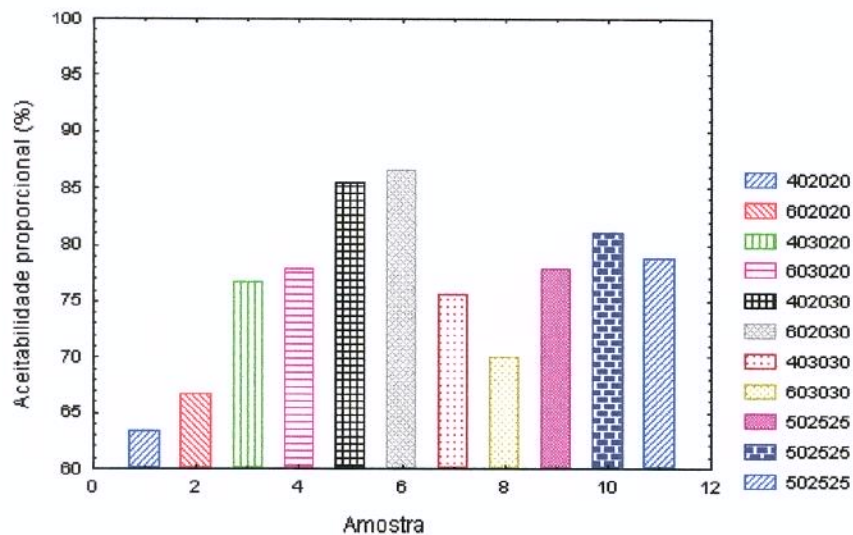


Figura 4.22 – Histograma de aceitabilidade das amostras em relação a cor

4.2.5 Planejamento experimental

Nas Tabelas 4.14 e 4.15 estão as definições dos níveis das variáveis codificadas e as nomenclaturas das respostas, respectivamente.

Tabela 4.14 - Definição dos níveis dos 3 fatores

Fatores	-1	0	+1
Temperatura – X1	40	50	60
Concentração de fumaça – X2	20	25	30
Tempo de imersão – X3	20	25	30

Tabela 4.15 – Nomenclatura das respostas

Respostas	Codificação
Sabor (%)	Y1
Cor (%)	Y2
Textura (%)	Y3
Difusividade efetiva ($10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$)	Y4

Os dados experimentais para quatro variáveis dependentes, sabor, cor, textura e difusividade efetiva, foram obtidos a partir de 11 combinações de três variáveis independentes, temperatura de secagem, concentração de fumaça e tempo de imersão, como mostrada na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 – Resultados de um planejamento fatorial 2^3 com três pontos centrais

	Real			Codificado			Respostas			
	X1	X2	X3	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4
1	40	20	20	-1	-1	-1	65,55	63,33	73,33	2,36
2	60	20	20	+1	-1	-1	83,33	66,67	83,33	3,91
3	40	30	20	-1	+1	-1	78,89	76,67	77,78	3,31
4	60	30	20	+1	+1	-1	94,44	77,78	86,67	4,96
5	40	20	30	-1	-1	+1	77,78	85,56	74,44	3,03
6	60	20	30	+1	-1	+1	94,44	86,67	92,22	4,50
7	40	30	30	-1	+1	+1	78,89	75,56	83,33	3,76
8	60	30	30	+1	+1	+1	86,67	70,00	93,33	5,79
9	50	25	25	0	0	0	76,67	77,78	88,89	3,79
10	50	25	25	0	0	0	76,67	81,11	86,67	4,16
11	50	25	25	0	0	0	80,00	78,89	86,67	4,44

Foi realizada uma comparação entre o planejamento real e o codificado e verificou-se não haver diferença entre ambos, com relação aos fatores significativos, então optou-se trabalhar com o planejamento codificado.

Na Tabela 4.17 mostra a estimativa dos efeitos para Y1.

Tabela 4.17 – Estimativa dos efeitos para o sabor (Y1)

Fator	Efeito	Erro padrão	T(2)	p
Média	81,2118*	0,5798*	140,0980*	0,0000*
X1	14,4425*	1,3595*	10,6237*	0,0087*
X2	4,4475	1,3595	3,2715	0,0820
X3	3,8925	1,3595	2,8633	0,1034

Os resultados da Tabela 4.17 mostram que a aceitabilidade quanto ao sabor é influenciada apenas pela média e a variável temperatura (X1), de forma significativa a um nível de 95% de confiança.

Os coeficientes de regressão obtidos para a resposta Y1 são apresentados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 – Coeficiente de regressão para a resposta sabor (Y1)

Fator	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	p
Média	81,2118*	0,5797*	140,0980*	0,0000*
X1(L)	7,2213*	0,6797*	10,6237*	0,0087*
X2(L)	2,2237	0,6797	3,2715	0,0820
X3(L)	1,9462	0,6797	2,8633	0,1034
1L-2L	-1,3887	0,6797	-2,0431	0,1778
1L-3L	-1,1113	0,6797	-1,6348	0,2437
2L-3L	3,8888*	0,6797*	-5,7210*	0,0292*

Analisando os valores encontrados verifica-se que apenas a média, o termo linear X1, e a interação X2- X3 tem significância a um nível de 95%, sugerindo que um termo linear possa descrever satisfatoriamente a resposta. A equação está descrita abaixo.

$$Y1 = 81,2118 + 7,2213X1 + 3,8888X2X3$$

Retirando os termos não significativos e calculando a ANOVA obtém-se a Tabela 4.19.

Tabela 4.19 – Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos

Fatores	Soma	Grau de	Média	Fcal	R ²
	Quadrática	Liberdade	Quadrática		
Regressão	538,1507	2	269,08	13,44	0,77
Resíduo	156,6737	8	19,58		
F. ajuste	149,2818	6			
E. puro	7,3926	2			
Total	694,8244	10			

$$F_{cal}=3,08 \quad F_{tab(0,05,2,8)}$$

A Tabela 4.19, mostra que o valor do Fcalculado é 3,08 vezes maior que o Ftabelado, admite-se um valor mínimo para essa relação de 3 a 4 vezes para se considerar o ajuste preditivo, mas como o resíduo está muito alto, cerca de 22, 5% de total, o modelo linear não descreve satisfatoriamente a resposta. Mas é possível fazer um gráfico de tendência para trabalhos futuros.

As figuras 4.23 e 4.24 mostram gráficos de tendência de superfície de resposta e curva de contorno, respectivamente para a resposta Y1.

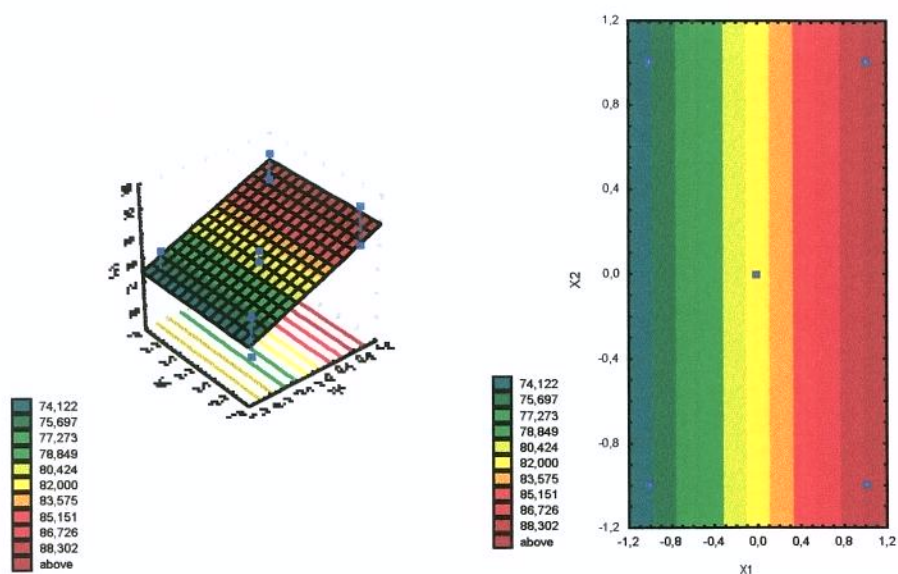


Figura 4.23 – Tendência de superfície de resposta e curva de contorno para a respostaY1 em relação à temperatura e concentração de fumaça.

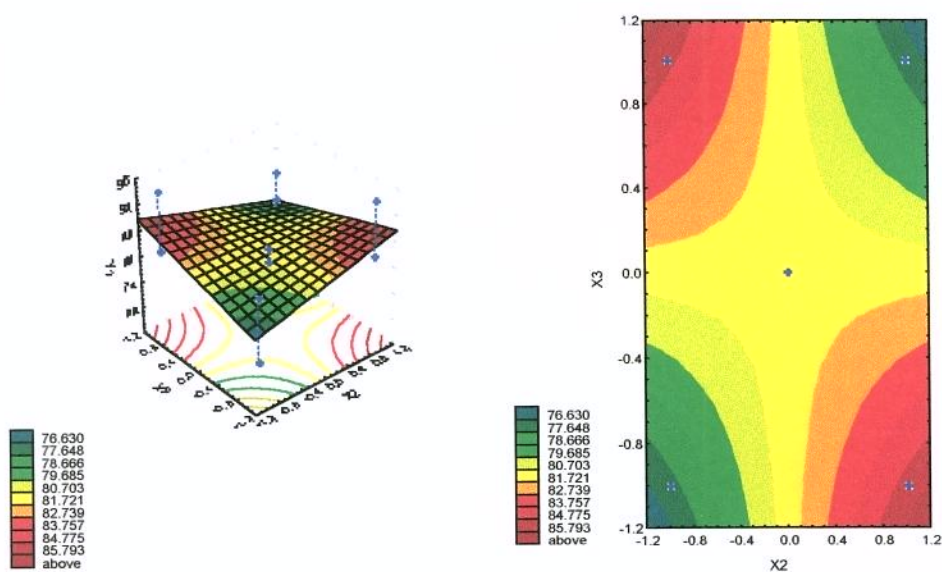


Figura 4.24 - Tendência de superfície de resposta e curva de contorno para a respostaY1 em relação à concentração de fumaça e tempo de imersão.

Para a resposta Y1 verificou-se que X1 e a interação X2-X3 são os únicos que tem significância sobre a mesma. Examinando as figuras 4.23 e 4.24, é possível verificar que, quanto maior a temperatura, menor a concentração e maior o tempo de imersão, melhor é a aceitação do produto quanto ao sabor, além de diminuir o custo do processo.

A tabela 4.20 está apresentando a estimativa dos efeitos para Y2.

Tabela 4.20– Estimativa dos efeitos para a cor (Y2)

Fator	Efeito	Erro padrão	t(2)	P
Média	76,3655*	0,5112*	149,3764*	0,0000*
X1	0,0000	1,1989	0,0000	1,0000
X2	-0.5500	1,1989	-0,0463	0,6889
X3	8,3350*	1,1989*	6,9520*	0,0205*

Os resultados da Tabela 4.20 mostram que a aceitabilidade quanto a cor é influenciada apenas pela média e a variável tempo de imersão (X3), de forma significativa a um nível de 95% de confiança.

Os coeficientes de regressão obtidos para a resposta Y2 são apresentados na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 – Coeficiente de regressão para a resposta cor (Y2)

Fator	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	P
Média	76,3655*	0,5112*	149,3764*	0,0000*
X1(L)	0,0000	0,5995	0,0000	1,0000
X2(L)	0,2775	0,5995	-0,4629	0,6889
X3(L)	4,1675*	0,5995*	6,9520*	0,0201*
1L-2L	-1,1125	0,5995	-1,8558	0,2046
1L-3L	-1,1125	0,5995	-1,8558	0,2046
2L-3L	-6,3900*	0,5995*	-10,6594*	0,0807*

Analisando os valores encontrados verifica-se que apenas a média, o termo linear X3, apresentam um nível de significância de 95% sobre a resposta. Foi considerada a interação X2-X3, porque apesar desta não ser significativa a 95% ela explica a resposta a um nível de 92% de confiança. A equação está descrita abaixo.

$$Y2 = 76,3655 + 4,1675X3 - 6,39X2X3$$

Na tabela 4.22 estão os dados da ANOVA, onde despreza-se os termos não significativos.

Tabela 4.22 – Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos

Fatores	Soma	Grau de	Média	Fcal	R ²
	Quadrática	Liberdade	Quadrática		
Regressão	465,6013	2	232,8007	29,47	0,88
Resíduo	63,1934	8	7,8992		
F. ajuste	57,4436	6			
E. puro	5,7498	2			
Total	528,7947	10			

$$F_{cal} = 6,60 \quad F_{tab(0,05,2,8)}$$

A Tabela 4.22, mostra que o valor do $F_{\text{calculado}}$ é 6,60 vezes maior que o F_{tabelado} , o que indica que o modelo além de ser significativo é preditivo. O valor do coeficiente de correlação é de 0,88 e o resíduo é cerca de 12% do total, que não é considerado um valor muito alto.

A figura 4.25 mostra a superfície de resposta e a curva de contorno, respectivamente, para a resposta Y_2 em função do tempo de imersão e concentração de fumaça.

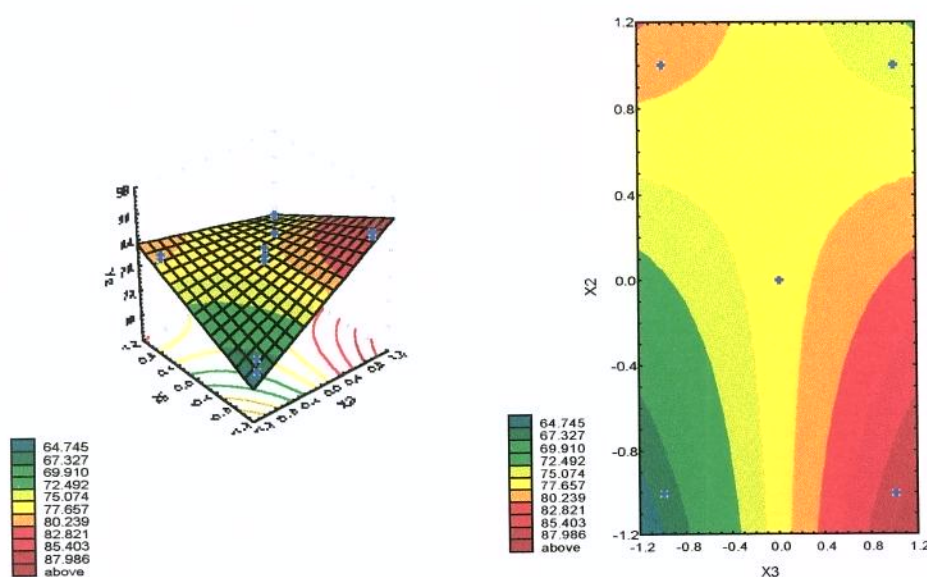


Figura 4.25 – Superfície de resposta e curva de contorno para Y_2 em função da concentração de fumaça e tempo de imersão

Para a resposta Y_2 , apenas o fator X_3 e a interação entre X_2 - X_3 tem influência sobre a mesma, então pode-se manter X_1 no nível mais baixo, visando reduzir o custo do processo sem reduzir a qualidade. Verifica-se, através da figura 4.16, que quanto menor for a concentração de fumaça e maior o tempo de imersão da fumaça, maior é a aceitação do produto em relação a cor.

Na Tabela 4.23 apresenta-se as estimativas dos efeitos para a resposta Y3

Tabela 4.23 – Estimativa dos efeitos para a textura (Y3)

Fator	Efeito	Erro padrão	t(2)	p
Média	84,2718*	0,3865*	217,9876*	0,0000*
X1	11,6675*	0,9063*	12,8736*	0,0060*
X2	4,4475*	0,9063*	4,9073*	0,0391*
X3	5,5525*	0,9063*	6,1265*	0,0256*

Para a resposta de aceitabilidade quanto à textura (Y3), verificou-se que a média, e as variáveis X1, X2 e X3 apresentaram efeito significativo na resposta, a um nível de confiança de 95%.

Tabela 4.24 – Coeficiente de regressão para a resposta textura (Y3)

Fator	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	p
Média	84,2418*	0,3965*	217,9876*	0,0000*
X1(L)	5,8338*	0,4532*	12,8736*	0,0060*
X2(L)	2,2238*	0,4532*	4,9073*	0,0391*
X3(L)	2,7762*	0,4532*	6,1265*	0,0256*
1L-2L	-1,1113	0,4532	-2,4522	0,1337
1L-3L	1,1113	0,4532	2,4522	0,1357
2L-3L	0,2763	0,4532	0,6096	0,6041

Com base nos dados acima, a média, os termos lineares X1, X2, X3, tem significância a um nível de 95% de confiança. Assim sugere-se que um termo linear possa descrever satisfatoriamente a resposta, através da equação abaixo.

$$Y3 = 84,2718 + 5,8338X1 + 2,2238X2 + 2,7762X3$$

A tabela 4.25 mostra os valores da ANOVA para o ajuste do modelo linear desprezando os termos não significativos.

Tabela 4.25 – Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos

Fatores	Soma	Grau de	Média	Fcal	R²
	Quadrática	Liberdade	Quadrática		
Regressão	373,4822	3	124,4941	12,34	0,88
Resíduo	70,6194	7	10,0885		
F. ajuste	67,3338	5			
E. puro	3,2856	2			
Total	444,1016	10			

$$F_{\text{cal}}=2,83 \quad F_{\text{tab}(0,05,3,7)}$$

A Tabela 4.25, mostra que o valor do Fcalculado é 2,83 vezes maior que o Ftabelado, o que indica que o modelo não é preditivo, apesar do coeficiente de correlação de 0,88 ser considerado um valor bom, pois não houve um estudo do modelo quadrático, e o resíduo não apresentar um valor muito baixo em relação ao total.

As figuras 4.26, 4.27 e 4.28 mostram gráficos de tendências da superfície de resposta e a curva de contorno para a resposta Y3 em função da temperatura, concentração de fumaça e tempo de imersão.

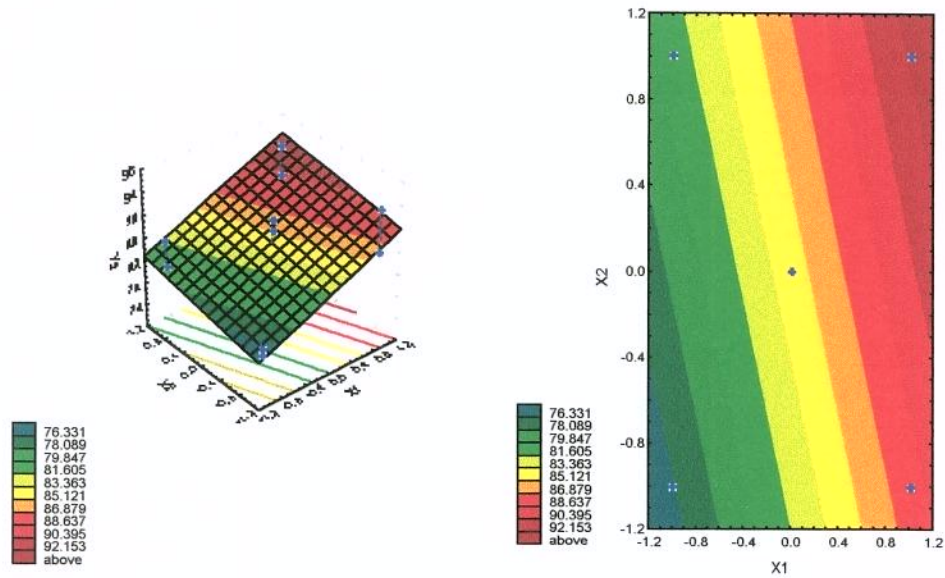


Figura 4.26 – Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para Y3 em função da temperatura e concentração de fumaça.

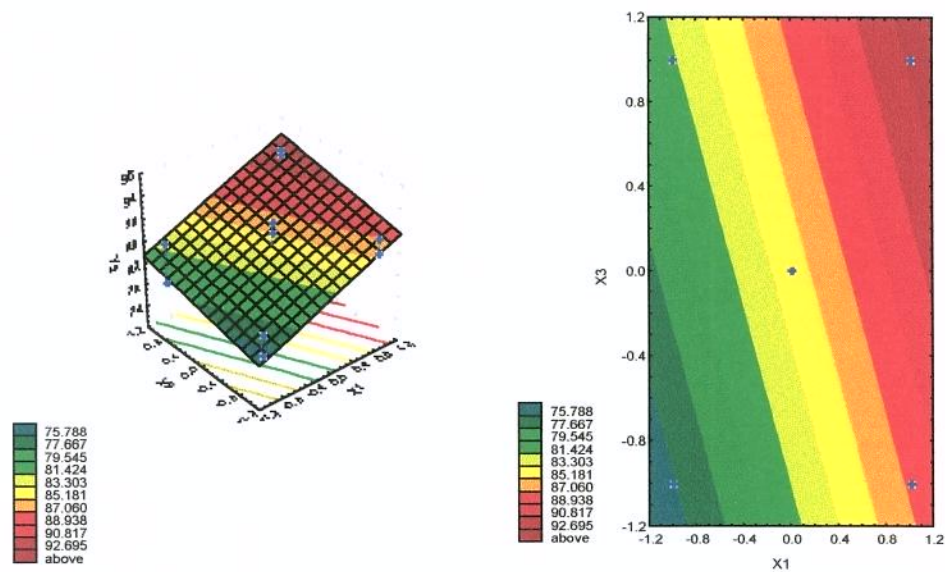


Figura 4.27 – Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para Y3 em função da temperatura e tempo de imersão.

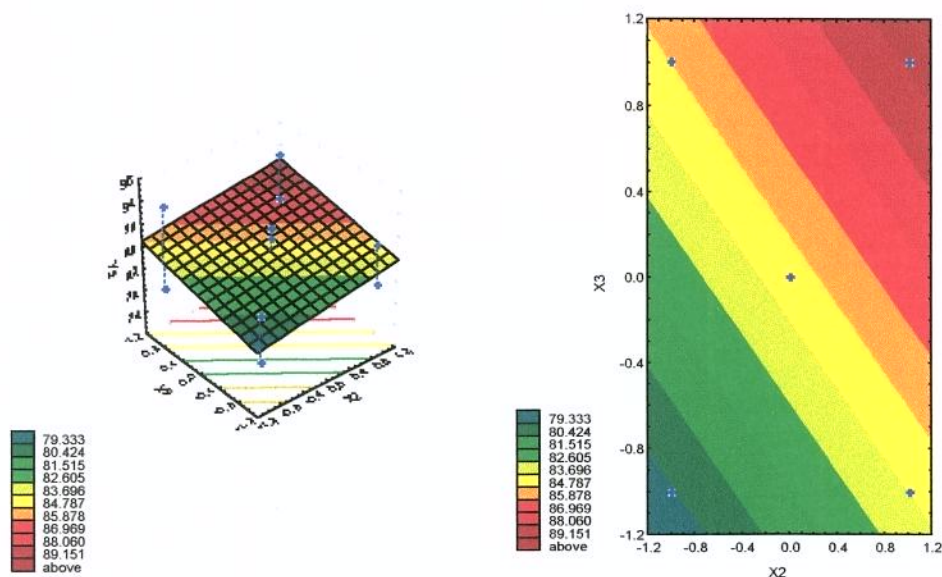


Figura 4.28 – Tendência da superfície de resposta e curva de contorno para Y3 em função da concentração de fumaça e tempo de imersão.

De acordo com as figuras acima, quanto maior a temperatura, concentração de fumaça e tempo de imersão, melhor é a aceitabilidade em relação a textura.

Na Tabela 4.26 apresenta-se as estimativas dos efeitos para a resposta Y4.

Tabela 4.26 – Estimativa dos efeitos para a Difusividade efetiva (Y4)

Fator	Efeito	Erro padrão	t(2)	P
Média	4,0009*	0,0983*	40,6995*	0,0006*
X1	1,6750*	0,2305*	7,2655*	0,0184*
X2	1,0050*	0,2305*	4,3593*	0,0488*
X3	0.6350	0,2305	2,7544	0,1104

Para a resposta de Difusividade efetiva (Y4), verificou-se que a média, e as variáveis X1 e X2 apresentaram efeito significativo na resposta, a um nível de 95% de confiança.

Tabela 4.27 – Coeficiente de regressão para a resposta difusividade efetiva (Y4)

Fator	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	P
Média	4,0009*	0,0983*	40,6994*	0,0006*
X1(L)	0,8375*	0,1153*	7,2655*	0,0184*
X2(L)	0,5025*	0,1153*	4,3593*	0,0488*
X3(L)	0,3175	0,1153	2,7544	0,1104
1L-2L	0,0825	0,1153	0,7157	0,5485
1L-3L	0,0375	0,1153	0,3253	0,7758
2L-3L	0,0025	0,1153	0,0217	0,9846

Com base nos dados acima, a média e os termos lineares X1 e X2, tem significância a um nível de 95% de confiança. Assim sugere-se que um termo linear possa descrever satisfatoriamente a resposta, através da equação abaixo.

$$Y4 = 4.0009 + 0,8375X1 + 0,5025X2$$

A tabela 4.28 mostra os valores da ANOVA para o ajuste do modelo linear desprezando os termos não significativos.

Tabela 4.28 – Análise de variância para o ajuste de um modelo linear desprezando os termos não significativos

Fatores	Soma	Grau de	Média	F	R²
	Quadrática	Liberdade	Quadrática		
Regressão	7,6329	2	3,8164	25,87	0,88
Resíduo	1,18	8	0,1475		
F. ajuste	0,9674	6			
E. puro	0,2126	2			
Total	8,8129	10			

$$F_{\text{cal}} = 5,80 F_{\text{tab}(0,05,2,8)}$$

A Tabela 4.28 mostra que o valor do resíduo não é alto em relação ao total, o coeficiente de correlação de 0,88 é considerado um valor bom e o valor do $F_{\text{calculado}}$ é 5,80 vezes maior que o F_{tabelado} , o que indica que o modelo além de ser significativo é preditivo

A figuras 4.29, mostra a superfície de resposta e a curva de contorno para a resposta Y4 em função da temperatura e concentração de fumaça.

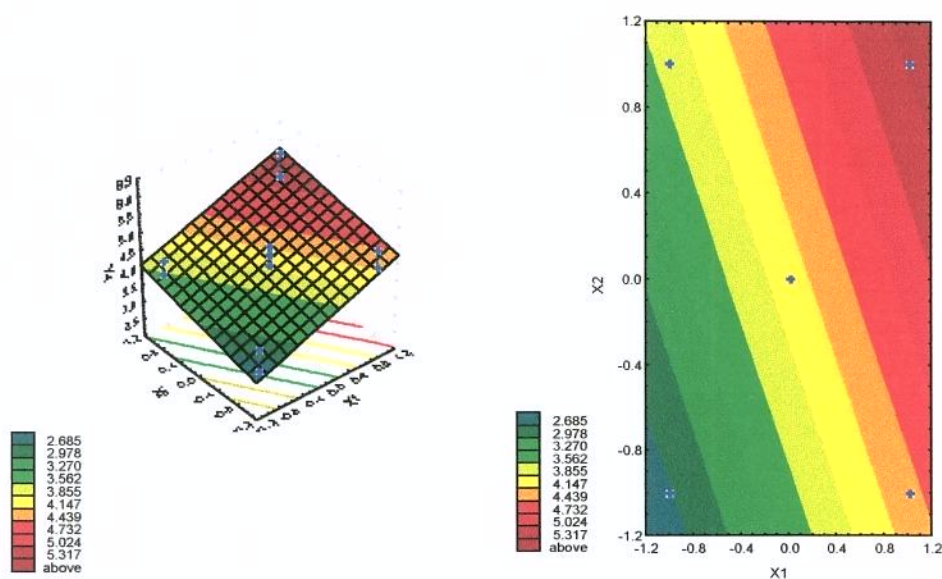


Figura 4.29 – Superfície de resposta e curva de contorno para Y4 em função da temperatura e concentração de fumaça.

Apenas a temperatura e concentração de fumaça tem influência sobre a resposta Y4, então, quanto maior for a temperatura de secagem e a concentração de fumaça, maior será a difusividade efetiva e mais seca estará a amostra, independente do tempo de imersão da fumaça que poderá estar num nível mais baixo.

5 CONCLUSÃO

Da análise microbiológica da matrinchã “in natura” constatou que a matéria-prima estava dentro dos padrões exigidos pela Legislação Brasileira, portanto apta para o processamento e/ou consumo.

O peixe “in natura” apresentou 1025g de peso, 41,07cm de comprimento, 11,69 cm de largura e 6,69 cm de espessura.

A caracterização química do peixe “in natura” apresentou 69,96 % de umidade, 9,91% de lipídio, 17,80% de proteína e 0,71% de cinzas. Através dos valores de proteína e lipídio, o peixe foi classificado de categoria B.

O melhor período de salga, em uma solução de 21% , para conferir 4% p/p no produto final foi de 3 minutos.

O peixe seco e defumado manteve a qualidade microbiológica da matéria-prima, demonstrando a eficiência do cuidado na higiene durante todo o processamento.

A composição química do produto final foi de 51,78% de umidade, 16,19% de lipídio, 27,57% de proteína e 3,7% de cinzas.

A umidade de equilíbrio em base seca para as temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C foi de 0,0143; 0,0112 e 0,002 (g_{água}/g_{sólido seco}), respectivamente.

O resultado da regressão não linear do Modelo de Fick, considerando 4 termos da série, apesar do coeficiente de correlação estar muito próximo da unidade, não foi muito bom, devido aos erros médios relativos estarem altos.

O modelo de Page apresentou melhor ajuste em relação ao modelo difusional.

Com relação a análise sensorial, a menor aceitabilidade das amostras, em relação ao odor, sabor, textura e cor foi de 67,78%; 65,56%; 73,33% e 63,33%, respectivamente. A melhor aceitabilidade das amostras em relação ao odor, sabor, textura e cor foi de 82,22%; 94,44%; 86,67% e 93,33%.

Através do planejamento experimental, em relação ao sabor, verificou-se que quanto maior a temperatura, menor a concentração e maior o tempo de imersão, maior é a aceitação do produto.

Para a resposta cor, verificou-se que quanto menor a concentração de fumaça e maior o tempo de imersão, maior é a aceitação do produto.

Em relação a textura, quanto maior a temperatura, concentração de fumaça e tempo de imersão, maior é a aceitabilidade.

Para a difusividade efetiva, quanto maior for a temperatura e a concentração de fumaça, maior será a difusividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADICON. **Boletim Técnico de Pescado Defumado**. São Paulo: ADICON Ind. e Com. de Aditivos Ltda, 1994. 7p.

ADICON. **Aditivos: usos e processos de fabricação**. São Paulo: ADICON Ind. e Com. de Aditivos Ltda, 1998.

ANTUNES, S. A.; MENDONÇA, J. O. J. CANTELMO, O. A.; CECCARELLI, S.; RIBEIRO, M. A. R. Composição química dos filés e proporções do matrinhã (*Brycon cephalus*) Gunther, 1869 (Teleostei Characidae), alimentado com proteína de origem animal e vegetal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8., Piracicaba. **Resumos**. São Paulo, 1994. p.194.

AOAC. **Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: USA, 1995.v. 2. 16 ed. p. 1-30.

ARUANÃ. Peixes do Brasil: Matrinhã_ **ARUANÃ**, s. n. t.

BARRETO, G. Defumação: origem e composição da fumaça. **Boletim de Conexão Industrial do Centro de Tecnologia de Carne do ITAL - CTC Tecnocarnes**, Campinas, v.3, n.1, 1994

BELLO, R. A.; RIVAS,W.G. **Evaluacion y aprovechamiento de la cachama (*Colossoma macropomum*) cultivada como fuente de alimento**. Mexico, D.F.: FAO, Proyecto Aquila II, 1992. 113p. (documento de campo, n. 2).

BERAQUET, N. J.; MORI, E. E. H. Influência de diferentes métodos de defumação na aceitabilidade da cavalinha, (*Scomber japonicus Houtt*). **Col. ITAL**. Campinas, v. 14: p. 1-24, 1984.

- BERTULLO, V. H. **Tecnología de los Productos y subproductos de pescados, moluscos y crustáceos**. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur, 1975. 537p.
- BRENNAN, J. G.; WANG, N. A mathematical model of simultaneous heat and moisture transfer during drying of potato. **Journal of Food Engineering**, v. 24, p. 47-60, 1980.
- CHABALIN, E.; MENDONÇA, J. O. J. Comercialização experimental do matrinhã (*Brycon c.f. cephalus*) (Pisces, Characidae) no mercado de Pirassununga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO AQUICULTURA, Piracicaba. **Resumos**. São Paulo, 1994. p.127.
- CHEN, H. C.; CHEN, C. S. Effects of dehydration on volume contraction in mushrooms. **J. Agric. Eng. Res.**, 19:97-9, 1974.
- CHIRIFE, J. **Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods**. Advances in Drying, 73-102, 1983.
- CORREA, M.A.V. **Crescimento do Matrinhã (*Brycon cephalus*) (Gunther, 1969) (Teleostei, Characidae) no baixo Rio Negro, seus afluentes e no baixo Rio Solimões**. Manaus, 1987. 123 p. Dissertação (Mestrado), Fundação Universidade de Manaus
- CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion** Oxford: Claredon Press , 1975. 2 ed, 414p.
- CUTTING, C. L. In: BORGSTROM, G. **Fish as Food: Smoking**. New York: Academic Press, 1965. v.3, p.55-105.

- DAUDIN, J. D. Calcles des cinétiques de séchage par l'air chaud des. **Sci. Aliments**, 3 (1): 1-36, 1983.
- DENG, J.; TOLEDO, R. T.; LILLARD, D. A. Effect of smoking temperatures on acceptability and storage stability of smoked spanish mackerel. **Journal of Food Science**. v. 39, 1974.
- FAO. **Fisheries Statistic Yearbook –1991**, Rome, 73:100, 104, 206,1993
- FERREIRA,E. J. G.; **A ictiofauna do rio Trombetas na área de influência da futura hidroelétrica de Cachoeira da Porteira, Pará**. Manaus,1992. 127 p. Tese (doutorado) –INPA,FUA.
- FORTES, M; OKOS, M. R. Drying Theories: the bases and limitations as applied to food and grain. In: ARUM S. MUJUNDAR ADVANCES IN DRYING, Washington: ed. Hemisphere Publishing Corporation, 1980. v.1, p. 119-154.
- FOSTER, W. W.; SIMPSON, T. H.;CHAMBELL, D. Studies of the smoking process for foods: II the role of smoke particle. **Journal of Science of Food and Agriculture**. v.12, n.19, p. 41-50, 1961.
- GELLI, D. S. Análise microbiológica de pescado marinho. In: Seminário sobre controle de qualidade na Indústria de pescado. São Paulo: Edições Loyola, p.40-58, 1988.
- GEROMEL, E.J; FORSTER, R. J. **Princípios fundamentais em Tecnologia de pescados**. cap 1. São Paulo: Secretaria da indústria, comércio, ciência e tecnologia, p. 1-9,1982 b.
- GILBERT, J.; KMOWLES, M. E. The chemistry of smoked foods: a review. **Journal of Food Technology**. v. 10, p. 245-256, 1975.

- GONÇALVES, A. A. **Estudo do processamento da anchova *Pomatomus saltatrix* (Pices: Pomatomidae) utilizando aroma natural de fumaça.** Rio Grande, 1998. 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Química, Fundação Universidade de Rio Grande.
- GORBATOV, V. M.; KRYLOVA, N. N.; VOLOVONSKAYA, V. P.; LYASKOVSKAYA, Y. N.; BAZAROVA, K. I.; KHLAMOVA, R. I.; YAKOVLEVA, G. Y. Liquid smokes for use in cured meats. **Food Technology**, v. 25, n.71, p.71-77, 1971
- GOUDING, M. The fruit and seed- eating large characing . In: _____. **The fishes and the forest** : exploration in Amazonian natural history. Berkeley: University of California Press, 1980. cap. 4, p 55-100.
- GRAIKOSKI, J. T. **Microbiology of cured and fermented fish.** In: CHICHESTER, C. O.; GRAHAN, H. D. USA: Ed. Microbal Safety of Fishery Products, Academic Press, New York, p. 97-112, 1973.
- GUNTHER, A. **Descriptions of some species of fish from the Peruvian Amazons.** Proc. Zool. Soc. Lond, 1869, 423p.
- GUSTAFSON, R. J.; HALL, G. E. **Equilibrium moisture content of shelled corn from 50 to 155 F.** Trans. ASAE, 17 (1): 120-124, 1974
- HANN, R. A. Drying of Yellow- poplar at temperatures aboves 100°C. **For Prod. J.**, v.6, p.215-220, 1964.
- JASON, A. C. **A study of evaporation and diffusion process in the drying of fish muscle:** Fundamentals Aspects of the dehydration of foodstuffs. The Society of Chemical Industry, New York, 1958.

JESUS, R. S.; CASTELO, F. P. Produção e comercialização e abastecimento de pescado no Estado do Amazonas. In: CONGRESSO BRAS. DE ENG. PESCA, 6, 1989, Teresina. **Anais**. 1991. p.221-238.

KARUNASAGAR,I; VENUGOPAL,M.N.; SEGAR. K. Survival of *Vibrio parahaemolyticus* in cold smoked fish. **Antonie Van lecrewenhoek**, v. 52, n.2, p. 145-152, 1986.

KECHAOU, N; ROQUES, M. A variable diffusivity model for drying of highly deformable materials. In: **DRYING'89**, 1989, New York: ed. Arum S. Mujundar and Michel A., Hemisphere Publishing Company, 1989. P.332-338.

LABUZA, T. P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, 22 (3): 263-272, 1968.

LEITÃO, M. F. F. Microbiologia e deterioração do pescado fresco e refrigerado de origem fluvial ou marinha. In: SIMPÓSIO SOBRE CONTROLE DE QUALIDADE MICROBIOLÓGICO, QUÍMICO, FÍSICO E ORGANOLÉPTICO DE PESCADO E DERIVADO. Santos: ITAL, p. 11-26, 1994.

LESSI, E. Tecnologia do pescado salgado. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE SALGA E DEFUMAÇÃO DE PESCADO, Campinas, p. 14-17, 1995.

LEWIS, W. K. The rate of drying of solids materials. **The Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 13, n.5, p. 427-432, 1921.

LY, Y.; MOREY, R. V. Thin-layer drying rates and quality of cultivated american guiseng. **Transactions of the ASAE**, v.30, n. 3, p. 842-847, 1988.

- LORENTZEN, G.; HOESKOLE, N. T. **Refrigeração de pescado**. Santos, 1972. 135p.
- LUCCAS, V. **Obtenção de fatias de banana desidratada crocantes através da pré-secagem a altas temperaturas e curto tempo em leito fluidizado**. Campinas, 1996. 104p. Dissertação (Mestrado em Eng. Química) - Faculdade de Eng. Química, Universidade Estadual de Campinas.
- MC CORMICK, P.Y. Solids drying fundamentals. In: PERRY, R. H. AND CHILTON, C. H. **Chemical engineer's handbook**. Mc Graw-Hill Co. 1983. 5ed. sec. 20-4.
- MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A. Componentes minerais em peixes de água doce criados em cativeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE SALGA E DEFUMAÇÃO DE PESCADO. Campinas, 1995. p. 10-13.
- MARTIN, A. A. **Fisheries Processing**. Biotechnological applications, s.l., 1994.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 451 de 19 set. 1997. **Documento**, Brasília.
- MORAIS, C.; ESPÍDOLA FILHO, A. Princípio de Defumação de Pescado. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE SALGA E DEFUMAÇÃO, Campinas, 1995. P. 168-177.
- MOYNE, C.; DEGIOVANNI, A. Importance of gas phase momentum equation in drying above the boiling point of water. In: DRYING'85, 1985, Washington D.C.: ed. Arum S. Mujundar and Michel A. Roques, Hemisphere Publishing Company, p. 109-115.
- MULET, A. Drying Modelling and Water Diffusivity in Carrots and Potatoes. **Journal of Food Engineering**. v. 22, p. 329-348, 1994.

- NICOLAIDES, L.; FUNCHS, R. S. The microbiological quality of cold smoked fish from St. Helena. **Tropical Science**, v. 35, n.3, p. 290-293, 1995
- NOGUEIRA, R. I. **Processo de secagem de banana (*Musa acuminiata* subgrupo *cavendish* cultivar *nanica*)**: parâmetros de obtenção de banana-passa. Campinas, 1991, 158p. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola) - Faculdade de Eng. Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- NOMURA, H. **Dicionário dos peixes do Brasil**. s.l. Editerra Editorial, 1984.
- PARDI, M. C.; SANTOS, J. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, A. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia. Ed. UFG, 1994. v. 2.
- PARK, K. J. **Estudo comparativo de coeficiente de difusão sem e com encolhimento durante a secagem**. Campinas, 1987. 54p. Tese (Livre docência) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- _____. Diffusional model with and without shrinkage during salted fish muscle drying. **Drying Technology**. 16 (3-5), p. 889-905, 1998.
- PATHAK, P.K.; AGRAWAL, Y.; SINGH, B. P. Thin-layer drying model for rapeseed. **Transations of the ASAE**, v.34, n.6, p. 2505-2508, 1991.
- 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.
- PERRY'S. **Chemical Engineers' Handbook**. 6 ed. New York: Mc Graw –Hill, 1984 (várias paginações).

PINHEIRO, C. R. Avaliação física, química e sensorial do pescado. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE SALGA E DEFUMAÇÃO DE PESCADO, Campinas, 1995, p.149-158.

PINTO, L. A. A.; PENEIREIRO, J. B.; TOBINAGA, S. Difusão líquida na secagem de músculo de peixe. In: XX ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, São Carlos. **Anais**. São Paulo: UFSCAR 1992a, v. II. p. 555-562.

_____; _____. Nota sobre a secagem de músculo de peixe em camada fina: efeitos da resistência externa. In: XX ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, São Carlos. **Anais**. São Paulo: UFSCAR, 1992b, v. II. p. 563-579.

PINTO, L. A. A.; TOBINAGA, S. Difusividade efetiva de umidade na secagem de músculo de peixe. In: XXI ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, Ouro Preto. **Anais**. Minas Gerais: UFMG, 1993, v. II. p. 466-476.

PINTO, L. A. A. **Secagem de materiais fibrosos: músculo de peixe**. São Carlos, 1992. 104 p. Tese (Dissertação em Engenharia Química)– Universidade Federal de São Carlos.

PINTO, L. A. A. **Cinética da secagem de filés de peixe: uso de um modelo difusivo com variação de volume**. São Carlos, 1996. 154 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos.

PRADO FILHO, A. Defumação: um valor a mais para os peixes. **Panorama da aquicultura**. v. 2, n.10 março, abril. 1984.

RAMACHANDRAN, A. TERUSHIGE, M. Smoked salmon processing in Japan – a new approach. **Infofish Internacional**. v. 4, 1994. P. 12-47.

- REVISTA NACIONAL DA CARNE. Defumação de Embutidos: processos e equipamentos. **Revista Nacional da Carne**. n. 225, nov, 1995
- RIBEIRO, M. A. R.; ANTUNES, S. A. MENDONÇA, J. O. J.; CANTELMO, O. A.; CECCARELLI, P. S. Composição química das carnes claras e escuras dos filés de matrinhã (*Brycon cephalus Gunther*), 1869. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8., Piracicaba. **Resumos**. São Paulo, 1994.
- RODRIGUES, A. M. C. **Secagem e defumação de peixe de água doce**. Campinas, 1996. 98p. Tese (Mestrado em Eng. De Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- RODRIGUES, F. A. Como o processo de defumação pode ser simplificado. **Revista nacional da Carne**. n. 255, mai 1998 p. 78-79.
- SANCHES, L. **Pescado: matéria-prima e processamento**. Fundação Cargil, Campinas, 1989, 61p.
- SANTOS, E. **Peixes de água doce: vida e costume dos peixes do Brasil**. Rio de Janeiro, F. Briquet & CIA, 1954.
- SARAVACOS, G.; ROUZEOS, G. S. Diffusivity of moisture in air-drying of starch gels. In: **ENGINEERING AND FOOD**, 1984, London and New York: ed. Brian M. McKenna, Elsevier Applied Science Publishes, , v. 1, p. 493-507.
- _____; DOUZAS, A.; MAROUSIS, S.; KOSTAROPOULUS, A. Effective thermal and moisture diffusivities of granular starches. In: **DRYING'89**, 1989, New York: ed. Arum S. Mujundar and Michel A. Roques, Hemisphere Publishing Company, 314-319.

- SCHINDLER, J. Fumaça Líquida natural. **Revista Nacional da Carne**. n. 232, jun. 1996, p. 36-42.
- SCHINDLER, J. Processo de defumação com um toque diferente. **Revista Nacional da Carne**. n. 241, mar. 1997, p. 60-68.
- SHERWOOD, T. K. **The drying of solids II**. Industrial and Engineering Chemistry, v. 21, n. 10, p. 12-16/976-980, 1929.
- STRUMILLO, C.; KRUDA, T. **Drying: principles, applications and design**. Gordon and Beach, NY, 1986.
- SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. CHIRIFE, J. Diffusional analysis of air drying of grain sorghum. **Journal of Food Technology**, v. 15, p. 523-531, 1980.
- SUBASINGHE, S. Smoking and drying – New Technology for olde worlde products. **Infofish International**, v. 3, 1993.
- TREYBAL, R. E. **Mass transfer operations: Drying**. New York: McGraw Hill, 1968. P. 569-575.
- TEIXEIRA, M. B. F. **Secagem de manta de lula (*Loligo brasiliensis*)**. Campinas, 1995. 78p. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- TOBINAGA, S.; PINTO, L. A. A. **Tópicos especiais em secagem: secagem de materiais fibrosos: músculo de peixe**. São Carlos: J. T. FREIRE e D. J. SARTORI, v. 1, p. 211-251. UFSCAR, 1992.

- VACAREZZA, L. M; LOMBERDI, J. L. CHIRIFE, J. Heat Transfer effects on drying rate of dehydration. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v. 52, October, 1974.
- VAGENAS, G. K.; MARINOUS-KOURIS, D. Drying Kinetics of apricots. **Drying Technology**. 9 (3), p. 735-752, 1991.
- YAMADA, E. A. ; GALVÃO, M. T. E. L. Defumação e Cozimento. **Boletim de Conexão Industrial do Centro de Tecnologia de Carne do ITAL – CTC Tecnocarnes**, v.1, n.4,1991.
- ZANIBONI FILHO, E. **Biologia da reprodução do matrinhã, (*Brycon cephalus*)**. Manaus, 1985. 134p. Dissertação (Mestrado em Biologia) - INPA.
- _____; CARVALHO, J. L.; VILLACORTA-CORREA, M. A. M. et al. Caracterização morfológica do matrinhã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). (Teleostei, Characidae). *Revista Brasileira de Biologia.*, v. 48, n.1, p. 41-50, 1988.

ANEXOS

DADOS EXPERIMENTAIS DE SECAGEM

Para temperatura de 40°C

402020		402030		403020		403030	
Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$
0	1,000	0	1,000	0	1,000	0	1,000
1	0,865	1	0,875	1	0,862	1	0,925
2	0,748	2	0,728	2	0,773	2	0,707
3	0,673	3	0,631	3	0,615	3	0,589
4	0,618	4	0,556	4	0,494	4	0,510
5	0,572	5	0,495	5	0,419	5	0,446
6	0,526	6	0,445	6	0,355	6	0,394
7	0,490	7	0,399	8	0,306	7	0,349
9	0,385	8	0,338	10	0,241	8	0,302
11	0,315	9	0,296	12	0,190	9	0,264
13	0,258	11	0,227	14	0,149	10	0,236
15	0,211	13	0,175	16	0,117	11	0,210
17	0,173	15	0,134	18	0,092	12	0,186
19	0,142	17	0,103	20	0,073	13	0,165
21	0,116	19	0,079	22	0,057	14	0,149
23	0,095	21	0,061	24	0,045	19	0,081
25	0,078	23	0,047	26	0,035	21	0,064
27	0,064	25	0,036	28	0,028	23	0,052
29	0,052	27	0,028	30	0,022	25	0,023
31	0,043	29	0,021	32	0,017	37	0,002
33	0,035	31	0,016	34	0,014		
35	0,029	33	0,012	36	0,011		
37	0,023	41	0,004				
39	0,019	43	0,003				
41	0,016	45	0,003				
51	0,006	47	0,002				
53	0,005						
55	0,004						
57	0,003						
59	0,003						

Para temperatura de 50°C

502525		502525		502525	
Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$
0	1,000	0	1,000	0	1,000
0,4	0,879	0,4	0,928	0,4	0,979
1,4	0,700	1,4	0,665	1,4	0,619
2,4	0,611	2,4	0,550	2,4	0,491
3,4	0,542	3,4	0,463	3,4	0,396
4,4	0,479	4,4	0,391	4,4	0,326
5,4	0,416	5,4	0,334	5,4	0,264
6,4	0,393	6,4	0,289	6,4	0,218
7,4	0,317	7,4	0,223	7,4	0,182
8,4	0,275	8,4	0,184	8,4	0,146
9,4	0,238	9,4	0,151	9,4	0,116
10,4	0,207	10,4	0,125	10,4	0,093
12,4	0,155	12,4	0,085	12,4	0,059
14,4	0,117	14,4	0,057	14,4	0,038
16,4	0,088	16,4	0,039	16,4	0,024
18,4	0,066	18,4	0,026	18,4	0,016
20,4	0,049	20,4	0,018	20,4	0,010
22,4	0,037	22,4	0,012	22,4	0,006
24,4	0,028	24,4	0,008	24,4	0,004
26,4	0,021	26,4	0,006	26,4	0,003
28,4	0,016	28,4	0,004	28,4	0,002
30,4	0,012	30,4	0,003	30,4	0,001
32,4	0,009	32,4	0,002		
34,4	0,007				
36,4	0,005				
38,4	0,004				
40,4	0,003				
42,4	0,002				

Para temperatura de 60°C

602020		602030		603020		603030	
Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$	Tempo (h)	$\left(\frac{\bar{X} - X_e}{X - X_e}\right)$
0	1,000	0	1,000	0	1,000	0	1,000
0,5	0,938	0,5	0,880	0,5	0,914	0,5	0,897
1,5	0,710	1,5	0,684	1,5	0,669	1,5	0,619
2,5	0,578	2,5	0,570	2,5	0,551	2,5	0,489
3,5	0,506	3,5	0,476	3,5	0,457	3,5	0,399
4,5	0,425	4,5	0,413	4,5	0,377	4,5	0,324
5,5	0,369	5,5	0,352	5,5	0,314	5,5	0,272
6,5	0,317	6,5	0,280	6,5	0,245	6,5	0,200
7,5	0,274	7,5	0,232	7,5	0,198	7,5	0,158
8,5	0,235	8,5	0,192	8,5	0,161	8,5	0,124
9,5	0,201	9,5	0,159	9,5	0,130	9,5	0,098
10,5	0,174	10,5	0,132	10,5	0,105	10,5	0,077
11,5	0,151	12,5	0,091	12,5	0,069	12,5	0,047
12,5	0,128	14,5	0,062	14,5	0,045	14,5	0,029
16,5	0,105	16,5	0,043	16,5	0,029	16,5	0,018
19,5	0,071	18,5	0,029	18,5	0,019	18,5	0,011
20,5	0,057	20,5	0,020	20,5	0,013	20,5	0,007
21,5	0,046	22,5	0,014	22,5	0,008	22,5	0,004
22,5	0,040	24,5	0,009	24,5	0,005	24,5	0,003
23,5	0,034	26,5	0,007	26,5	0,004	26,5	0,002
24,5	0,028						
25,5	0,025						
26,5	0,022						
27,5	0,019						
28,5	0,017						
29,5	0,012						
30,5	0,007						

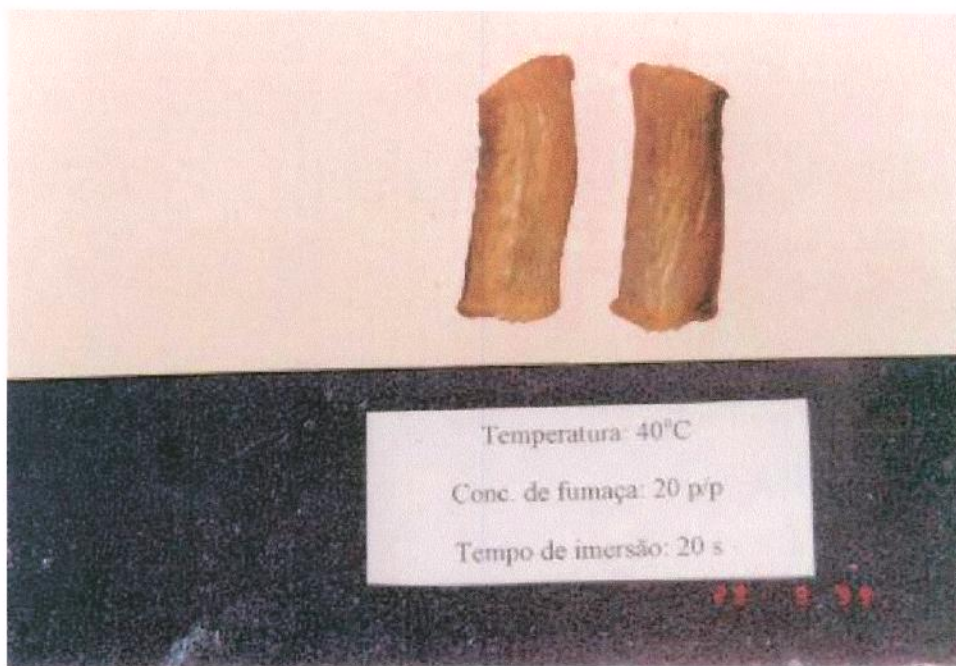


Figura 1A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 40°C com concentração de fumaça de 20p/p e tempo de imersão de 20 segundos.



Figura 2A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 40°C com concentração de fumaça de 20p/p e tempo de imersão de 30 segundos.



Figura 3A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 40°C com concentração de fumaça de 30p/p e tempo de imersão de 20 segundos.



Figura 4A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 40°C com concentração de fumaça de 30p/p e tempo de imersão de 30 segundos.



Figura 5A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 60°C com concentração de fumaça de 20p/p e tempo de imersão de 20 segundos.



Figura 6A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 60°C com concentração de fumaça de 20p/p e tempo de imersão de 30 segundos.

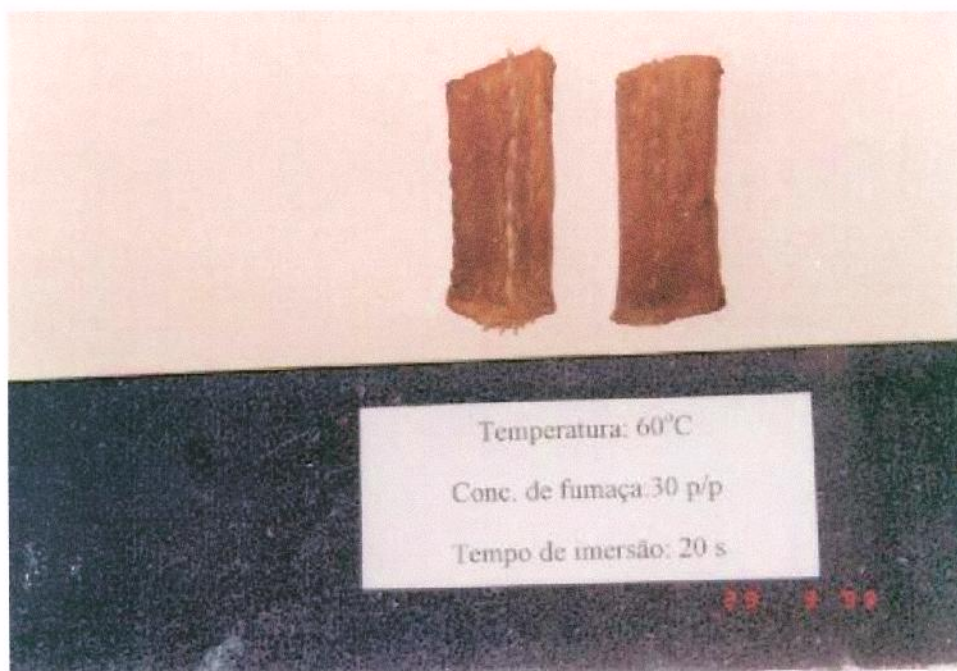


Figura 7A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 60°C com concentração de fumaça de 30p/p e tempo de imersão de 20 segundos.



Figura 8A – Filé de matrinhã seco na temperatura de 60°C com concentração de fumaça de 30p/p e tempo de imersão de 30 segundos.



Figura 9A – Filé de matrinchã seco na temperatura de 50°C com concentração de fumaça de 25p/p e tempo de imersão de 25 segundos.

ANÁLISE SENSORIAL (TESTE DE ACEITABILIDADE)

Quanto ao odor

Amostras	Provadores										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	7	5	6	7	7	8	8	8	9	4	69
2	8	6	6	7	7	8	9	8	8	7	74
3	8	6	6	7	2	8	8	8	9	8	70
4	6	7	5	7	3	6	8	8	8	7	65
5	8	4	6	8	3	9	8	6	7	6	65
6	7	8	6	7	8	8	8	8	7	7	74
7	8	6	6	8	7	8	7	7	8	4	69
8	8	7	5	8	7	5	8	7	9	8	72
9	8	5	6	6	7	7	6	4	8	4	61
10	7	8	6	7	8	7	8	8	6	8	73
11	8	9	6	7	7	8	7	7	7	7	73
Total	83	71	64	79	66	82	85	79	86	70	765

Quanto ao sabor

Amostras	Provadores										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	7	4	8	5	8	8	3	5	7	4	59
2	8	6	7	7	7	9	8	7	8	8	75
3	8	7	7	8	6	7	8	5	7	8	71
4	8	9	8	8	9	9	9	9	8	8	85
5	8	7	5	8	4	7	9	9	7	6	70
6	8	8	9	8	7	9	9	9	9	9	85
7	7	6	7	8	6	7	7	7	8	8	71
8	7	8	8	7	7	7	9	8	9	8	78
9	8	5	9	7	6	6	7	7	7	7	69
10	6	6	8	6	8	7	7	7	7	7	69
11	6	8	8	7	8	7	9	7	6	6	72
Total	81	74	84	79	76	83	85	80	83	79	804

Quanto à textura

Amostras	Provadores										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	7	6	8	7	7	6	6	6	8	5	66
2	6	8	8	8	9	6	8	8	6	8	75
3	8	7	7	8	7	7	6	8	6	6	70
4	8	9	6	7	9	8	8	8	8	7	78
5	7	6	8	8	5	7	6	7	6	7	67
6	8	8	7	8	9	9	9	9	8	8	83
7	8	7	7	7	7	9	8	7	8	7	75
8	9	7	9	9	7	8	8	9	9	9	84
9	9	9	9	8	5	9	8	7	8	8	80
10	7	7	8	7	8	7	8	8	9	9	78
11	8	8	8	7	8	8	8	7	8	8	78
Total	85	82	85	84	81	84	83	84	84	82	834

Quanto à cor

Amostras	Provadores										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	6	6	6	5	5	7	7	3	5	7	57
2	7	4	7	6	6	6	5	8	6	5	60
3	8	6	7	5	8	6	6	8	8	7	69
4	7	7	8	6	5	6	8	7	7	9	70
5	8	8	7	9	5	9	8	8	8	7	77
6	8	8	8	7	8	7	9	8	8	7	78
7	4	8	8	8	8	6	6	5	7	8	68
8	5	8	5	8	6	6	5	7	7	6	63
9	6	8	5	8	8	7	7	8	7	6	70
10	7	7	8	7	9	9	7	6	6	7	73
11	8	7	6	8	7	8	8	7	5	7	71
Total	74	77	75	77	75	77	76	75	74	76	756

CALIBRAÇÃO DE TERMOPARES

