



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISSERTAÇÃO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ARMAZENAMENTO E
PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DAS FARINHAS DE
MANDIOCA SECA (*Manihot esculenta* Crantz) E TEMPERADAS
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

CÂNDIDO JOSÉ FERREIRA NETO

Campina Grande - Paraíba
MARÇO - 2002

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DAS FARINHAS DE
MANDIOCA SECA (*Manihot Esculenta* Crantz) E TEMPERADAS
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

CO 11

CÂNDIDO JOSÉ FERREIRA NETO

**Dissertação apresentada ao curso de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal da Paraíba, como
parte dos requisitos necessários para a
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de
Produtos Agrícolas**

**Profª. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
(Orientadora)**

**Campina Grande – PB
MARÇO – 2002**

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA UFPB

F 383a Ferreira Neto, Cândido José
2002 Avaliação do comportamento das farinhas de mandioca
seca (*Manihot esculenta* Crantz) e temperadas durante o
armazenamento / Cândido José Ferreira Neto - Campina
Grande: UFPB, 2002.
111 p.

Inclui bibliografia
Dissertação (Mestrado). UFPB / CCT

1. Farinha – composição. 2. Armazenamento
I. Título

CDU: 664.641



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

CÂNDIDO JOSÉ FERREIRA NETO

Título: "Avaliação do Comportamento das Farinhas de Mandioca Seca (*Manihot esculenta* Crantz) e Temperadas durante o Armazenamento".

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Rossana M^a F. de Figueirêdo
Dra. Rossana Maria F. de Figueirêdo-Orientadora

Aprovada

Alexandre J M Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz-Examinador

APROVADA

Gabriel Francisco da Silva
Dr. Gabriel Francisco da Silva-Examinador

APROVADA

MARÇO - 2002

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela saúde.

A meus pais, Rubens Ferreira Dantas (in memorian) e Eliene Pereira Dantas, pela educação, formação moral, amor e incentivo aos estudos.

A Valmira Dantas, minha esposa, e a Filipe Dantas, meu filho, pelo incentivo, carinho e compreensão.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro.

À Prof^ª Dr^ª Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, por ter aceitado o desafio.

Aos professores da banca examinadora, por terem aceitado o convite.

Aos colegas alunos, professores e funcionários do mestrado, pela sincera amizade e companheirismo.

Ao amigo Robson Rogerio Pessoa Coelho, pela inestimável ajuda na organização e sugestões no trabalho.

Aos professores, Artur Andrade, José Tarsísio, Tereza Cabral e Jaime Araújo de Lima, pela preocupação e sugestões

Aos colegas de trabalho, pelo apoio e incentivo profissional.

À Colega Erika Medeiros, pela ajuda nas análises microbiológicas.

Aos demais colegas funcionários do Centro de Tecnologia.

Ao amigo Cloves Gouveia, companheiro de estudos e de jornadas.

Ao casal Holdermes e Mirian Chaves, pela acolhida e incentivo ao trabalho.

Ao casal amigo de todas as horas, Carlos Augusto e Lúcia Carmo, pelo incentivo e apoio moral.

Ao empresário Alberto Maia, que cedeu gentilmente as embalagens utilizadas neste trabalho.

A todos aqueles que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

2.3.2. Comportamento microbiano em função da atividade de água do alimento	34
2.4. Colorimetria	40
2.4.1. Métodos para medição da cor	42
2.5. Embalagem	44
2.5.1. Contaminação microbiana.....	48
2.5.2. Oxidação de lipídios.....	48
2.5.3. Alterações devido ao ganho de umidade	48
CAPÍTULO 3. MATERIAL E MÉTODO	51
3.1. Matéria prima	51
3.2. Formulações	52
3.3. Processamento das amostras de farinhas temperadas	53
3.4. Caracterização físico-química e química	56
3.4.1. Acidez alcoólica	56
3.4.2. Açúcares redutores, não redutores e totais	56
3.4.3. Resíduo mineral fixo ou cinzas	57
3.4.4. Umidade	57
3.4.5. Amido	57
3.4.6. Proteína total	57
3.4.7. Lipídios totais	57
3.4.8. Fibra bruta	58
3.4.9. Atividade de água	58
3.5. Caracterização física	58
3.5.1. Granulometria	58
3.6. Análises microscópicas	59
3.7. Caracterização microbiológica	60
3.8. Análise sensorial	60
3.9 Análise instrumental da cor	62
3.10. Análise estatística	62

CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1. Caracterização química, físico-química e microbiológica	63
4.2. Estudo do comportamento das farinhas de mandioca seca e temperadas durante o armazenamento	65
4.2.1. Controle microbiológico	65
4.2.2. Umidade	69
4.2.3. Cinzas	72
4.2.4. Acidez alcoólica	74
4.2.5. Amido	75
4.2.6. Fibra bruta	77
4.2.7. Proteína total	78
4.2.8. Açúcares redutores	80
4.2.9. Açúcares não redutores	82
4.2.10. Açúcares totais	83
4.2.11. Atividade de água a 25 ⁰ C	84
4.2.12. Atividade de água a 30 ⁰ C	86
4.2.13. Atividade de água a 35 ⁰ C	88
4.2.14. Lipídio total	89
4.3. Análise microscópica	91
4.4. Análise sensorial	91
4.4.1. Aroma	91
4.4.2. Aparência	92
4.4.3. Cor	93
4.4.4. Sabor	94
4.5. Análise granulométrica	95
4.6. Análise instrumental da cor	96
 CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES	 99
 CAPÍTULO 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Classificação taxonômica da mandioca	5
Tabela 2.2. Composição de raízes e folhas de mandioca de cultivares da América Central	7
Tabela 2.3. Composição da raiz da mandioca, com 71,5% de umidade	8
Tabela 2.4. Quantidade de ácido cianídrico (mg HCN/kg) em massa fresca da mandioca	10
Tabela 2.5. Composição química do farelo (por peso)	20
Tabela 2.6. Valores médios de análises físicas e químicas de duas amostras de fécula (A _a e B _b) fermentada comercial (expressos em matéria seca) .	21
Tabela 2.7. Valores médios de ácidos orgânicos de duas amostras de fécula fermentada comercial (expressos em matéria seca)	21
Tabela 2.8. Variação de umidade relativa de equilíbrio com a temperatura	29
Tabela 2.9. Valores mínimos de atividade de água para o desenvolvimento de bactérias deterioradoras	36
Tabela 2.10. Valores mínimo de atividade de água para desenvolvimento de bactérias patogênicas	37
Tabela 2.11. Comportamento de bolores e leveduras em função dos níveis mínimos de atividade de água	38
Tabela 4.1. Caracterização química e físico-química da farinha de mandioca seca (A ₀), corante natural (CN) e cloreto de sódio (NaCl)	63
Tabela 4.2. Caracterização microbiológica da farinha de mandioca seca (A ₀) e do corante natural (CN)	64
Tabela 4.3. Caracterização físico-química da mandioca “in natura” (A) e da farinha de mandioca crua (B)	64
Tabela 4.4. Valores médios das contagens microbiológicas dos coliformes fecais (NMP/g) realizadas nas diferentes amostras armazenadas durante 180 dias	66

Tabela 4.5. Pesquisa microbiológica de <i>Staphylococcus aureus</i> (em 25g) realizada nas diferentes amostras armazenadas durante 180 dias	67
Tabela 4.6. Pesquisa microbiológica de <i>Salmonella sp</i> (em 25g) realizada nas diferentes amostras armazenadas durante 180 dias	67
Tabela 4.7. Contagem das bactérias mesófilas (UFC/g) determinadas nas diferentes amostras durante o armazenamento	68
Tabela 4.8. Contagem dos bolores e leveduras (UFC/g) determinadas nas diferentes amostras durante o armazenamento	69
Tabela 4.9. Análise de variância de umidade para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	70
Tabela 4.10. Valores médios de umidade (%) das diferentes amostras, durante os 180 dias de armazenamento	71
Tabela 4.11. Análise de variância de cinzas para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	72
Tabela 4.12. Valores médios de cinzas (%) das diferentes amostras, durante os 180 dias de armazenamento	73
Tabela 4.13. Análise de variância de acidez alcoólica para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	74
Tabela 4.14. Valores médios de acidez alcoólica (%) das diferentes amostras, durante os 180 dias de armazenamento	75
Tabela 4.15. Análise de variância de amido para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	75
Tabela 4.16. Valores médios de amido (%) das diferentes amostras durante os 180 dias de armazenamento	76
Tabela 4.17. Análise de variância de fibra bruta para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	77
Tabela 4.18. Valores médios de fibra bruta (%) das diferentes amostras durante os 180 dias de armazenamento	78
Tabela 4.19. Análise de variância de proteína total para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	79
Tabela 4.20. Valores médios de proteína total (%) das diferentes amostras durante os 180 dias de armazenamento	80

Tabela 4.21. Análise de variância de açúcares redutores para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento.	80
Tabela 4.22. Composição em açúcares redutores (%) para diferentes amostras, durante o período de armazenamento	81
Tabela 4.23. Análise de variância de açúcares não redutores para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	82
Tabela 4.24. Composição em açúcares não redutores (%) para diferentes amostras, durante o período de armazenamento	83
Tabela 4.25. Análise de variância de açúcares totais para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	83
Tabela 4.26. Composição em açúcares totais (%) para diferentes amostras, durante o período de armazenamento	84
Tabela 4.27. Análise de variância de atividade de água a 25 ⁰ C para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	85
Tabela 4.28. Atividade de água a 25 ⁰ C para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento	86
Tabela 4.29. Análise de variância de atividade de água a 30 ⁰ C para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	86
Tabela 4.30. Atividade de água a 30 ⁰ C para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento	87
Tabela 4.31. Análise de variância de atividade de água a 35 ⁰ C para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento	88
Tabela 4.32. Atividade de água a 35 ⁰ C para as diferentes amostras durante o período de armazenamento	89
Tabela 4.33. Análise de variância de lipídio total para as Amostras A ₃ e A ₄ , em função do período de armazenamento	90
Tabela 4.34 Composição em lipídio total (%) das Amostras A ₃ e A ₄ , durante o período de armazenamento	90
Tabela 4.35 Análise de variância do atributo aroma, para as diferentes amostras .	91
Tabela 4.36 Comparação entre as médias do atributo aroma, para as diferentes amostras	92

Tabela 4.37 Análise de variância do atributo aparência, para as diferentes amostras	92
Tabela 4.38. Comparação entre as médias do atributo aparência, para as diferentes amostras	93
Tabela 4.39. Análise de variância do atributo cor, para as diferentes amostras	93
Tabela 4.40. Comparação entre as médias do atributo cor, para as diferentes amostras	94
Tabela 4.41. Análise de variância do atributo sabor, para as diferentes amostras ..	94
Tabela 4.42. Comparação entre as médias do atributo sabor, para as diferentes amostras	95
Tabela 4.43. Valores médios da análise granulométrica das diferentes amostras ...	95
Tabela 4.44. Análise de variância do parâmetro L_{hunter} para as diferentes amostras	96
Tabela 4.45. Análise de variância do parâmetro a_{hunter} para as diferentes amostras	96
Tabela 4.46. Análise de variância do parâmetro b_{hunter} para as diferentes amostras	97
Tabela 4.47 Valores dos parâmetros L_{hunter} , a_{hunter} e b_{hunter} para as diferentes amostras	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Fluxograma de fabricação de farinha d'água VILELA & JUSTE JÚNIOR (1987)	15
Figura 2.2. Fluxograma para o processo de fabricação de farinha seca VILELA & JUSTE JÚNIOR (1987)	16
Figura 2.3. Fluxograma do processamento de amido CAMARGO <i>et al.</i> (1984)	19
Figura 2.4. Balanço material teórico, para obtenção de amido em casas-de-farinha (OLIVEIRA, 1985)	20
Figura 2.5. Relação entre a atividade de água e preservação dos alimentos BOBBIO & BOBBIO (1985)	26
Figura 2.6 Índices de velocidades dos processos modificadores, em função da atividade de água SPICER (1974)	28
Figura 3.1. Fluxograma do processamento da farinha de mandioca temperada	54
Figura 3.2. Tacho misturador elétrico com aquecimento a gás	55
Figura 3.3. Aparelho para determinação de atividade de água com controle de temperatura	58
Figura 3.4 Ficha utilizada para avaliação dos atributos aroma, aparência, cor e sabor das farinhas de mandioca temperadas	61



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

Dissertação de Mestrado: **Avaliação do comportamento das farinhas de mandioca seca (*Manihot esculenta* Crantz) e temperadas durante o armazenamento**

Autor: **Cândido José Ferreira Neto**

Orientadora: **Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Departamento de Engenharia Agrícola- DEAg. UFPB - Março / 2002

RESUMO

A presente dissertação se baseia na avaliação do comportamento de cinco amostras de farinha de mandioca, ao longo de um período de armazenamento de 180 dias. As farinhas consistiram de cinco tipos sendo uma de farinha de mandioca seca e quatro de farinhas de mandioca temperadas, obtidas a partir da primeira. Os materiais foram embalados em sacos plásticos de polipropileno, capacidade 500g e, como embalagem secundária, utilizaram-se sacos plásticos de polietileno, de baixa densidade, capacidade para 10 kg. Análises quanto à umidade, cinzas, acidez alcoólica, lipídios, proteínas, atividade de água, carboidratos e controle microbiológico de coliformes fecais, *Staphylococcus aureus*, bactérias mesófilas, bolores e leveduras e *salmonella sp.*, foram realizadas logo após o processamento e durante todo o período de armazenamento, com intervalos de 30 dias.

Foram avaliados aspectos relevantes aplicados no controle de qualidade de alimentos e dada ênfase ao estudo das características intrínsecas do produto, das condições de processamento, acondicionamento e estocagem que, eventualmente, poderiam afetar as condições físico-químicas e a microbiota contaminante.

Palavras chave: Mandioca, farinha, amido

Pelos resultados obtidos com referência às características físicas e físico-químicas, verifica-se uma relativa heterogeneidade das farinhas.

No que concerne à sua granulometria, constata-se que todas as amostras foram classificadas como farinha grossa, de acordo com BRASIL (1995). Os dados também foram agrupados visando à avaliação das variações da composição, relativas à formulação do produto, ao efeito do armazenamento.

No que se refere aos aspectos microbiológicos, os resultados revelaram ausência de *Salmonella* e *Staphylococcus aureus* e contagem zero para bactérias do grupo Coliformes fecais, em todas as amostras analisadas durante todo o período de armazenamento, e Contagem Padrão em Placas (Bactérias mesófilas) e Bolores e Leveduras dentro dos padrões permitidos pela legislação em vigor.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

M.Sc. Thesis: **Evaluation of the behavior of dry and spiced cassava flours (*Manihot esculenta* Crantz) during the storage**

Author: **Cândido José Ferreira Neto**

Supervisor: **Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Department of Agricultural Engineering- DEAg. UFPB - Fevereiro / 2002

ABSTRACT

This work was based on the evaluation of the behaviour of five cassava flour samples, for a period of storage of 180 days. The flours consisted of five types, being one of dry cassava flour and four of spiced dry cassava flours, produced from the dry cassava flour. The flours were packaged into 500g bags of polypropylene, and over wrapped with 10Kg low-density polyethylene bags. Analysis of the contents of moisture, ashes, alcoholic acidity, lipids, proteins, water activity, carbohydrates and microbiological controls of faecal coliforms, *Staphylococcus aureus*, bacteria mesophilic, moulds, yeasts and salmonella sp., were determined after the processing and during the storage period, with intervals of 30 days. Important aspects applied to the quality assurance of foods were analysed, and emphasis on the study on the intrinsic characteristics of products, the processing, packaging and storage conditions were given. These characteristics could affect the physical-chemical conditions and the contaminant microbiota. The results from the physical and physical-chemical characteristics showed the relative heterogeneity of the flours. The flours we classified as thick flours according to Brazilian Regulation (1995). The data were analysed relating to variations on chemical composition, as a result of differences on formulation and storage conditions. The microbiological analysis revealed that all samples analysed during the 180 days presented absence of *Salmonella* and *Staphylococcus aureus*, and counting zero for faecal coliforms. The standard plate count in

Key words: cassava, flour, starch

Bacteria mesophilic, moulds and yeasts were in agreement with parameters established by Brazilian Regulation.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é secular, sempre visando à produção de raízes. Nos últimos anos, entretanto, é crescente o emprego da parte aérea como forragem e até mesmo na alimentação humana.

É uma planta de origem americana, considerada por alguns como planta da América do Sul, tendo por pátria a região tropical do Brasil. Quando os portugueses aqui chegaram, encontraram a mandioca sendo explorada pelos nativos, que usavam as raízes não somente na alimentação mas, também, no preparo de bebidas fermentadas (PRATA, 1983).

De acordo com dados da FAO (2001) o Brasil ocupa a segunda posição na produção mundial de raízes, com um total de 24.481,356 toneladas.

A mandioca é uma boa fonte de energia, pois se constitui num alimento de baixo teor de proteína e elevado teor de amido. As raízes de mandioca frescas contêm aproximadamente 1% de proteína e as principais vitaminas do complexo B.

Na Paraíba, como na maioria dos estados brasileiros, as raízes são, na sua maior parte, transformadas nos próprios locais de produção, em diferentes tipos de farinha de mandioca. Essas transformações são realizadas em pequenas unidades, na maioria rústicas, denominadas casas-de-farinha. O processo produtivo empregado é bastante rudimentar e por, esta razão, a mão-de-obra se constitui em fator primordial.

Segundo NUNES (1991) no Nordeste o destino final do cultivo da mandioca é, geralmente, a produção de farinha de mesa (cerca de 70%), a produção de goma (em torno de 20%) e o restante é destinado à complementação da alimentação animal.

Os dados levantados por NUNES (1991) dão conta de que a farinha é o principal derivado da mandioca na alimentação humana no Brasil, haja vista o consumo

em todo o País, chegando a ser, em algumas regiões do Norte e Nordeste, a principal fonte de energia.

Muitos outros produtos são preparados a partir da mandioca, como a farinha de tapioca e a farinha d'água, produzidas no Norte do País, e a raspa, que é um produto em forma de fatias obtido através do fatiamento e secagem solar ou em secadores aquecidos por fontes convencionais de energia. A raspa, quando convenientemente preparada e finamente moída, pode ser utilizada na alimentação humana, sobretudo em mistura com a farinha de trigo, na elaboração de produtos de panificação; do contrário, serve apenas para ração animal. Mesmo não sendo produzida em grande escala em nossa região, a tecnologia de produção da raspa é muito simples, a nível artesanal. Esta é a técnica empregada no Nordeste, sempre seca ao sol, não sendo empregados secadores especiais.

No Estado da Paraíba, os recursos tecnológicos utilizados na produção de farinha e da goma de mandioca são deficientes e a água empregada para a extração da goma geralmente não é potável. Além disso, esses produtos são ensacados e transportados para os locais de comercialização, onde são distribuídos em más condições de higiene. A farinha de mandioca é desensacada e acondicionada em embalagem de papel ou de plástico, sem nenhum controle.

Se os recursos tecnológicos são escassos na produção da farinha de mandioca, a avaliação da qualidade da matéria prima e do produto acabado é ainda mais rara, não existindo qualquer parâmetro, além do aspecto e de alguns atributos físicos, como a granulometria.

A busca por produtos mais nobres, como a farinha de mandioca temperada de boa qualidade, desponta como uma alternativa interessante, que possibilitaria a abertura de novos canais de comercialização, permitindo a agregação de valor ao produto sem a queda na qualidade, atendendo ao mercado, ainda restrito, mas com amplas potencialidades,

1.1.OBJETIVO

Avaliar o comportamento das farinhas de mandioca seca e temperadas, embaladas ao longo de 180 dias de armazenamento.

1.1.1. Objetivos específicos

- Estudar as alterações de umidade, cinzas, acidez alcoólica, lipídios, proteínas, atividade de água e carboidratos das farinhas de mandioca seca e temperadas, durante o armazenamento.
- Monitorar as condições higiênico-sanitárias, através de análises microbiológicas
- Realização de análise sensorial, com mensuração dos atributos aroma, aparência, cor e sabor das farinhas de mandioca temperadas, com a finalidade de avaliar o grau de aceitação das amostras.
- Classificar, granulometricamente, as farinhas de mandioca seca e temperadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada nas regiões tropicais e em todas as regiões do Brasil, cuja produção é destinada, em maior parte, para o consumo interno. As maiores áreas plantadas encontram-se no Nordeste, em especial na Bahia, sendo esta região a maior consumidora. Existem muitos tipos, os quais são divididos em mandioca mansa e mandioca brava, em função da variação do princípio venenoso. A mandioca mansa pode ser consumida na forma “in natura”. Os derivados utilizados na alimentação humana são a farinha, o amido, o beiju etc. A raspa e a parte aérea (folhas) são utilizadas na alimentação animal.

A raiz é tuberosa e constitui a parte mais importante da planta. É rica em amido e apresenta-se de várias formas: fusiforme, cônica, cilíndrica etc. Esta parte da planta é constituída de uma película escura, casca (córtex) e do cilindro central (parte comestível). No córtex encontra-se uma substância leitosa que contém o princípio ativo venenoso, podendo também ocorrer no cilindro central, que é rico em amido, sendo este princípio venenoso que caracteriza a mandioca como mansa ou brava.

As folhas possuem, na sua composição, proteínas e vitaminas possibilitando, desta forma, seu emprego na alimentação humana. As demais partes aéreas se prestam para alimentação animal.

Do ponto de vista nutricional, a mandioca é considerada um alimento energético, em função do elevado teor de carboidratos e baixo teor de proteínas (FUKUDA & BORGES, 1988).

2.1.1. A planta

A mandioca é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Euphorbiaceae, do gênero manihot, cuja espécie cultivada é a *Manihot esculenta* Crantz. É uma planta monóica, possui ramificações dicotomia ou tricotomia e porte arbustivo em diferentes alturas, que podem variar de um a cinco metros (CÂMARA *et al.*, 1982).

De acordo com a taxionomia, a mandioca pertence à classificação científica mostrada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Classificação taxonômica da mandioca

Classe	Dicotiledoneae
Subclasse	Archichlamideae
Ordem	Euphorbiales
Família	Euphorbiaceae
Tribo	Manihoteae
Gênero	Manihot
Espécie	<i>Manihot esculenta</i> Crantz

Fonte: CONCEIÇÃO (1981)

O gênero manihot apresenta cerca de 200 espécies, muitas das quais foram estudadas por Appan & Rogers, citados por CONCEIÇÃO (1981) visando classificar e definir suas relações com a mandioca cultivada, que é a *Manihot esculenta* Crantz. A espécie mais aproximada de *M. esculenta* parece ser a *M. aesculifolia*, embora outras espécies como *M. pinglei*, *M. rubricaulis*, *M. angustifolia* e *M. davisii*, apresentem maior ou menor grau de aproximação (Vale citado por CONCEIÇÃO, 1981).

Segundo CONCEIÇÃO (1981) nas plantas originárias de semente, observa-se o modelo axial tuberoso, ocorrendo com muita frequência a formação de raízes secundárias feculantes. Nas plantas de propagação agâmica o modelo é pseudo-fasciculado tuberoso. São raízes com alto teor de fécula, que se apresentam sob várias conformações: cilíndricas, cilindro-cônicas, cônicas, fusiformes e, algumas vezes,

globosas. O número de raízes é variável oscilando, em média, entre 5 e 12 por planta, dependendo da cultivar.

Como características das demais partes, podem ser citadas: caule lenhoso e quebradiço quando adulto, possuindo nós com gemas que, quando germinados, produzem plantas idênticas à mãe, as folhas são verdes e possuem de 3 a 9 lóbulos e as flores são dispostas, de inflorescências localizadas nas axilas das ramificações.

De acordo com COBLEI (1976) a espécie é monóica, suas flores masculinas e femininas na mesma inflorescência, apresentando as flores femininas em menor número, enquanto as masculinas, em maior número, se localizam na parte superior da inflorescência. O fruto é uma cápsula deiscente e trilocular, de forma ovóide ou globular, apresentando seis arestas longitudinais e proeminentes. Cada fruto produz, em geral, três sementes pequenas, elípticas, dotadas de carúnculos, acinzentadas, com pequenas manchas escuras (DOMINGUEZ, s/d; FUKUDA, 1986).

Planta de fácil propagação, apresenta elevada tolerância a períodos de estiagem relativamente longos, rendimentos satisfatórios, mesmo em solo de baixa fertilidade, grande diversidade genética, resistência a pragas e a doenças, necessidade de poucos insumos, com raízes que podem ser mantidas no solo sem grandes perdas e podendo ser consorciada com inúmeras plantas. Estas são algumas características que tornam a cultura da mandioca muito importante e atraente para os produtores (MATTOS *et al.*, 1973).

2.1.2. Composição da mandioca

Conforme CEREDA (1994) os resíduos da mandioca são constituídos por partes da planta, às vezes modificadas, sendo importante conhecer sua estrutura e composição química. Os resultados apresentados na literatura são, de forma geral, bastante variáveis, devido a diversos fatores como, por exemplo, a metodologia de análise. Segundo mostrado na Tabela 2.2, a raiz da mandioca é um alimento calórico, gerando cerca de 1.500 cal/kg, a partir dos carboidratos (350 g/kg). Com relação aos minerais, verificam-se

teores mais altos de fósforo e cálcio, com quantidade muito pequena de ferro, que pode aumentar consideravelmente nos resíduos e produtos, quando os equipamentos em que a mandioca é processada são feitos desse metal. Hegarty & Wadsworth, citados por CEREDA (1994) relatam que a mandioca crua apresenta teores de ferro entre 1 e 2mg/100g de peso seco, mas que, se o processamento se faz em equipamentos de ferro, esse teor pode chegar a 3,2 mg/100g.

Observa-se também, na Tabela 2.2, a diferença na composição quando se consideram as folhas da mandioca.

Tabela 2.2. Composição de raízes e folhas de mandioca de cultivares da América Central

Componentes (g/100g)	Folhas	Raízes		
		Longas e finas	Médias	Curtas e grossas
Água	77,20	62,10	62,10	62,10
Fibra	2,54	1,60	1,25	1,14
Ext. etéreo	1,31	0,65	0,20	0,24
Nitrogênio	1,10	0,32	0,17	0,11
Carboidrato	10,33	32,95	34,18	34,70
Cinzas	1,77	1,20	1,20	0,86
Cálcio	0,0206	0,0046	0,0027	0,0027
Fósforo	0,0095	0,0078	0,0066	0,0043
Ferro	0,00035	0,00016	0,00005	0,00005
Caroteno	0,00045	0,000001	0,000001	0,000001
Tiamina	0,000015	0,000009	0,000006	0,000005
Riboflavina	0,00003	0,000004	0,000004	0,000003
Niocina	0,000202	0,000082	0,000072	0,00006
Á. ascórbico	0,0211	0,0032	0,004075	0,00414

Fonte: Martelli citado por CEREDA (1994)

Oke, citado por CEREDA (1994) detalha a composição das raízes de mandioca, apresentada na Tabela 2.3, principalmente no que se refere aos minerais. Percebe-se claramente que o teor de potássio é ainda maior que cálcio, fósforo e ferro,

residindo, provavelmente neste fator, a idéia de que a cultura da mandioca empobrece o solo desse elemento.

Tabela 2.3. Composição da raiz da mandioca, com 71,5% de umidade

Componentes	Quantidade (g/100g)*
Proteína bruta	2,60
Extrato etéreo	0,46
Fibra bruta	0,43
Carboidrato	94,10
Cinzas	2,40
Nitrogênio	0,084
Fósforo	0,015
Potássio	0,138
Cálcio	0,013
Magnésio	0,004
Sódio	2,140
Manganês	0,0012
Ferro	0,0018
Cobre	0,00084
Boro	0,00033
Zinco	0,0024
Molibdênio	0,00009
Alumínio	0,0019
Oxalato	0,32
Ac. cianídrico	0,0038
A. fítico	76,00

*Valores expressos em matéria seca

Fonte: Oke citado por CEREDA (1994)

A fração nitrogenada das raízes da mandioca apresenta valores muito variados na literatura. A metodologia clássica empregada para a avaliação de proteína, na qual se multiplica o nitrogênio bruto por um fator, não é suficientemente acurada (Oke,

citado por CEREDA 1994) uma vez que ainda não foi estabelecido um fator com valor correspondente aos aminoácidos da mandioca, recorrendo-se a um valor estabelecido para cereais ou outros vegetais.

2.1.3 Características tóxicas

A mandioca possui um glicosídeo cianogênico, tanto na raiz como nos ramos, denominado linamarina que, pela ação de uma enzima endógena denominada linamarase, por meio da ruptura da estrutura celular da planta, se hidrolisa, liberando o ácido cianídrico. As enzimas presentes no aparelho digestivo do homem e dos animais, podem potencializá-lo, provocando sintomas de intoxicação (CÂMARA *et al.*, 1982).

CEREDA (1994) descreve dois glicosídeos tóxicos presentes na mandioca: a lotaustralina e a linamarina, ambos com capacidade de gerar ácido cianídrico. Embora a toxicidade do radical livre esteja bem estabelecida, a dos glico-cianetos é ainda desconhecida.

Para Oke, citado por CEREDA (1994) os glicosídeos na forma ligada não são tóxicos às plantas que os possuem. Face a esta constatação, é difícil explicar a razão de sua ocorrência. O autor propõe, ainda, que os glicosídeos são provavelmente compostos intermediários na síntese das proteínas a partir de aminoácidos que, por sua vez, são formados a partir do nitrato absorvido pelas raízes. Os glicosídeos cianogênicos seriam, portanto, intermediários estáveis, não se acumulando, caso as condições para a síntese das proteínas sejam favoráveis. Ao que parece, a síntese do glicosídeo se dá a partir da glicina.

De acordo com CEREDA (1994) sua ação tóxica nos animais superiores explica-se pela afinidade desses glicosídeos com o ferro, que se combina com a hemoglobina para formar a ciano-hemoglobina.

Em relação a esses animais, o cálculo da quantidade suficiente para causar morte, ou dose letal, é obtido experimentalmente e expressa em mg por quilo de peso vivo. Segundo Oke, citado por CEREDA (1994) o limite considerado é de 1mg/kg de peso vivo.

Este limite deu origem à classificação das raízes de mandioca, em bravas e mansas, de acordo com a quantidade de raiz que, por seu teor de cianeto, atingisse e ultrapassasse esse limite. A literatura cita valores de 15 a 400 ppm (mg CN/kg de peso fresco) de ácido cianídrico nas raízes de mandioca, embora estudos mais freqüentes apontem 30 a 150 ppm (Carvalho & Carvalho, citados por CEREDA 1994).

Coursey, citado por CÂMARA *et al.* (s/d) descreve que, em função do teor de ácido cianídrico apresentado, classificam-se as mandiocas, quanto à sua toxicidade, em:

- mansas: menor que 50 mg HCN/kg de raiz fresca descascada
- moderadamente venenosas: de 50 a 100 mg HCN/kg de raiz fresca descascada
- venenosas: acima de 100 mg HCN/kg de raiz fresca descascada.

O ácido cianídrico se encontra em maior concentração no córtex da raiz e, em menor quantidade nas folhas e nas outras partes da planta (DOMINGUEZ, s/d). Na Tabela 2.4, tem-se as quantidades de HCN em diferentes partes da planta (mandioca mansa e mandioca brava) em mg por quilograma de matéria fresca.

Tabela 2.4. Quantidade de ácido cianídrico (mg HCN/kg) em massa fresca da mandioca

Partes da planta	Mandioca mansa	Mandioca brava
Folhas adultas	16	41
Caule verde	14	24
Caule lenhoso adulto	43	113
Medula do caule	19	76
Raiz (polpa)	4	53

Fonte: EMBRATER (1979)

Segundo Coursey, citado por CÂMARA *et al.* (s/d) a presença da toxicidade da planta limita o seu emprego tanto na alimentação humana como na nutrição animal. Com base no princípio da dissolução em água ou na volatilização, procedimentos como a maceração, embebição em água, fervura, torração ou fermentação das raízes, que são empregados no processamento industrial, diminuem a toxicidade da mandioca.

2.2. Produtos da mandioca

A industrialização da mandioca permite obter-se diversos produtos e subprodutos de largo emprego na indústria e, principalmente, na alimentação humana e animal.

Dentre os muitos produtos que podem ser obtidos a partir da transformação da mandioca, ocupam lugar de destaque a farinha e, em especial, o amido, que é muito utilizado pela indústria química, de colas, na construção civil e outras mais.

SCHOLZ (1971) relata algumas possibilidades de uso da mandioca na indústria. Nas pequenas fábricas: raspas, apara, goma, farinha de mesa, carimã, forragens de desperdícios, forragens das partes aéreas, forragem mista etc; nas médias e grandes indústrias: lasca, farinha de raspa, farinha panificável, fécula (amido), polvilho azedo, tapioca, sagu, beijus, farinha cristalizada, amido pré-gelatinado, dextrina alva, dextrina creme, dextrina líquida, caramelo de amido, glicose tiquira, forragens de desperdícios, forragem balanceada etc. e na indústria química: acetona, álcool amílico, álcool butílico, álcool etílico, álcool metílico, álcool propílico, glicerina, glicerol, sorbitol, leveduras, forragens protéicas etc.

JUSTE JÚNIOR (1978) ao relatar as múltiplas aplicações e possibilidades do uso dos produtos à base de mandioca, incluindo-se derivados mais complexos, menciona a possibilidade de mais de uma centena de aplicações da mandioca nas indústrias química, petroquímica e alimentar.

2.2.1. Farinha de mandioca

A farinha de mandioca é, sem dúvida, o produto mais fabricado e totalmente destinado à alimentação humana, principalmente das populações de baixa renda das regiões Norte e Nordeste brasileiro (GONÇALVES, 1976).

De acordo com a EMBRAPA (2001) a farinha é a principal forma de utilização de mandioca no Brasil, atingindo índices superiores a 90%. Os principais tipos

fabricados e comercializados, são as farinhas torradas, farinha de mesa e farinha d'água, com predomínio da primeira e, a nível local, a farinha do Pará que é uma mistura das farinhas de mesa e d'água. Ainda de acordo com a EMBRAPA (2001) existe também a farinha de raspa, que é proveniente de raízes secas sem passar por cozimento. Este tipo de farinha já foi largamente utilizado como farinha panificável, sendo utilizada atualmente apenas na composição de rações.

A farinha de mesa é o produto da mandioca mais fabricado no Brasil. Geralmente, a mandioca é processada em pequenas unidades fabris, chamadas casas-de-farinha, na maioria das vezes situadas nas próprias fazendas. O processamento da farinha de mesa consta das seguintes etapas: lavagem, descascamento (manual ou mecânico), moagem, desmembramento da massa e peneiramento, secagem e torração em fornos, peneiramento e ensacamento.

A farinha d'água difere da farinha de mesa pelo aspecto de cor, granulometria irregular e maior fibrosidade, odor e sabor. Para fabricação da farinha d'água usa-se a maceração e a fermentação das raízes antes do processamento; as demais etapas são as mesmas da farinha de mesa (CÂMARA *et al.*, s/d).

De acordo com Cock, citado por PAIVA (1991) a industrialização da farinha de mandioca em países da América e da Ásia, é feita, em geral, em pequenas casas de farinha, situadas próximo às áreas de produção, ocasionando um trabalho intenso e empregando um número reduzido de operários (5 a 8).

LIMA & ANDRADE (1984) dividem os processos de elaboração de farinha em fabricação caseira e produção industrial. O processo de fabricação em pequena escala é realizado no próprio local de produção ou em pequenas indústrias, manualmente ou semi mecanizadas, utilizando-se equipamentos rústicos e de maneira simples e empírica. As raízes são lavadas, descascadas e raladas manualmente. A massa obtida é em seguida prensada em saco de algodão, esfarelada e peneirada para eliminação dos torrões maiores, obtendo-se assim uma farinha fina, que é seca ao sol ou distribuída em tachos ou chapas

de ferro, sob aquecimento lento, para produção de farinhas cruas e torradas, respectivamente.

Segundo LIMA (1982) a heterogeneidade das farinhas é devida ao sistema de produção adotado pelos pequenos produtores, responsáveis pela produção de uma parcela considerável, em que cada um deles segue um processo próprio, tornando-se difícil, num sistema artesanal, a uniformidade em sucessivas fabricações.

JUSTE JÚNIOR (1978) enfatiza que nessas pequenas feculárias o processo de obtenção de farinha de mandioca consiste em raspar, lavar e ralar as raízes a mão, comprimir a massa obtida nesta operação em sacos de tecido especial ou em jacá de taquara flexível, para retirar o excesso de umidade e, em seguida, peneirar o material sobre forno de chapa aquecido em fogo direto conseguindo-se, desta forma, uma secagem uniforme e sem a formação de grandes torrões, movimentando-se a massa em todas as direções, com auxílio de uma pequena pá ou rodo de madeira. O produto resultante é resfriado naturalmente, peneirado e acondicionado em sacos, latas ou caixas de papelão, dependendo da granulometria.

A Comissão Técnica de Normas e Padrões, do Ministério da Agricultura BRASIL (1995) classifica a farinha de mandioca em dois grupos:

Farinha d'água – é o produto obtido das raízes de mandioca devidamente limpas, maceradas, descascadas, trituradas, prensadas, torradas em fogo lento e podendo ser ou não novamente peneirada.

Farinha seca - é o produto obtido das raízes de mandioca devidamente limpas, descascadas, trituradas, prensadas, torradas em fogo lento ou forte e novamente peneirada ou não, só que este produto pode ainda ser beneficiado.

Para Maravalhas, citado por PAIVA (1991) as designações seca e d'água indicam que o processo tecnológico empregado para obtenção desses produtos é rudimentar.

Os dois grupos de farinhas diferem entre si pelo processo de maceração a que as raízes são submetidas antes do descascamento. Estas são colocadas para macerar em água corrente ou cochos, até que ocorra um amolecimento e as cascas se desgrudem, após o que são drenadas, descascadas e raladas. Nesta operação, as raízes passam por um processo de fermentação, o que confere à farinha características organolépticas típicas da presença dos ácidos láctico e butírico (Vilela & Juste Júnior citados por PAIVA, 1991).

Para CONCEIÇÃO (1981) em linhas gerais, a tecnologia do processamento da farinha de mandioca consta das seguintes etapas:

- pesagem, lavagem e descascamento das raízes
- ralação e prensagem;
- desmembramento da massa prensada e peneiragem
- torração
- classificação e embalagem.

A seguir, são mostrados os fluxogramas de processamento para produção de farinha d'água (Figura 2.1) e farinha seca (Figura 2.2) na versão de VILELA & JUSTE JÚNIOR (1987).



Figura 2.1. Fluxograma de fabricação de farinha d'água VILELA & JUSTE JÚNIOR (1987)



Figura 2.2 Fluxograma para o processo de fabricação de farinha seca VILELA & JUSTE JÚNIOR (1987)

2.2.2. Amido

Também chamado fécula, goma ou polvilho, é o componente presente em maior quantidade na mandioca seca, e é considerado um produto nobre de alto valor comercial. Geralmente, é um subproduto obtido do aproveitamento da seiva proveniente da prensagem da massa na fabricação da farinha de mesa. Para a fabricação da fécula, as raízes não devem esperar mais que 36 horas para serem processadas, a fim de evitar o escurecimento do produto por ação enzimática, VITTI (1966).

O amido acumula-se nas raízes e funciona como depósito de reservas, para os períodos de crescimento e dormência das plantas.

O emprego de derivados de amido para uso alimentar se justifica pelos seguinte motivos:

- é provido de atributos funcionais que os amidos nativos, normalmente, não possuem
- na mistura para pudim, o amido confere a capacidade espessante, com uma textura suave e capacidade de atuar de forma instantânea
- o amido é matéria-prima abundante e de fácil obtenção
- a utilização do amido pode representar uma vantagem econômica, quando comparada com outros polímeros como as gomas, que são de alto custo, EMBRAPA (2001).

Para CÂMARA *et al.* (s/d) os amidos e as féculas, após sua extração dos vegetais que os contêm, são chamados amidos naturais. Como tal, seu uso é grande, mas pode ter seus limites ampliados por meio de tratamentos que modificam suas propriedades físicas e químicas, transformando-os nos amidos modificados ou derivados.

O amido de mandioca (fécula) possui sabor suave e pasta clara. O amido nativo ou modificado, pode ser usado para diversos fins industriais:

- na indústria de alimentos: como espessante, utiliza as propriedades de gelatinização em cremes, tortas, pudins, sopas, alimentos infantis, molhos, caldos etc; como recheio, aumento do teor de sólidos em sopas enlatadas, sorvetes, conservas de frutas, produtos farmacêuticos etc; como ligante, impede a perda de água durante o cozimento em salsichas, carne enlatada etc; como estabilizante, capacidade de retenção de água em sorvetes, fermento em pó etc; utilizado também para produtos de panificação na elaboração de pães, biscoitos e outros
- na indústria têxtil: na engomagem, para reduzir ruptura e desfibramento nos teares; na estamparia, para espessar os corantes e agir como suporte das cores; no acabamento, para aumentar a firmeza e o peso de papel, papelão e tecidos
- na indústria de papel: para dar corpo e aumentar a resistência a dobras; no acabamento, melhora a aparência e a resistência; goma, para sacos comuns de papel, papel laminado, ondulado e caixas de papelão.

No Brasil, o uso de amidos e féculas modificados é recente e restrito. O amido pode sofrer modificações físicas, químicas ou enzimáticas, dando-lhe características

próprias para aplicações industriais específicas: polvilho doce, polvilho azedo, amidos modificados, amido pré-gelatinizado, amido modificado por ácidos, amido oxidado por hipocloreto de sódio, amido inter cruzado ou amido com ligação cruzada, glicose e xarope de glicose, EMBRAPA (2001).

CAMARGO *et al.* (1984) afirmam que a fécula e o amido quimicamente são a mesma coisa, mas em termos tecnológicos emprega-se terminologia diferenciada; fécula é quando o amido provém de raízes e tubérculos.

Existem processos de obtenção de fécula de melhor qualidade, que empregam peneiras centrífugas para a extração, promovem a refinação por meio de centrífugas e possuem desidratadores para secagem da fécula, porém exigem maior investimento. Na Figura 2.3 é mostrado o fluxograma do processamento do amido.

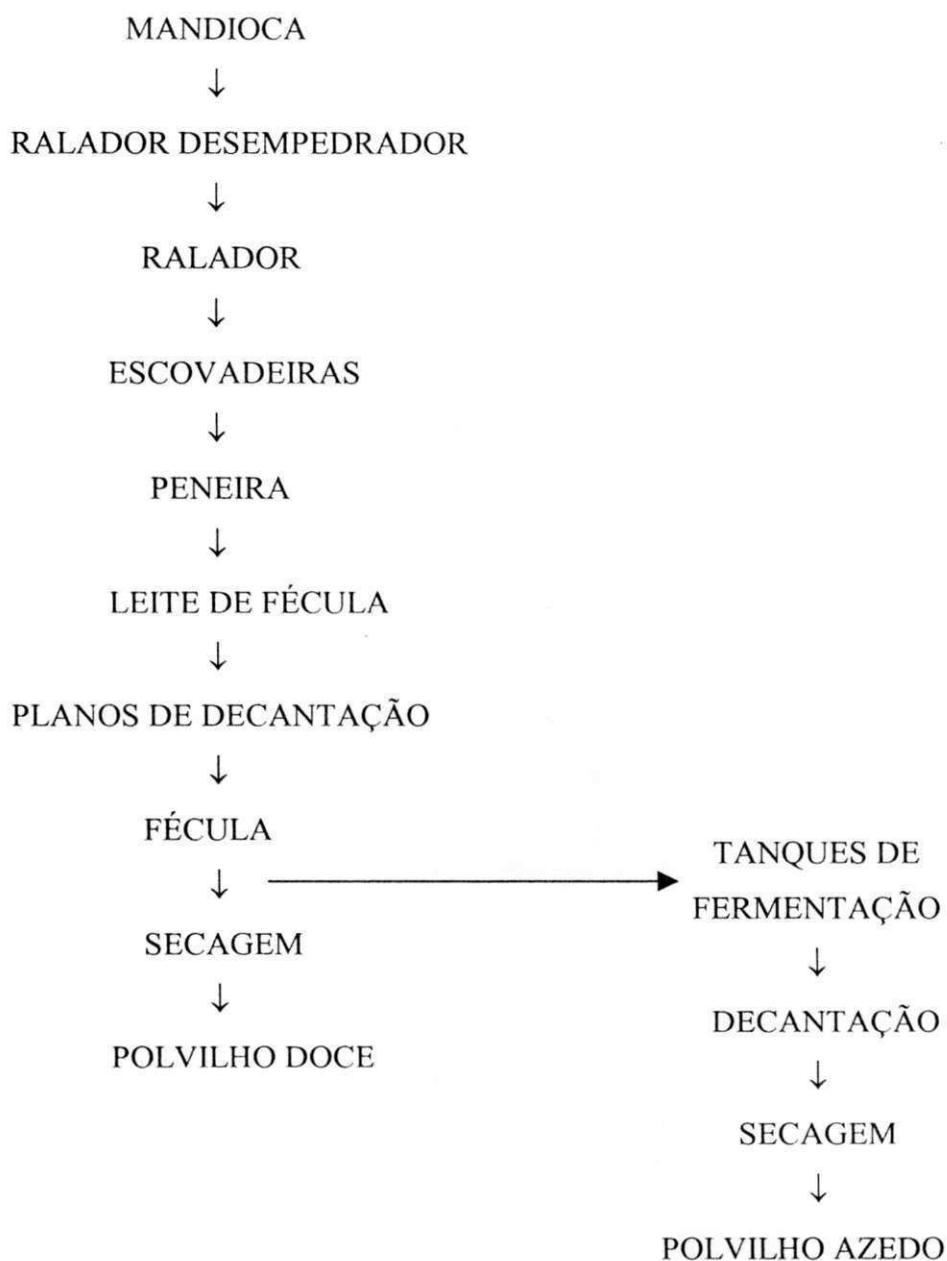


Figura 2.3. Fluxograma do processamento de amido CAMARGO *et al.* (1984)

OLIVEIRA (1985) descreveu o balanço material (Figura 2.4) para extração de amido resultando, para cada tonelada de raízes processadas, 8% a 10% de farelo com a composição aproximada apresentada na Tabela 2.5.



Figura 2.4. Balanço material teórico, para obtenção de amido em casas-de-farinha OLIVEIRA (1985)

Tabela 2.5. Composição química do farelo (por peso)

Composição (%)	Valores
Umidade	10 - 14
Amido	40
Fibras	40

Fonte: OLIVEIRA (1985)

Uma boa extração de amido, no início do processo, reduz o teor de farelo. Existe farelo com até 70% de amido. A instalação com o ralador tipo “Caititu” de serras e escovadeiras, retira cerca de 22% do peso das raízes em amido comercial (com 15% de umidade).

CEREDA (1983) relatou que a fécula fermentada de mandioca, conhecida popularmente como polvilho azedo, é obtida por meio da fermentação natural da fécula doce e, ainda que esta fermentação se realiza em três fases, durante as quais se sucedem

grupos de microrganismos, do que resulta um produto de acidez variável devido ao teor e natureza dos ácidos formados (Tabelas 2.6 e 2.7).

Tabela 2.6. Valores médios de análises físicas e químicas de duas amostras de fécula (A_a e B_b) fermentada comercial (expressos em matéria seca)

Amostras	Umidade (%)	Fibra (%)	Cinzas (%)	Acidez (%)
A _a	14,50	0,75	0,50	9,00
B _b	11,07	,44	0,12	8,40

Fonte: CEREDA (1983)

Tabela 2.7. Valores médios de ácidos orgânicos de duas amostras de fécula fermentada comercial (expressos em matéria seca)

Ácidos orgânicos	Polvilho A (%)	Polvilho B (%)
Acético	11,43	11,14
Propiônico	3,39	2,60
Butírico	61,48	46,85
Lático	20,04	35,87

Fonte: CEREDA (1983)

Segundo SCHOLZ (1971) a quantidade de amido, vulgarmente denominada goma, oriundo do processamento de prensagem, oscila entre 0,6 e 3 % no caso das casas-de-farinha. De modo geral, a goma é recuperada pelo simples processo de decantação e secagem posterior ao sol da seiva oriunda da prensagem (manipueira). Às vezes, utiliza-se parte da goma não seca para torração imediata após a decantação obtendo-se, assim, o chamado "beiju" (tapioca). Observou-se que, lavando-se e se peneirando a massa ralada, pode-se extrair mais amido aumentando o rendimento deste subproduto de maior valor monetário. O processo deve ser executado só numa parte relativamente pequena da produção, a fim de não provocar uma grave perda da qualidade da farinha.

Na produção de amido puro de alta qualidade são necessários, pelo menos parcialmente, equipamentos industriais, que poderão influir na economia da mão-de-obra e manutenção, como no caso de peneiras nos setores úmidos e seco. É possível, também, a

utilização, desde o início do processo, de linhas modernas que garantam a boa qualidade do produto nos setores de concentração, purificação e secagem. Exemplos de tais equipamentos são centrífugas separadoras, em substituição a cochos e canais de sedimentação, filtros a vácuo ou, pelo menos, centrífugas de cesta, embora estas não permitam a fácil retirada do lençol de impurezas na sua complicada descarga. Outros exemplos seriam secadores pneumáticos, incluindo-se até a substituição das peneiras finais por micro-ciclones.

Este processo todo é necessário não só para a produção de amido puríssimo como, também, para garantir uniformidade nas características e propriedades físicas dos produtos, para fazer frente às marcas comerciais de outros fabricantes.

Sendo algo fácil o controle desses processos em clima tropical, faz-se sempre necessário o combate com ingredientes adequados: cal virgem, SO₂, formalina, sais oxigenados e outros, na higienização do produto. Todos os cuidados nas primeiras etapas de fabricação do amido se tornam inúteis se na secagem e no peneiramento as exigências são descuidadas, especialmente no setor de desidratação, onde os erros no tratamento são irreparáveis. Nos processos primitivos, a fécula de mandioca era desidratada em cestas planas, em cima de varas, resultando em um superbranqueamento pelos raios solares e/ou sujidades em excesso, sobretudo se a secagem se prolongava na sombra e ao ar livre, por um tempo maior que o necessário.

2.3. Atividade de água

Como ser vivo, nenhum microrganismo cresce em meio totalmente seco. Todo organismo vivo necessita de água para desenvolver suas funções, e esta água deve ser livre, ou seja, não pode estar ligada a nenhuma outra substância. É evidente que cada tipo, e até mesmo cada espécie de organismo, tem uma exigência mínima e máxima, em teor de água no meio, sendo que fora desta faixa tem seu metabolismo alterado.

Ante o conceito de água livre, deve-se pensar que se pode ter algum tipo de alimento de certo modo líquido, que não permita o desenvolvimento de microrganismos,

por carência de água livre. Assim, o estado do alimento muitas vezes não indica se tem maior ou menor teor de água livre.

BOBBIO & BOBBIO (1995) evidenciaram que a água ligada está comprometida com a matéria seca do alimento, não estando disponível para processos químicos e/ou microbianos. Em vista disso, a água que contribui para esses processos é aquela que se encontra no estado livre, que é expressa como atividade de água (a_w), definida pela relação entre a pressão de vapor da água em equilíbrio sobre o alimento (P), e a pressão de vapor da água pura (P_0) a mesma temperatura.

$$a_w = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

ou, ainda, de modo mais simples, em função da umidade relativa de equilíbrio (UR):

$$a_w = \frac{UR}{100} \quad (2)$$

Considerações:

- a água destilada (pura) tem uma pressão de vapor igual a unidade
- o menor valor da atividade de água implica em menor teor de água livre
- o maior valor da atividade de água implica em maior teor de água livre no meio
- o valor da atividade de água varia no intervalo de zero a 1.
-

Pela lei de Raoult nas soluções ideais

$$a_w = \frac{P}{P_0} = n_A = \frac{n^\circ \text{ de moles do solvente}}{n^\circ \text{ de moles do solvente} + n^\circ \text{ de moles do soluto}} \quad (3)$$

Para soluções não ideais, as interações entre as moléculas e íons presentes causam um desvio considerável no valor da atividade de água calculada pela lei de Raoult.

Para CHEFTEL & CHEFTEL (1976) a lei de Raoult só se aplica estritamente a soluções ideais em equilíbrio. Para essas soluções, pode-se calcular as

concentrações correspondentes a diversas atividades do solvente; no caso específico, a água.

A maioria dos microrganismos cresce em meio com atividade de água no intervalo 0,90–0,99. Vários microrganismos, às vezes permanecem vivos por muito tempo, em baixa atividade de água, embora não se multipliquem nesse meio. A maioria das leveduras e fungos miceliais cresce em meio com atividade de água entre 0,86–0,88. Alguns fungos filamentosos podem crescer em meio com atividade de água de até 0,80.

Staphylococcus aureus multiplica-se em atividade de água de 0,86, decompondo o alimento e, durante o seu metabolismo, libera água para o meio, aumentando assim o valor da atividade de água, dando condições para o desenvolvimento de outros microrganismos que exigem maior teor de água livre (CHAVES, 1993).

ANDRADE (2000) afirmou que a conservação de alimentos é obtida pela redução da atividade de água, com conseqüente diminuição nas reações de deterioração como crescimento microbiano, processos químicos de escurecimento e oxidação e de atividade enzimática.

Ainda segundo o autor, os princípios de conservação são características ou fatores específicos, controláveis que, ajustados convenientemente, contribuem de forma decisiva para a conservação dos alimentos. Essas características são classificadas em intrínsecas e extrínsecas, se interiores ou exteriores ao alimento.

Os fatores intrínsecos mais importantes são: atividade de água, potencial hidrogeniônico, potencial de oxirredução e composição em nutrientes.

Os fatores extrínsecos, por sua vez, referentes ao ambiente (embalagem, armazenagem etc) a que se expõe o alimento apresenta, como características mais importantes, a temperatura, a luz ambiente, a umidade relativa, a pressão e a atmosfera (controlada e/ou modificada).

O estudioso afirma que, de acordo com a definição da atividade de água em função das pressões de vapor do alimento e da água (solvente) verifica-se a sua variação com a temperatura, uma vez que, quanto mais aquecido se encontra um alimento, mais elevados são os seus estados entálpico e entrópico e, conseqüentemente, mais elevadas também as pressões de vapor do alimento e da água. Face a esta afirmação, quanto mais elevada for a temperatura de um alimento, mais elevada será a sua atividade de água.

O valor da atividade de água de um produto pode indicar a que umidade relativa deve ser estocado o produto ou a necessidade de alterar embalagens. Este valor pode ser obtido através de modelos experimentais, como o de LANDROX & PROTECTOR (1951).

Ainda de acordo com BOBBIO & BOBBIO (1995) nos alimentos ricos em água cujos valores de atividade de água ultrapassam 0,90, poderão formar-se soluções diluídas com componentes do alimento que servirão de substrato para os microrganismos poderem crescer. Nessa diluição, as reações químicas e enzimáticas podem ter sua velocidade diminuída, face a baixa concentração dos reagentes. Alimentos sob essas condições sofrem contaminação microbiológica facilmente. Quando a atividade de água decresce para valores entre 0,40 e 0,80, haverá possibilidade de reações químicas e enzimáticas rápidas pelo aumento das concentrações dos reagentes; já para valores de atividade de água próximos de 0,60, ocorrerá pequeno ou nenhum crescimento de microrganismos. Em regiões de atividade de água inferiores a 0,30, atinge-se a zona de adsorção primária, em que as moléculas de água poderão estar ligadas a pontos de adsorção primários e, por sua vez, se ligam a outras moléculas de água, por pontes de hidrogênio. Como resultado, as reações apresentam velocidade tendente a zero, com exceção da oxidação de lipídios, que é consideravelmente mais rápida, e o não desenvolvimento microbiano.

As relações entre atividade de água e preservação dos alimentos são apresentadas na Figura 2.5.

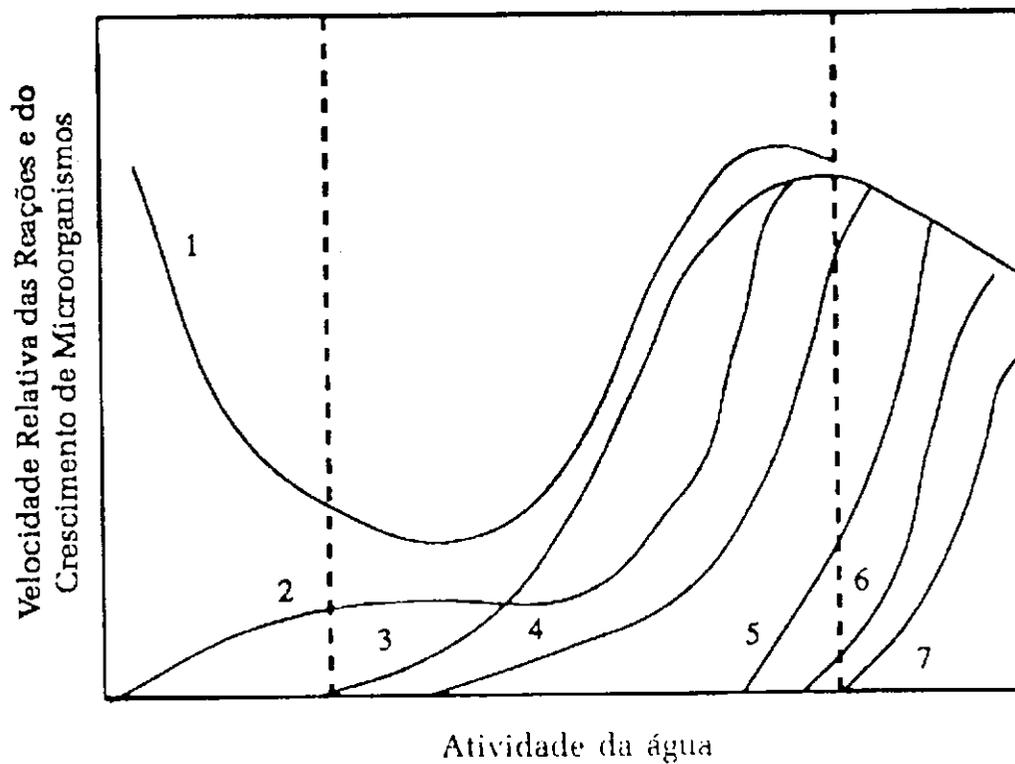


Figura 2.5. Relação entre atividade de água e preservação dos alimentos, BOBBIO & BOBBIO (1985)

1. Oxidação de lipídios (rancificação)
2. Isotherma de adsorção de umidade
3. Escurecimento não enzimático
4. Atividade enzimática
5. Crescimento de fungos
6. Crescimento de leveduras
7. Crescimento de bactérias

Para CAMARGO *et al.* (s/d) o conhecimento da atividade de água torna-se importante na área de alimentos, já que muitas das reações químicas, enzimáticas e

crescimento microbiano, ocorrem na presença e em certas faixas desse tipo de água disponível.

De acordo com JARDIM (1986) existe um crescente reconhecimento da importância da atividade de água, em caracterizar o estado da água nos alimentos, principalmente no tocante à sua disponibilidade para alterações físicas, químicas e biológicas associadas com a estabilidade e conservação de alimentos frescos e processados.

Entende-se, hoje, por exemplo, que é mais seguro analisar o valor da atividade de água do grão a ser armazenado que seu teor de umidade, sob o ponto de vista de controle de desenvolvimento de fungos (Pollio *et al.*, citados por JARDIM, 1986).

Os efeitos da variação de atividade de água num alimento não só estão ligados ao crescimento de microrganismos ou à deterioração química mas, também, à deterioração da sua consistência. Por exemplo, a compactação de produtos como açúcar, leite em pó, café solúvel etc., pode tornar tais alimentos impróprios para o consumo (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

Segundo ANDRADE (2000) apesar da composição complexa dos alimentos e das presentes modificações que podem ocorrer durante o processamento industrial e na conservação alimentícia, é possível adotar-se algumas medidas preventivas para evitá-las ou minimizá-las, com base em conhecimentos consolidados experimentalmente no terreno da atividade de água. Tais conhecimentos, voltados para avaliar a variação de intensidade de oxidação lipídica, dos escurecimentos enzimáticos e não enzimáticos e das atividades microbianas, relacionados com a atividade de água, resultam numa fonte importante para se definir o valor da atividade de água mais adequado para cada alimento, em função das possibilidades de ocorrência de um ou mais dos referidos processos. Na Figura 2.6 são apresentados os índices de velocidade dos processos modificadores, em função da atividade de água.

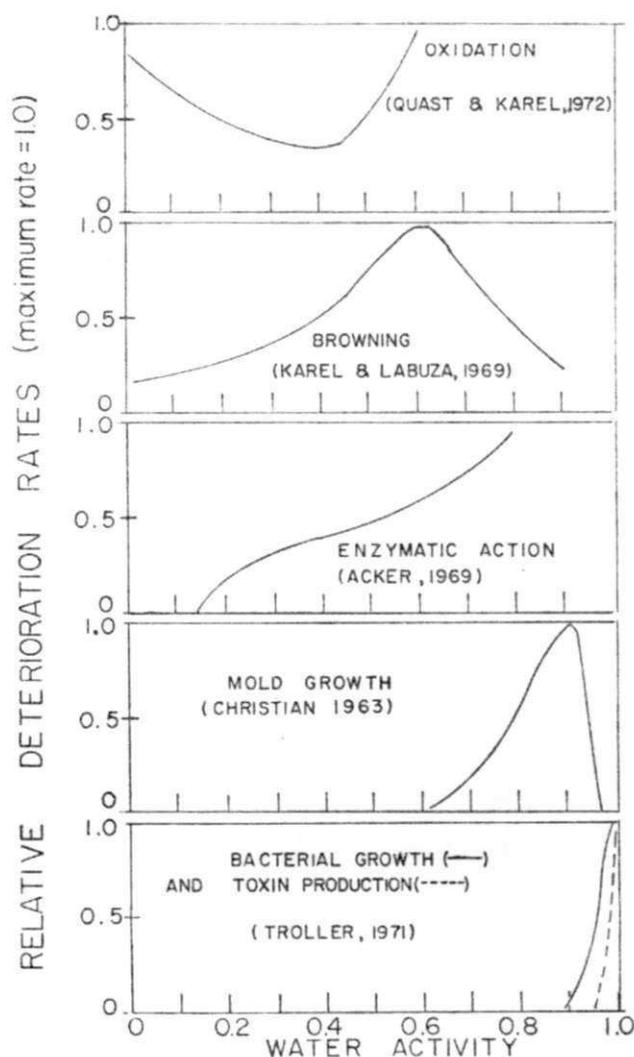


Figura 2.6. Índices de velocidade dos processos modificadores, em função da atividade de água SPICER (1974)

Segundo NOREÑA *et al.* (1996) a atividade de água tem sido considerada como uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos. Para TROLLER & CHRISTIAN (1978) as características mais importantes dos métodos de medida de atividade de água, são: precisão, reprodutibilidade, rapidez, baixo custo, fácil utilização e durabilidade.

Normalmente, a maioria dos métodos empregados para determinação da atividade de água requer fontes padrões de referência de pressão de vapor na faixa de

interesse, para calibração de equipamentos, tais como higrômetros de fibra, higrômetros eletrônicos e outros. Usam-se, geralmente, soluções saturadas de sais de atividade de água na faixa de 0,10 a 0,90, cujos valores para os sais mais freqüentemente usados são apresentados na Tabela 2.8 (Gal & Stoloff citados por NOREÑA *et al.* 1996).

Tabela 2.8. Variação de umidade relativa de equilíbrio com a temperatura

Sal	UR (%)					
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
NaOH	7,0	7,0	6,5	6,0	4,5	2,0
LiCl	11,2	11,2	11,0	11,0	11,0	11,0
MgCl ₂	33,2	32,5	31,7	31,7	30,5	29,5
NaNO ₂	65,5	63,5	61,5	60,0	59,0	59,0
NaCl	75,5	75,5	75,5	74,5	74,0	74,0
KCl	83,5	83,5	82,0	81,0	80,0	79,5
BaCl ₂	90,7	90,0	89,3	88,5	87,5	87,0
CuSO ₄	97,3	96,8	96,2	95,0	93,5	92,5

Fonte : Noreña *et al.* (1996)

O uso de soluções de cloreto de sódio foi proposto por CHIRIFE & RESNIK (1984) como padrão na calibração de equipamentos de medida de atividade de água, na faixa de 0,76 a 1,00 unidade de atividade de água, porque existe uma concordância universal entre os valores de atividade de água experimentais e calculados em tais soluções.

2.3.1. Métodos de determinação

Existem vários métodos e equipamentos de determinação de atividade de água que podem ser classificados em métodos diretos e indiretos.

2.3.1.1.. Métodos diretos

2.3.1.1.1. Métodos gravimétricos

Neste método realiza-se a determinação da curva completa de sorção de umidade do produto a dada temperatura permitindo, posteriormente, calcular-se a atividade de água da amostra, para uma umidade.

Consiste em colocar o material seco (adsorção) ou fresco (dessorção) em contato com diversas umidades relativas conhecidas, até atingir o equilíbrio e, subseqüentemente, determinam-se as umidades das amostras, através do método padrão recomendado para cada produto.

As várias umidades relativas são obtidas com soluções salinas saturadas ou soluções de ácido sulfúrico. Os sais escolhidos devem mudar pouco sua solubilidade com a temperatura, sendo que os mais utilizados são os constantes na Tabela 2.8.

O método fornece uma informação completa da curva de sorção do produto, entretanto, é demorado, já que os tempos para atingir o equilíbrio podem ser longos (duas a quatro semanas).

2.3.1.1.2. Método da interpolação gráfica

Proposto por LANDROCK & PROCTOR (1951) e descrito por GUARDA & ALVAREZ (1991) este método consiste em colocar a amostra em atmosferas de umidades relativas conhecidas, da mesma forma que no método gravimétrico, por curtos tempos de contato. Dependendo da atividade de água da solução ser menor ou maior que a da amostra, esta sorverá ou dessorverá água. A determinação requer um período de contato relativamente curto (duas a três horas). A mudança de peso é determinada e colocada em um gráfico, em função da umidade relativa. A umidade relativa de equilíbrio é obtida por interpolação gráfica no ponto onde não ocorrem perda nem ganho de peso.

Este método apresentou bons resultados para purê de batatas em pó, café, chocolate gelatina, queijos e biscoitos salgados (Landrock & Proctor, Prior & Van Vuuren citados por NOREÑA *et al.*, 1996).

Em relação à precisão, este método apresentou coeficientes de variação de 8,6% para testes realizados com gelatina, e de 2,5% para determinações em pão (PRIOR, 1979).

2.3.1.1.3. Método do equilíbrio isopiéstico

Neste método, descrito por TROLLER & CHRISTIAN (1978) o ganho de peso de algum material adsorvente de referência como, por exemplo, celulose microcristalina ou alguma proteína como a caseína, é medido a diferentes níveis de umidade relativa, calculando-se uma isoterma de sorção padrão. A seguir, as amostras são equilibradas com o material de referência geralmente num dessecador a vácuo, por um período de 24 a 48 horas, ao final do qual o material de referência é pesado para determinar seu teor de umidade, e sua atividade de água é determinada na isoterma de sorção padrão e, por ter atingido o equilíbrio, a atividade de água do alimento é a mesma alcançada pelo material.

A precisão deste método é de aproximadamente 0,002 unidades de atividade de água. É recomendado para altos valores de atividade de água (0,80 a 0,99) e foi empregado com sucesso para embutidos, bolos e sobremesas.

2.3.1.1.4. Método manométrico

Neste método a atividade de água pode ser determinada por medida direta da pressão de vapor, exercida pela amostra. É calculada da relação da pressão de vapor da amostra com a pressão de vapor da água pura, a mesma temperatura. A amostra é colocada num sistema no qual se faz vácuo para eliminar o ar e, posteriormente, determina-se a pressão, através de um manômetro. O controle de temperatura é um dos fatores mais críticos para a precisão do método (LABUZA, 1976).

MALLET *et al.* (1974) indicam que esse método é muito preciso mas tem, como desvantagem, o preparo de aparatos de vidro com boa vedação à entrada de ar.

2.3.1.2. Métodos Indiretos

A atividade de água pode também ser medida de forma indireta, por métodos que quantificam algum outro parâmetro, como condutividade elétrica, resistência ou capacitância de um material sensível, ponto de orvalho, elasticidade de uma fibra protéica quando hidratada, e outros. Essas medidas são relacionadas à atividade de água, empregando-se curvas padrão, monogramas, equações e/ou tabelas (TROLLER, 1983).

2.3.1.2.1. Higrômetro de fibra

Este método baseia-se na mudança de comprimento de uma fibra ao adsorver ou dessorver umidade. Atingido o equilíbrio, não mais ocorre variação de comprimento e a atividade de água é lida diretamente no indicador de atividade de água. É um método relativamente barato e de fácil manipulação.

Entre os equipamentos que utilizam este princípio, destaca-se o DECAGON, que oferece bons resultados para produtos com atividade de água na faixa de 0,03 a 1,00 e que, de acordo com o fabricante, tem precisão de $\pm 0,003$ unidades de atividade de água (Jonston & Lin citados por NOREÑA *et al.* 1996).

2.3.1.2.2. Higrômetro eletrônico

Existem três tipos básicos descritos por JONSTON & LIN (1996).

O primeiro se baseia na capacidade que a lâmina higroscópica de cloreto de lítio tem de alterar sua resistência elétrica ou condutância, devido a uma mudança de umidade relativa, no espaço do porta-amostra, enquanto o segundo está baseado na variação da impedância elétrica que uma substância líquida higroscópica apresenta, ao adsorver ou dessorver umidade. O valor da impedância reflete o conteúdo de umidade da

substância, que é calibrada em termos de atividade de água; por fim, o terceiro se baseia na mudança de capacitância do elemento sensor, que é um pequeno filme o qual contém um chip capacitor, composto de um eletrodo com um polímero dielétrico.

2.3.1.2.3. Método do ponto de orvalho

O princípio básico deste método, descrito por TROLLER & CHRISTIAN (1978) é que o ar pode ser resfriado sem mudança no seu conteúdo de umidade, até atingir a saturação. A temperatura em que isto ocorre pode ser determinada observando-se a condensação do vapor de água em uma superfície resfriada. O ponto de orvalho está relacionado com a pressão de vapor e, conseqüentemente, com a atividade de água, mediante diagramas psicrométricos.

2.3.1.2.4. Medida da depressão do ponto de congelamento

A determinação dos níveis de atividade de água de soluções pode ser acompanhada pela determinação precisa da depressão do ponto de congelamento dessas soluções, em relação à água pura.

A depressão do ponto de congelamento de um produto é a diferença entre a temperatura de congelamento do produto que se quer analisar e a temperatura de congelamento da água pura NOREÑA *et al.* (1996).

Este método é preciso e tem sido utilizado para soluções com alto valor de atividade de água ALZAMORA *et al.* (1981).

Os métodos experimentais de medida da depressão do ponto de congelamento, segundo Diaz, citado por MOURA (1998) podem ser classificados como:

- aqueles que requerem o uso de instrumentos comuns de laboratório, quais sejam: método de equilíbrio bitérmico, método do papel de filtro impregnado com sais, método da depressão do ponto de congelamento, método baseado na cor induzida pela

alta umidade, método da interpolação gráfica e método gravimétrico. Esses métodos, embora precisos (exatidão de 0,005 unidades de atividade de água) requerem elevado tempo de equilíbrio, sofrem flutuações devido a temperatura e podem sofrer problemas com histerese

- aqueles que necessitam de aparelhos especiais, como: higrômetro do fio de cabelo, higrômetros eletrônicos, higrômetros de ponto de orvalho, medida manométrica da pressão de vapor e psicômetros. Esses métodos são mais simples e rápidos, mas necessitam de freqüente calibração, são mais caros e, em alguns casos, podem sofrer contaminação por voláteis.

2.3.2. Comportamento microbiano em função da atividade de água do alimento

Bactérias deterioradoras

O desenvolvimento microbiano nos alimentos é condicionado por diversos fatores: intrínsecos, quando inerentes ao alimento; ambientais, como temperatura, umidade relativa e atmosfera, e os denominados extrínsecos, quando exteriores ao alimento. A atividade de água é um dos principais fatores intrínsecos, juntamente com pH, potencial de oxirredução e composição do alimento, uma importância crítica na estabilidade dos diferentes produtos (BANUART 1979; FRAZIER 1978).

De maneira geral, quando os fatores intrínsecos e extrínsecos se afastam das condições ótimas para o crescimento de determinada espécie microbiana, a sua resistência a ambientes com baixa atividade de água decresce, ou seja, a atividade de água mínima, permitindo o crescimento, sofre sensível aumento; no entanto, diz-se que as bactérias são normalmente mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, seguida dos bolores e leveduras, embora entre esses últimos algumas espécies se destaquem pela elevada tolerância a baixa atividade de água. Apesar da possibilidade de deterioração microbiana cessar em alimentos com atividade de água abaixo de 0,60, não significa, necessariamente, destruição dos microrganismos contaminantes.

Os microrganismos encontrados em farinhas são, em geral, os mesmos normalmente encontrados em grãos. Estes são carreados aos grãos através do solo, água e ar e, durante as etapas de processamento, estão sujeitos a novas contaminações. Por serem, na grande maioria, microrganismos aeróbicos, apresentam apenas metabolismo oxidativo com CO_2 e H_2O como produtos finais do metabolismo de carboidratos. Estes microrganismos, ao contrário das leveduras, são ativos produtores de enzimas capazes de hidrolisar os polissacarídeos – amido e pectina, sendo algumas espécies do gênero *Aspergillus* importantes neste tipo de deterioração.

A microbiota fúngica da farinha é usualmente constituída por bolores do gênero *Aspergillus* e *Penicillium*, e os efeitos da invasão fúngica, determinam no produto, danos físico-químicos e são responsáveis pela produção de aflatoxinas, que é patogênica para seres humanos e animais (Fonseca & Lacaz citados por CATÃO, 1999).

Conforme já mencionado as bactérias apresentam maiores exigências à água livre do alimento, comparativamente aos bolores e leveduras. Deste modo, bactérias Gram negativas, mais importantes, incluindo *Pseudomonas spp.* e as *Enterobacteriaceae*, normalmente crescem apenas em alimentos com atividade de água superior a 0,96 e 0,93, respectivamente, com exceção de cepas de *Enterobacter*, capazes de se multiplicarem em meio com atividade de água igual a 0,90. Com as bactérias Gram positivas, não esporogênicas, verifica-se maior tolerância, de sorte que representantes da família *Lactocillaceae* têm limite mínimo em torno de atividade de água igual a 0,90, enquanto alguns *Micrococcaceae* crescem em meio com atividade de água abaixo de 0,90.

Em sua maioria, os *Bacillus spp.*, que são bactérias esporogênicas, multiplicam-se em meio com valores de atividade de água entre 0,89-0,94.

Uma exceção entre as bactérias deterioradoras é representada pelas bactérias halófilas, particularmente nos gêneros *Halobacterium* e *Halococcus*, capazes de crescerem em salmouras saturadas com atividade de água de equilíbrio na faixa de 0,75 (CHRISTIAN, 1980).

Na Tabela 2.9 estão contidos alguns dados referentes ao comportamento de bactérias deterioradoras, em função da atividade de água.

Tabela 2.9. Valores mínimos de atividade de água para o desenvolvimento de bactérias deterioradoras

Microrganismo	Atividade de água mínima
<i>Moraxella sp</i>	0,95 – 0,98
<i>Acinetobacter sp</i>	0,95 – 0,98
<i>Aeromonas sp</i>	0,95 – 0,98
<i>Alcaligenes sp</i>	0,95 – 0,98
<i>Flavobacterium</i>	0,95 – 0,98
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0,94
<i>Escherichia coli</i>	0,95
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,97
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,96 – 0,98
<i>Lactobacillus plantarum</i>	0,94
<i>Lactobacillus sp</i>	0,90 – 0,94
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	0,94
<i>Leuconostoc spp</i>	0,96 – 0,98
<i>Microbacterium sp</i>	0,94
<i>Micrococcus luteus</i>	0,93
<i>Halobacterium halobium</i>	0,75
<i>Bacillus megatherium</i>	0,95
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	0,93
<i>Bacillus subtilis</i>	0,90

Fonte: Banwart & Christian citados por LEITÃO (1987)

Bactérias patogênicas

São bastante extensos os estudos em que se procur avaliar o comportamento das bactérias patogênicas, em função da atividade de água, face à importância deste grupo no que se refere à saúde pública. Sabe-se, no entanto, que os valores mínimos de água livre

compatíveis com a multiplicação sofrem variações em função da espécie microbiana e tipo de substrato contaminado. Na Tabela 2.10 estão contidos alguns dados referentes ao comportamento de bactérias patogênicas, em função da atividade de água (BANWART; 1979; CHRISTIAN, 1980; TROLLER, 1973).

Tabela 2.10. Valores mínimos de atividade de água para desenvolvimento de bactérias patogênicas

Microorganismo	Atividade de água mínima
<i>Salmonella spp</i>	0,95
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,95
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,94
<i>Staphylococcus aureus</i> - crescimento	0,83
<i>S. aureus</i> – produção de toxina	0,93
<i>Bacillus cereus</i>	0,92 – 0,95
<i>Clostridium perfringens</i>	0,95
<i>Clostridium botulinum</i> tipo A	0,94
<i>Clostridium botulinum</i> tipo B	0,95
<i>Clostridium botulinum</i> tipo E	0,97

Fonte: (BANWART; 1979; CHRISTIAN, 1980; TROLLER, 1973)

Entre as bactérias patogênicas, a maioria dos estudos está concentrada sobre *Clostridium botulinum* e *Staphylococcus aureus*. A resistência variável de *Clostridium botulinum*, em função do estágio de desenvolvimento, foi demonstrada nos trabalhos revistos por (TROLLER, 1973).

Bolores e Leveduras

De acordo com LEITÃO (1987) os bolores e leveduras, apesar de apresentarem uma velocidade de crescimento mais lenta que a das bactérias são, por outro lado, capazes de se desenvolverem em meios com atividade de água reduzida. De modo geral, a grande maioria das leveduras exige nível de água livre para seu desenvolvimento em torno de 0,88; já para os bolores, esse nível oscila em torno de 0,80; entretanto, existem

muitas espécies de bolores e leveduras demonstrando elevada tolerância a ambientes com baixa atividade de água. Entre os bolores, as espécies xerófilas são agentes deterioradores de grãos e cereais armazenados, com capacidade de crescerem em atividade de água abaixo de 0,85 (entre 0,61 – 0,70). Com relação às leveduras, as osmófilas toleram substrato com elevada concentração de açúcares e atividade de água próximo de 0,60. A Tabela 2.11 contém alguns dados de como se comportam bolores e leveduras, em função dos níveis de água livre.

Tabela 2.11. Comportamento de bolores e leveduras em função dos níveis mínimos de atividade de água

Microrganismo	Atividade de água mínima
<i>Aspergillus niger</i>	0,77
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0,82
<i>Aspergillus restrictus</i>	0,75
<i>Aspergillus wentii</i>	0,84
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0,79
<i>Penicillium citrinum</i>	0,80
<i>Penicillium expansum</i>	0,83
<i>Rhizopus nigricans</i>	0,93
<i>Mucor plumbeus</i>	0,93
<i>Alternaria citri</i>	0,84
<i>Botrytis cinérea</i>	0,93
<i>Saccharomices cerevisiae</i>	0,90
<i>Debaryomyces hansenii</i>	0,89 – 0,90
<i>Hansenula sp</i>	0,88 – 0,92
<i>Rhodotorula sp</i>	0,62
<i>Saccharomyces rouxii</i>	0,62
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	0,80

Fonte: Christian & Duckworth, citados por LEITÃO (1987)

BANWART (1979); CHRISTIAN (1980) & GENIGIORGIS (1979) fizeram uma abordagem completa das categorias de alimentos, em função da atividade de água, com os respectivos riscos e processos de deterioração, quais sejam:

- alimentos com atividade de água maior que 0,98. Pertencem a este grupo carnes frescas, leite, frutas e hortaliças. Produtos deste grupo estarão sujeitos a deterioração por bactérias e bolores e leveduras
- alimentos com atividade de água menor que 0,98 e até 0,93. Neste grupo incluem-se carnes curadas, ovos, sucos de frutas, queijos, pão, alimentos contendo até 50% de sacarose ou 10% de cloreto de sódio. Pode ocorrer deterioração bacteriana provocada por espécies Gram positivas ao lado de bolores e leveduras
- alimentos com atividade de água entre 0,85 e 0,93. Englobam produtos como leite condensado, salame, queijos duros, produtos de confeitaria, marmeladas, alimentos contendo até 65% de sacarose ou 18% de cloreto de sódio. Deterioração bacteriana restrita a bactérias Gram positivas, na forma de cocos (*Micrococcus*, *Staphylococcus*) ao lado de leveduras deterioradoras
- alimentos com atividade de água menor que 0,85 e até 0,60. São alimentos como melaço, geléias, goiabada, farinha, mel, frutas secas, caramelo, suco cítrico concentrado, coco ralado, pescado salgado e outros alimentos com até 26% de cloreto de sódio. A deterioração microbiana é restrita às bactérias halófilas, no caso de alimentos salgados com atividade de água até 0,75. Alimentos sujeitos a deterioração geralmente lenta, por bolores xerófilas ou leveduras osmófilas
- alimentos com atividade de água menor que 0,60. Os produtos pertencentes a este grupo são microbiologicamente estáveis, sem possibilidade de crescimento microbiano, a não ser que tenham seu teor de umidade elevado em função de armazenamento inadequado.

2.4. Colorimetria

A aparência de um alimento tem importância no seu processo de aceitabilidade. Face a esta afirmação, a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, não somente dos naturais como, também, dos processados. A cor resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural (pigmentos naturais) ou da adição intencional de corantes sintéticos. Afora esses compostos, durante o processamento ou armazenamento de certos produtos alimentícios pode haver formação de substâncias coloridas, como é o caso dos caramelos, por exemplo (BOBBIO & BOBBIO, 1989).

De acordo com SILVA (1973) a cor de um alimento pode variar consideravelmente de lugar para lugar e de estação para estação, dependendo de numerosos fatores. Sendo assim, pode servir não só como um importante critério de qualidade mas, também, como indicador de vários tipos de mudanças deteriorativas sofridas pelo produto.

Além dos pigmentos naturais: clorofilas, carotenóides e flavonóides, que são os principais tipos de pigmento encontrados nos vegetais, existem também outros dois grupos de pigmentos: as betalainas e os taninos, encontrados unicamente nos vegetais (BOBBIO & BOBBIO, 1989). Ainda segundo os autores, a clorofila é abundante principalmente nos frutos jovens e folhas e é responsável pela cor verde. Sua degradação ocorre devido a fatores como alteração do pH, atividade enzimática, oxidantes e outros.

Os carotenóides são substâncias coloridas amplamente distribuídas na natureza, principalmente em plantas (nos cloroplastos) sempre acompanhando as clorofilas. São geralmente de cor amarela e laranja, podendo apresentar cor vermelha.

Em alimentos, extratos naturais contendo carotenóides extraídos de urucum, açafrão, páprica, tomate etc, têm sido usados para colorir-los, porém a quantidade de pigmentos existentes na natureza não é suficiente para suprir a demanda desses compostos, usados em substituição aos corantes sintéticos.

Os flavonóides englobam uma classe muito importante de pigmentos naturais encontrados com grande frequência na natureza, unicamente nos vegetais, e são divididos em antocianinas e antoxantinas.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) as antocianinas são pigmentos responsáveis por uma variedade de cores atrativas e brilhantes de frutas, flores e folhas que variam do vermelho ao violeta e azul. Em função do pH, as antocianinas variam os tons de vermelho, púrpura ou violeta e azul, nas faixas de pH ácido, neutro e alcalino, respectivamente.

As antoxantinas são pigmentos de cores claras, extraídos de flores brancas ou amarelas, e em alimentos como batata e repolho branco. Diferem das antocianinas por serem mais facilmente oxidados.

Segundo OLIVEIRA (2000) os corantes naturais utilizados pelo homem são extratos de plantas ou parte destas) e de alguns animais (caracóis e insetos). Ainda segundo o mesmo autor, para que uma espécie vegetal possa ser fornecedora de corante, é necessário:

- estar o pigmento presente em alta concentração na planta;
- ser de fácil purificação;
- ser isenta de substâncias que possam causar toxidez;
- ser de produção elevada, de fácil cultivo e colheita.

O autor relaciona algumas matérias-primas utilizadas como fontes de cor, dentre elas: tons laranja - urucum, páprica, cenoura, dendê, coco, girassol e laranja; tons amarelo - cúrcuma, marigold, carthamus, urucum, gardênia, camomila, açafraão, arnica, uva espin etc.

Já para PAUMAGARTEEN (2000) o uso de corantes naturais em alimentos, medicamentos e cosméticos, tem aumentado cada vez mais, porém se tem estudado pouco com relação ao aspecto toxicológico desses materiais. Para o pesquisador, a falta de

informações quanto aos dados toxicológicos limita a avaliação de segurança desses produtos e leva, em última análise, à fixação de valores de IDA (ingestão diária aceitável) baixos para esses corantes.

As alterações dos pigmentos podem ser detectadas através da medida da cor que, por sua vez, pode ser usada como um método indireto de análise para estimar compostos coloridos em alimentos sendo, na maioria das vezes, mais simples e rápido que a análise química (FRANCIS 1983).

2.4.1. Métodos para medição da cor

Por volta de 1930, a medição de cor era feita por intermédio de Atlas ou Dicionário de cor. Em 1936, começaram a ser usados alguns papéis de Munsell, mas somente em 1956 foi dada maior intensidade ao estudo sobre a medida de cor (SILVA, 1973).

Espectrofotometria

A cor de um objeto pode ser definida medindo-se o teor de reflexão da luz da superfície do objeto a cada comprimento de onda da faixa visível do espectro. Essa determinação pode ser feita pelo uso de espectrofotômetros (JOHNSON, 1965).

Um tipo de espectrofotômetro comumente usado na indústria é o Agron Reflectance Spectrophotometer, que permite a avaliação da cor do produto, que é dada em reflectância monocromática, na linha espectral desejada, sendo que, para isto, possui fontes de luz monocromáticas e filtros de interferência. As linhas espectrais monocromáticas são: azul, verde e vermelho. Geralmente, a escolha da linha espectral a ser usada obedece a seguinte orientação:

Linha verde: produtos de coloração laranja, amarelo-vermelho, amarelo-esverdeado e verde.

Linha vermelha: produtos de coloração vermelha, marrom e bege.

Linha azul: produtos como papel, farinha e produtos de laticínios.

De modo geral, a linha espectral mais indicada é aquela que mais se aproxima da cor do produto.

Sistema colorímetro de três estímulos

Em 1952, Hunter, citado por SILVA (1973) desenvolveu um colorímetro fotelétrico de três estímulos, equipamento que tem alcançado grande aceitação da indústria de alimentos, o qual se chama Hunter Color and Color Difference Meter, que faz medições precisas da cor de superfícies planas, como elas aparecem à luz do dia. Os valores de cor são lidos em três escalas:

L – mede a claridade e varia de 100 para superfícies perfeitamente brancas, até zero para o preto;

a – mede a quantidade de vermelho, quando positivo, cinza, quando zero e verde, quando negativo;

b – mede a quantidade de amarelo, quando positivo, cinza, quando zero e azul, quando negativo.

Sistema de cor de Munsell

Este sistema é muito utilizado na indústria de alimentos, é baseado no uso de três ou quatro discos coloridos, cada um cuidadosamente calibrado em termos de hue (verde, vermelho etc.), value (claro ou escuro) e chroma (indica intensidade de cor).

Este método, embora largamente utilizado, não é preciso, pois as cores são igualadas visualmente, que o torna muito subjetivo (SILVA, 1973).

Métodos simplificados

Às vezes, pode-se obter estimativas satisfatórias da cor de alguns produtos com o emprego de menos de três medidas, o que é feito por métodos simplificados, altamente correlacionados com a avaliação humana da qualidade da cor.

KRAMER & TWIGG (1962) determinaram a cor de produtos por meio do pigmento presente no alimento. A extração do pigmento é feita por meio de solventes e a cor do extrato é medida em um espectrofotômetro, em termos de porcentagem de transmitância, a um comprimento de onda específico. A maior concentração do pigmento na solução resulta em uma porcentagem menor de transmitância.

Um outro método é a comparação da cor de produtos alimentícios com algo visualmente equivalente à cor desejada, tal como um padrão. Um exemplo é a medição da cor de suco de laranja, que é comparada com uma série de tubos plásticos de coloração de intensidade variável.

2.5 Embalagem

BERGEROT (1980) define embalagem como um meio de manter as condições ideais exigidas para cada produto, isolando-o total ou parcialmente do ambiente que o cerca.

O emprego de materiais flexíveis na embalagem de alimentos tem crescido muito nos últimos anos. Apesar de certa relutância no início, os plásticos flexíveis se firmaram no mercado constituindo, atualmente, uma das mais econômicas e seguras opções para embalar alimentos (MADI *et al.*, 1988).

Segundo VITTI *et al.* (1990) grãos e seus derivados como farinhas, farelos e fubás, são freqüentemente atacados por insetos durante o armazenamento tornando, muitas vezes, esses produtos impróprios para consumo. Muitas espécies de insetos possuem a

capacidade de perfurar os materiais de uso mais comum nas embalagens dos citados produtos.

Para LAUDANI (1963) o emprego de embalagens que dificultam ou até mesmo impedem a penetração de insetos, é um método auxiliar no combate das infestações dos produtos armazenados. O autor defende o uso de embalagem apropriada como sendo o principal meio de proteção dos alimentos contra danos causados por insetos durante o transporte e armazenamento. Ainda de acordo com o pesquisador, os materiais de embalagens mais comumente usados por ordem crescente de resistência, são: filme de poliéster, alumínio, filme de polietileno, celofane, papel Kraft, náilon e algodão.

As principais funções das embalagens são: conter, proteger, transportar, vender e educar (MENDES & ANJOS 1980; BERGEROT, 1980). Os autores relacionam os aspectos que envolvem cada uma das principais funções da embalagem.

A função proteger envolve:

- proteger contra ataque de microrganismos;
- proteger contra perda e absorção de umidade;
- proteger contra contatos com gases, principalmente o oxigênio;
- proteger contra raios diretos de luz;
- proteger contra alterações nas características organolépticas do produto;
- proteger contra danos mecânicos;
- proteger contra ataques de pássaros, insetos e roedores.

O conter envolve:

- compatibilidade produto-embalagem;
- facilitar manuseio, transporte e armazenamento;
- unitização.

O vender envolve:

- apresentar boa aparência, quanto ao brilho e cor;
- ser de fácil impressão;

- identificação;
- viabilidade econômica.

O educar envolve:

- informação sobre o uso do produto, sua composição e melhor maneira de preparo;
- habituar o consumidor à reciclagem de embalagem ONE WAY, o que gera dentre outras as seguintes vantagens:
 - a) fonte de matéria-prima de alta pureza e baixo custo para a indústria;
 - b) economia de divisas para o País;
 - c) maior higiene ambiental;
 - d) fonte de renda para catadores e vendedores desse tipo de material;
 - e) fonte de novos empregos;
 - f) promoção de trabalhos educacionais;
 - g) habituar o consumidor a separar o lixo entre orgânico, metálico, vidros, plásticos, papel e papelão.

CABRAL & FERNANDES (1980) consideram a embalagem a fronteira entre dois segmentos de um único universo: o micro, constituído pelo alimento e seu espaço livre, e o macro, que corresponde a todo ambiente que o cerca. Este pensamento, ao mesmo tempo em que ressalta a necessidade do perfeito conhecimento do produto, simplifica o entendimento dos vários aspectos envolvidos na perda de sua qualidade durante a estocagem. Os autores citam, como exemplo, uma embalagem de café torrado e moído. Nela se destacam os componentes majoritários do produto, o gás carbônico e o ar atmosférico no interior da embalagem e os fatores extrínsecos: umidade relativa ambiente, oxigênio, luz e temperatura que, em maior ou menor escala, interferem na sua deterioração. Para que se possa proteger o produto com eficácia, é fundamental o conhecimento de como este perde qualidade – fatores intrínsecos.

A embalagem, em decorrência, cria um micro-ambiente no seu interior, menor ou maior influência do macro-ambiente, em função do material utilizado.

Alimentos enlatados não sofrerão nenhuma influência da luz, do oxigênio nem da umidade relativa externa, mas sofrerão oscilações de temperatura, uma vez que, para sua grande maioria os materiais de embalagem não são isolantes térmicos.

Frutas frescas acondicionadas em filmes flexíveis necessitam de proteção mais sofisticada, pois deve ser considerada a respiração durante a estocagem. Neste caso, a embalagem não poderá ser hermética deve permitir o fornecimento de oxigênio e liberação de gás carbônico em quantidades predeterminadas, além de reter a umidade do produto, evitando a perda de peso e, como conseqüência, o murchamento.

Alimentos desidratados necessitam de proteção contra penetração de umidade, de modo a não ocorrer o empedramento ou aglomeração. Há casos em que a embalagem deverá impedir a passagem de oxigênio e luz, evitando a rancificação de produtos com alto teor de gordura (CABRAL *et al*, 1983).

Ainda segundo os autores, o produto acondicionado deverá permanecer adequado para o consumo, pelo tempo estabelecido pelo fabricante, surgindo daí a expressão vida-de-prateleira ou vida útil que, segundo definição do IFT (Institute of Food Technologists) é o período de tempo decorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentício, no qual o mesmo se caracteriza pelo nível satisfatório de qualidade, avaliado pelo valor nutritivo, sabor, textura e aparência. Caso existam interações alimentos – materiais de embalagem, estas devem permanecer em níveis considerados aceitáveis.

Ainda conforme o IFT, os principais parâmetros relacionados com o estudo e estimativa da vida-de-prateleira, são:

- valor nutritivo, avaliado pela concentração de vitaminas e proteínas;
- crescimento microbiano, ação enzimática ou infestação de insetos;
- qualidades estéticas como sabor, aroma, textura, aparência geral.

Dentre estes, as qualidades estéticas são as que mais diretamente tocam o consumidor, já que este não reúne condições de analisar o produto sob outro aspecto.

2.5.1. Contaminação Microbiana

O crescimento microbiano é fator importante na manutenção da qualidade de alimentos pois, embasado nesta afirmação, os alimentos podem ser divididos em duas classes principais: perecíveis e não perecíveis (Hearne citado por CABRAL, 1983)

Alimentos perecíveis são aqueles em que a deterioração de origem microbiológica normalmente antecede as demais. A estocagem prolongada desse tipo de alimento necessita de processamento térmico, congelamento ou desidratação. Como exemplos, podem ser citados carne, leite e derivados.

Já os alimentos não perecíveis podem ser estocados a temperatura ambiente, sem que ocorra crescimento microbiano pelo menos a níveis que impliquem em sua deterioração. Como exemplos citam-se grãos e cereais, alimentos enlatados e desidratados.

2.5.2. Oxidação de lipídios

A oxidação lipídica, é certamente, uma das mais importantes reações de deterioração da qualidade em alimentos, tendo sido estudada por diversos autores, entre eles LABUZA (1971).

CABRAL (1983) resumiu o mecanismo de oxidação lipídica da seguinte forma: a partir dos ácidos graxos, principalmente os de cadeias insaturadas que ocorrem com maior frequência presentes em óleos vegetais e em gorduras animais, há formação de peróxidos e sua decomposição, dando origem a compostos voláteis (cetonas e aldeídos, principalmente) responsáveis pelo sabor e odor rançosos, que tornam os alimentos impróprios para o consumo.

2.5.3. Alterações devido ao ganho de umidade

Nos alimentos com baixo teor de água, o ganho de umidade por parte do produto terá, como consequência, o aumento de sua atividade de água. A níveis de

atividade de água menores que 0,60, a possibilidade de crescimento microbiano é remota; contudo, o escurecimento não enzimático, atividade enzimática, a oxidação de lipídios e a própria aglomeração, podem levar o alimento mais rapidamente ao limite de sua vida útil, que normalmente é estabelecido em termos de umidade máxima permissível (Heiss, citado por CABRAL, 1983).

O polipropileno é um material largamente utilizado na embalagem de alimentos; esse tipo de embalagem apresenta boa resistência a ácidos fortes e álcalis, muito boa resistência a gases e ao vapor de água, excelente resistência a gorduras e sua permeabilidade ao oxigênio é inferior ao poliestileno.

De acordo com CABRAL (1983) em função da disposição das moléculas que constituem o polímero, o polipropileno pode ser classificado em orientado e não orientado. As características físico-mecânicas dos dois tipos de polipropileno até 75 μ de espessura, são:

1. Polipropileno não orientado

- Densidade (g/cm^3) -----	0,90
- Resistência a tração (kg/cm^2) -----	211 – 422
- Alongamento (%) -----	200 – 500
- Resistência ao rasgamento (g/μ) -----	1,57 – 12,91
- Faixa de soldagem ($^{\circ}\text{C}$) -----	163 – 204
- Permeabilidade ao vapor de água $\text{g}/24\text{h.m}^2$ (38°C e 90% U.R. – filme de 25 μ de espessura) -----	8 - 10
- Permeabilidade a O_2 ($\text{cm}^3 \cdot 25 \mu / \text{m}^2 \cdot 24\text{h. atm}$) -----	1300 – 6400
- Permeabilidade a CO_2 ($\text{cm}^3 \cdot 25 \mu / \text{m}^2 \cdot 24\text{h. atm}$) -----	7700 – 21000
- Resistência a gorduras -----	excelente
- Máxima temperatura de uso ($^{\circ}\text{C}$) -----	121
- Mínima temperatura de uso ($^{\circ}\text{C}$) -----	abaixo de zero grau crítico
- Alterações dimensionais a altas umidades relativas -----	nenhuma
- Flamabilidade -----	queima lentamente
- Maquinabilidade -----	regular a boa

- Características de impressão ----- requer tratamento
- Selagem ----- calor
- Termoencolhimento ----- não

Polipropileno orientado

- Densidade (g/cm^3) ----- 0,90
- Resistência a tração (kg/cm^2) ----- 1757 - 2109
- Alongamento (%) ----- 70 – 100
- Resistência ao rasgamento (g/μ) ----- 0,16 – 0,24
- Faixa de soldagem ($^{\circ}\text{C}$) ----- requer revestimento
- Permeabilidade ao vapor de água $\text{g}/24\text{h.m}^2$ (38°C e 90% U.R. – filme de 25 μ de espessura) ----- 4
- Permeabilidade a O_2 ($\text{cm}^3 \cdot 25 \mu / \text{m}^2 \cdot 24\text{h. atm}$) ----- 2400
- Permeabilidade a CO_2 ($\text{cm}^3 \cdot 25 \mu / \text{m}^2 \cdot 24\text{h. atm}$) ----- 8400
- Resistência a gorduras ----- excelente
- Máxima temperatura de uso ($^{\circ}\text{C}$) ----- 135
- Mínima temperatura de uso ($^{\circ}\text{C}$) ----- -60
- Alterações dimensionais a altas umidades relativas ----- nenhuma
- Flamabilidade ----- queima lentamente
- Maquinabilidade ----- boa
- Características de impressão ----- requer tratamento
- Selagem ----- calor
- Termoencolhimento ----- alguns tipos

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia de Alimentos – Campus I, e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas – Campus II, da UFPb, durante o período compreendido entre junho e dezembro de 2001.

3.1. Matéria-prima

A matéria - prima utilizada neste estudo, consistiu de cinco amostras, quais sejam: farinha de mandioca seca, corante natural, cloreto de sódio, cebola em pó e gordura animal. As farinhas de mandioca temperadas foram elaboradas a partir desses materiais, cuja composição percentual se encontra discriminada no item 3.2 e embaladas em sacos plásticos de polipropileno pigmentado. Além da farinha de mandioca seca, foram obtidas também, da mesma batelada, uma amostra da mandioca “in natura” e uma de farinha de mandioca crua, processadas em uma casa-de-farinha localizada no município de Sapé, PB.

Os demais materiais, como corante natural (colorífero à base de urucum), cloreto de sódio (sal de cozinha) e a gordura animal (manteiga da terra) foram adquiridos na CEASA de João Pessoa, PB; apenas a cebola em pó foi obtida no Laboratório de Tecnologia de Alimentos

Objetivando-se caracterizar os materiais utilizados nos experimentos, realizaram-se as seguintes determinações químicas, físico-químicas, físicas microscópicas e microbiológicas em cada material:

- mandioca “in natura” e farinha de mandioca crua, Amostras A e B, respectivamente: umidade, cinzas, açúcares redutores, não redutores e totais e proteína total, segundo metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), fibra bruta de acordo com a metodologia descrita por KRAMER & GINKEL (1952), amido de acordo com LANARA (1981) e acidez alcoólica de acordo com a AOAC (1984)

- farinha de mandioca seca, Amostra A₀: umidade, cinzas, açúcares redutores, não redutores e totais e proteína total, segundo metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), fibra bruta, de acordo com a metodologia descrita por KRAMER & GINKEL (1952), amido de conformidade com LANARA (1981), acidez alcoólica de acordo com a AOAC (1984) e as determinações microbiológicas de coliformes fecais, bactérias mesófilas *Staphylococcus aureus*, bolores e leveduras e *Salmonella sp* segundo a metodologia descrita pela ICMSF (1997)
- cloreto de sódio, Amostra NaCl: umidade e cinzas, de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985)
- colorífero à base de urucum, Amostra - CN: umidade, cinzas, lipídios segundo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), bixina, conforme a AOAC (1984) e as determinações microbiológicas de coliformes fecais, contagem padrão em placa (bactérias mesófilas), bolores e leveduras, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella sp*, de acordo com a metodologia descrita pela ICMSF (1997)

3.2. Formulações

Foram elaboradas diferentes farinhas de mandioca temperadas, num total de quatro amostras, variando-se a composição e concentração dos componentes, em relação à quantidade de farinha de mandioca seca.

- 1) Amostra A₀ - farinha de mandioca seca

- 2) Amostra A₁ - farinha de mandioca temperada, tipo I
Corante natural – 10%
Cloreto de sódio – 1

- 3) Amostra A₂ - farinha de mandioca temperada, tipo II
Corante natural – 15%
Cloreto de sódio – 1%

4) Amostra A₃ - farinha de mandioca temperada, tipo III

Corante natural – 10%

Cloreto de sódio – 1%

Cebola em pó – 1%

Gordura animal – 3%

5) Amostra A₄ - farinha de mandioca temperada, tipo IV

Corante natural – 15%

Cloreto de sódio – 1%

Cebola em pó – 1%

Gordura animal – 3%

3.3. Processamento das amostras de farinhas temperadas

As operações do processamento e obtenção das farinhas temperadas, Amostras A₁, A₂, A₃ e A₄, utilizadas nos experimentos, encontram-se ilustradas no fluxograma da Figura 3.1



Figura 3.1. Fluxograma de processamento das farinhas de mandioca temperadas

Pesagem dos materiais

Todos os materiais empregados para a obtenção da farinha de mandioca temperada, foram pesados em balança eletrônica de prato e plataforma, visando quantificar, percentualmente, cada componente, em relação à quantidade de farinha de mandioca seca utilizada.

Homogeneização

Após serem pesados, os materiais de cada formulação foram conduzidos para um misturador mecânico para sólidos, de aço inoxidável, onde permaneceram por um período de aproximadamente cinco minutos, para total homogeneização da amostra.

Torrefação

Nesta etapa do processo, o material homogeneizado foi colocado num tacho metálico com agitador mecânico, aquecido a gás butano, com capacidade para dois quilogramas de massa, durante cinco minutos, em fogo brando, conforme ilustrado na Figura 3.2



Figura 3.2. Tacho misturador elétrico, com aquecimento a gás

Esfriamento

Depois de torrada, a farinha de mandioca temperada era colocada em tacho de alumínio, para esfriamento natural, até a temperatura ambiente.

Embalagem/Estocagem

O produto final obtido foi embalado em sacos plásticos de polipropileno pigmentado, capacidade média de 500g por embalagem, com a finalidade de evitar a influência da luz sobre o produto durante o armazenamento, e selados em seladora manual de resistência elétrica.

Para estocagem foram utilizados como embalagem secundária, sacos de polietileno de baixa densidade, contendo vinte unidades de 500 g mantidos a temperatura ambiente em local arejado, em João Pessoa., durante 180 dias.

3.4. Caracterização físico-química e química

Nas amostras de farinha de mandioca seca (Amostra A₀) e farinha de mandioca temperadas (Amostras A₁, A₂, A₃ e A₄), foram realizadas análises microbiológicas, químicas e físico-químicas, mensalmente, durante seis meses. Foi realizada, também, avaliação quanto às características microscópicas, granulométrica e sensorial.

A cada período de trintas dias, a contar do tempo igual a zero dia, correspondente ao período de armazenamento Po e durante cento e oitenta dias, foram realizadas, em cada uma das cinco Amostras (A₀, A₁, A₂, A₃ e A₄), as determinações de: acidez alcóolica, açúcares redutores, não redutores e totais, resíduo mineral fixo, umidade amido, proteína total, lipídios totais, fibra bruta e atividade de água.

3.4.1. Acidez alcoólica

Foi determinada a acidez alcoólica das amostras com auxílio de potenciômetro, utilizando-se a técnica de titulação com solução de NaOH padronizada (AOAC, 1984). Os resultados foram expressos em porcentagem (v/p).

3.4.2. Açúcares redutores, não redutores e totais

A determinação dos açúcares redutores, não redutores e totais, seguiu metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em porcentagem de glicose (v/p) e o teor de açúcares não redutores, pela diferença entre o teor de açúcares totais e redutores e o resultado foi expresso em porcentagem de sacarose (v/p).

3.4.3. Resíduo mineral fixo ou cinzas

O teor de cinzas foi definido através do método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados expressos em porcentagem (p/p).

O princípio deste método fundamenta-se na perda de peso, que ocorre quando o material é incinerado a 550 °C, com destruição da matéria orgânica, sem apreciável decomposição dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização.

3.4.4. Umidade

A umidade foi estabelecida segundo metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.4.5. Amido

Esta determinação foi realizada por hidrólise ácida, através da metodologia descrita por LANARA (1981) e os resultados expressos em porcentagem (v/p).

3.4.6. Proteína total

O teor de proteína total foi determinado método de Kjeldahl, também descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados foram expressos em porcentagem (v/p).

3.4.7. Lipídios totais

A fração lipídica foi determinada por extração com solvente, em aparelho extrator de Soxhlet nas Amostras A₃ e A₄, de acordo com a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.4.8. Fibra bruta

O teor de fibra bruta foi determinado por meio de hidrólise ácida, sob refluxo, seguindo metodologia descrita por KRAMER & GINKEL (1952) enquanto os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.4.9. Atividade de água

A determinação da atividade de água das diferentes amostras, foi feita em aparelho AQUA LAB, digital, modelo CX-2, fabricado pela DECAGON. Essas medidas experimentais foram realizadas nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C. Para tanto, acoplou-se o aparelho a um banho de água termostaticado com circulação, como apresentado na Figura 3.3

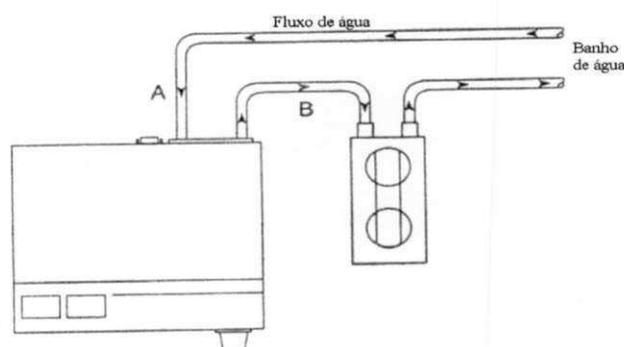


Figura 3.3. Aparelho para determinação de atividade de água, com controle de temperatura

3.5 Caracterização física

3.5.1. Granulometria

Fez-se a determinação da granulometria de todas as amostras, por meio de peneiramento, seguindo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

Com base na legislação do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1995) a farinha de mandioca é classificada em relação à sua granulometria, tomando-se como

padrão o percentual de amostra que fica retido ou passa nas peneiras, números 10 e 18, e a quantidade de pó, como:

Farinha extra fina – quando a farinha de mandioca vazar 100% na peneira número 10 e ficarem retidos, no máximo, 15% na peneira número 18 e, ainda, apresentar mais de 3% a 25% de pó.

Farinha fina beneficiada – quando a farinha de mandioca vazar 100% na peneira número 10 e ficarem retidos no máximo, 3% na peneira número 18, além de apresentar, no máximo, 3% de pó

Farinha fina – quando a farinha de mandioca vazar 100% na peneira número 10 e ficarem retidos mais de 3% e até 20%, na peneira 18, apresentando, também, no máximo 3% de pó.

Farinha média – quando a farinha de mandioca não se enquadrar em nenhum dos subgrupos anteriores e apresentar, no máximo, 3% de pó.

Farinha grossa – quando ficarem retidos na peneira número 10, mais de 10% da farinha de mandioca, e apresentar no máximo 3% de pó.

Farinha bejusada – quando, da farinha de mandioca, ficarem retidos mais de 15% na peneira número 10, e apresentar no máximo 2% de pó.

3.6. Análise microscópica

Realizou-se, após 180 dias de armazenamento das farinhas, a pesquisa de sujidades, larvas e parasitos, em todas as amostras, com peneiramento prévio, de acordo com a metodologia empregada por BEUX (1992) utilizando-se microscópio PZO/Labimex.

3.7 Caracterização microbiológica

Foram feitas determinações microbiológicas de coliformes fecais, bactérias mesófilas, *Staphylococcus aureus*, bolores e leveduras e *Salmonella sp.*, com base na metodologia descrita pela ICMSF - International Commission on Microbiological Specifications for Foods (1997) durante os 180 dias de armazenamento, com intervalo de tempo de 30 dias, a contar do tempo inicial igual a zero dia.

3.8 Análise sensorial

Após verificação da qualidade microbiológica das amostras de farinha de mandioca temperada, foram feitas análises sensoriais para avaliação dos atributos aroma, aparência, cor e sabor. Escolheu-se a escala hedônica estruturada (TEIXEIRA *et al.* 1987) variando de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo) (Figura 3.4). Os testes foram feitos com 19 degustadores de ambos os sexos, não treinados, com idade entre 21 e 42 anos. As amostras foram apresentadas simultaneamente e identificadas com códigos aleatórios de três dígitos.

ANÁLISE SENSORIAL**PRODUTO:** Farinha de mandioca temperada**Escala Hedônica**

Avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou da amostra.

- 1 – Desgostei muitíssimo
- 2 – Desgostei muito
- 3 – Desgostei regularmente
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 5 - Indiferente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 7 – Gostei regularmente
- 8 – Gostei muito
- 9 – Gostei muitíssimo

Amostra	Valor			
	Aroma	Aparência	Cor	Sabor

Observações:

Figura 3.4. Ficha utilizada para avaliação dos atributos aroma, aparência, cor e sabor das farinhas de mandioca temperadas.

3.9. Análise instrumental da cor

A caracterização colorimétrica das quatro amostras de farinha de mandioca temperada, foi feita por análise instrumental usando-se um colorímetro portátil Minolta, modelo RC 10

3.10. Análise estatística

Todos os resultados foram analisados com o fim de determinar a composição que mais se identificou com as características iniciais do produto. Para tanto, o experimento foi conduzido segundo o delineamento fatorial inteiramente casualizado, com três repetições, utilizando-se dois fatores, amostras e período de armazenamento através do software ASSISTAT (SILVA, 1996). O experimento continha cinco amostras (A_0 , A_1 , A_2 , A_3 e A_4) e sete períodos de armazenamentos P_0 , P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 e P_6 , correspondendo a (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização química, físico-química e microbiológica

Os resultados obtidos das análises da farinha de mandioca seca, corante natural e cloreto de sódio, Amostras A₀, CN e NaCl, respectivamente, com vistas à sua caracterização química, físico-química e microbiológica, estão apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Analisando-se os resultados contidos na Tabela 4.1, verifica-se que os mesmos estão de acordo com o que preceitua a legislação (BRASIL, 1978).

Tabela 4.1. Caracterização química e físico-química da farinha de mandioca seca (A₀), corante natural (CN) e cloreto de sódio (NaCl)

Composição (%)	Amostras		
	CN	NaCl	A ₀
Umidade	9,249±0,086	3,422±0,032	7,669±0,031
Cinzas	3,280±0,042	96,224±0,097	1,157±0,044
Lipídios	7,825±0,047	-	-
Bixina	0,322±0,057	-	-

Examinando-se os resultados apresentados na Tabela 4.2, observa-se que estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2001).

Tabela 4.2. Caracterização microbiológica da farinha de mandioca seca (A₀) e do corante natural (CN)

Determinações	Amostras	
	CN	A ₀
Coliformes fecais (NMP/g)	0,0	0,0
<i>Staphylococcus aureus</i> (em 25g)	Ausência	Ausência
Bactérias mesófilas (UFC/g)	8 x 10 ³	2 x 10 ³
Bolores e Leveduras (UFC/g)	16 x 10 ³	3 x 10 ³
<i>Salmonella sp</i> (em 25 g)	Ausência	Ausência

Fez-se, também, a caracterização físico-química da mandioca “in natura”, em uma amostra coletada do lote processado pela casa-de-farinha para obtenção da farinha de mandioca seca, que serviu de matéria-prima para obtenção das farinhas de mandioca temperadas e de uma amostra de farinha de mandioca crua, ou seja, sem passar pela etapa de torração, Amostras A e B, respectivamente, cujos resultados das análises estão apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Caracterização físico-química da mandioca “in natura” (A) e da farinha de mandioca crua (B)

Composição (%)	Amostras	
	A	B
Umidade	67,610	40,968
Cinzas	0,487	0,856
Açúcares Redutores	1,010	1,068
Açúcares não Redutores	3,971	2,657
Açúcares Totais	4,981	3,725
Acidez Alcoólica	0,761	0,766
Fibra Bruta	1,533	2,547
Amido	21,738	48,793
Proteína Total	0,725	0,884

4.2. Estudo do comportamento das farinhas de mandioca seca e temperadas durante o armazenamento

A farinha seca e as outras quatro amostras de farinhas de mandioca temperadas, obtidas a partir daquela, foram submetidas às análises físico-químicas, químicas e microbiológicas, logo após o processamento, num tempo igual a zero dia, que correspondeu ao Período de armazenamento P_0 , e que se repetiram durante 180 dias com intervalos de 30 dias. Os resultados do estudo do comportamento das farinhas de mandioca seca, Amostra A_0 , e temperadas, Amostras A_1 , A_2 , A_3 e A_4 , durante o período de armazenamento, estão apresentados nas Tabelas 4.4 a 4.34.

4.2.1. Controle microbiológico

Nas Tabelas 4.4 a 4.8 são apresentados os resultados das avaliações microbiológicas: coliformes fecais, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, bactérias mesófilas e bolores e leveduras, realizadas durante o armazenamento das farinhas de mandioca seca e temperadas, nos períodos de armazenamento P_0 , P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 e P_6 .

Verifica-se, nas Tabelas 4.4 e 4.6, que os valores determinados para coliformes fecais e *Salmonella* sp em todos os meses de armazenamento, se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001). Os valores encontrados para *Staphylococcus aureus*, (Tabela 4.5) bactérias mesófilas (Tabela 4.7) e bolores e leveduras (Tabela 4.8) estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1997) apesar de não serem obrigatórios as contagens desses microrganismos, de acordo com a legislação vigente.

Observa-se ainda, nessas tabelas que as amostras permaneceram comercialmente estéreis durante os 180 dias de armazenamento.

A baixa atividade microbiológica, determinada através dos parâmetros estudados, é resultante das condições higiênico-sanitárias adequadas durante o processamento, manipulação e armazenamento das amostras.

Nas amostras analisadas, os valores das contagens microbiológicas para bactérias do grupo coliformes fecais, no início e durante o armazenamento, foram zero, conforme os dados da Tabela 4.6.

Tabela 4.4. Valores médios das contagens microbiológicas dos coliformes fecais (NMP/g) realizados nas diferentes amostras armazenadas durante 180 dias

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P ₁	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P ₃	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P ₅	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P ₆	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NMP/g – Número Mais Provável por grama

Em relação à pesquisa de *Staphylococcus aureus* e *Salmonella sp*, observou-se a ausência desses patógenos durante todo o período de armazenamento (Tabelas 4.5 e 4.6) embora EIROA *et al.* (1975) tenham verificado a presença de *Staphylococcus aureus* em amostras de farinha de mandioca, com média inferior a 10 UFC/g.

Tabela 4.5. Pesquisa microbiológica de *Staphylococcus aureus* (em 25g) realizada nas diferentes amostras armazenadas durante 180 dias

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₁	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₂	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₃	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₄	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₅	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₆	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.

Aus. - Ausência

Tabela 4.6. Pesquisa microbiológica de *Salmonella* sp (em 25g) realizada nas diferentes amostras armazenadas durante 180 dias

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₁	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₂	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₃	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₄	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₅	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
P ₆	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.

Aus. - Ausência

Os valores obtidos na avaliação microbiológica por bactérias mesófilas durante o armazenamento (Tabela 4.7) evidenciam uma boa condição higiênica do produto e para a sua forma de armazenamento. Delazari, citado por PAIVA (1991) apresenta limitações para esta contagem em alimentos desidratados, cuja redução da microbiota viável é acentuada e não reflete as condições anteriores ao processamento.

Tabela 4.7. Contagens das bactérias mesófilas (UFC/g) determinadas nas diferentes amostras durante o armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	2 x 10 ³	8 x 10 ²	5 x 10 ³	5 x 10 ³	7 x 10 ²
P ₁	2 x 10 ³	8 x 10 ²	4 x 10 ³	14 x 10 ³	3 x 10 ²
P ₂	3 x 10 ³	19 x 10 ³	5 x 10 ³	13 x 10 ³	8 x 10 ²
P ₃	3 x 10 ³	192 x 10 ³	18 x 10 ³	14 x 10 ³	2 x 10 ³
P ₄	3 x 10 ³	5 x 10 ³	6 x 10 ³	27 x 10 ³	60 x 10 ³
P ₅	25 x 10 ³	8 x 10 ³	16 x 10 ³	22 x 10 ³	45 x 10 ³
P ₆	71 x 10 ³	10 x 10 ³	39 x 10 ³	41 x 10 ³	3 x 10 ²

UFC/g – Unidades Formadoras de Colônias, por grama

Apesar dos padrões atuais não exigirem a contagem desses microrganismos, observa-se contagem de 10³ nas Amostras A₀, A₂ e A₃ e 10² nas Amostras A₁ e A₄, no período inicial do armazenamento, para P₀ igual a zero dia. Nos períodos seguintes, praticamente a contagem se manteve, e apenas se verificou o aumento de 10² para 10³ na Amostra A₁ a partir do Período P₂, mantendo esta ordem de grandeza até o último período P₆; já a Amostra A₄, que aumentou de 10² para 10³ a partir do Período P₃, caiu novamente para 10² no período final (P₆).

De acordo com Nicrerson, citado por PAIVA (1991) altas contagens de mesófilas indicam condições deficientes, como matéria-prima contaminada, condições inadequadas de tempo e temperatura durante o processamento, além de indicar que potencialmente, houve condições para o desenvolvimento de patógenos.

O Ministério da Saúde (BRASIL, 1987) não determina limites de tolerância para contagem padrão em placas de bactérias mesófilas para farinhas, amidos, féculas e fubás; entretanto, LEITÃO *et al.* (1988) consideram admissível valores máximos oscilando entre 10⁴ e 10⁶ UFC/g.

A contaminação máxima por bactérias mesófilas no período de armazenagem, não ultrapassou 10^3 UFC/g em nenhuma das cinco amostras analisadas.

Observa-se, através da Tabela 4.8, que a contaminação por bolores e leveduras durante o período de armazenagem, se manteve em níveis variáveis. Nos dois primeiros períodos constatam-se contagens na ordem de 10^1 para a Amostra A₄ e de 10^3 para as demais amostras. A partir do terceiro período (P₂) verifica-se oscilação entre os valores de 10^2 a 10^3 UFC/g. Embora esta contagem não seja obrigatória pela legislação em vigor, esses valores estão dentro dos limites recomendados por EIROA *et al.* (1975) que determinam valores máximos de $5,0 \times 10^3$ UFC/g, exceto no Período P₁ para a Amostra A₀, com 14×10^3 , na Amostra A₂ nos Períodos P₅ e P₆ e na Amostra A₃ no Período P₆.1

Tabela 4.8. Contagens dos bolores e leveduras (UFC/g) determinadas nas diferentes amostras durante o armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	3×10^3	2×10^3	1×10^3	5×10^3	5×10^1
P ₁	14×10^3	3×10^3	2×10^3	3×10^3	7×10^1
P ₂	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^3	2×10^2
P ₃	5×10^2	1×10^3	2×10^3	10×10^3	2×10^2
P ₄	5×10^2	11×10^2	1×10^3	10×10^2	1×10^2
P ₅	12×10^2	21×10^2	9×10^3	17×10^2	10×10^2
P ₆	42×10^2	38×10^2	58×10^3	11×10^3	17×10^2

UFC/g – Unidades Formadoras de Colônias, por grama

4.2.2. Umidade

Pelos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 4.9, verifica-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste F, para os fatores período de armazenamento e amostras e para interação amostras versus período de armazenamento.

Tabela 4.9. Análise de variância de umidade para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	340,815	85,204	27541,871 **
Períod. de armaz.	6	4,327	0,721	233,108 **
Amost. x Perio.arm.	24	2,904	0,121	39,111 **
Resíduo	70	0,216	0,003	
Total	104	348,262		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Os valores médios da umidade das farinhas de mandioca seca e temperadas para a interação período de armazenamento versus amostras, encontram-se na Tabela 4.10. O teor de umidade das farinhas seca e temperadas sofreu variações, com tendência de alta durante o armazenamento, havendo alterações significativas nos valores de umidade em todas as amostras, resultando em aumentos nos teores finais, com relação aos iniciais. Na Amostra A₃ a umidade permaneceu estável do início do armazenamento até o Período P₅, apresentando diferença significativa apenas entre o Período P₆ e os demais. Em termos percentuais verifica-se aumento com os seguintes índices entre os valores iniciais e finais: Amostra A₀, 8,710%, Amostra A₁, 22,716%, Amostra A₂, 23,636%, Amostra A₃, 12,118% e Amostra A₄, 33,418%. Observa-se, ainda, que, de acordo com esses percentuais, a Amostra A₀ foi a que apresentou a menor variação entre os valores iniciais e finais e a Amostra A₄ a maior variação percentual entre esses valores; entretanto, todas as amostras estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação (BRASIL, 1978) que estabelece índice máximo de umidade de 14% para farinha de mandioca.

Tabela 4.10. Valores médios da umidade (%) das diferentes amostras, durante os 180 dias de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	7,669 dA	3,218 dC	2,640 dD	3,829 bB	2,729 dD
P ₁	7,705 dA	3,258 dC	2,734 dE	3,860 bB	3,098 cD
P ₂	8,006 bA	3,410 cC	2,876 cE	3,871 bB	3,173 cD
P ₃	7,662 dA	4,307 aB	2,894 cE	3,794bC	3,093 cD
P ₄	7,747 cdA	3,942 bB	2,895 cE	3,769 bC	3,344 bD
P ₅	7,864 cA	3,968 bB	3,117 bE	3,831 bC	3,435 bD
P ₆	8,337 aA	3,949 bC	3,264 aE	4,293 aB	3,641 aD

DMS para colunas = 0,138; DMS para linhas = 0,127; MG = 4,321; CV (%) = 1,287

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A média geral da umidade foi de 4,321% e o coeficiente de variação igual a 1,287%, demonstrando que a precisão do experimento foi ótima FERREIRA (1991).

Nota-se que as umidades das amostras no Período P₀ diferem significativamente, com exceção entre as Amostras A₂ e A₄.

Verifica-se que a maior umidade é da Amostra A₀, do início até o final do armazenamento. Este valor era esperado, já que esta amostra não foi submetida a etapa de torrefação, estando de acordo com a mesma faixa de valores determinados por YARI *et al.* (2000) que indicam um teor médio de umidade de 9,01±1,91%, ao estudarem as características físico-químicas de farinhas produzidas no sul do estado de Santa Catarina. Os menores valores de umidade são das Amostras A₂ e A₄.

Maravalhas, citado por PAIVA (1991) fez algumas considerações a respeito da composição de farinha de mandioca, relatando que as farinhas recém-processadas contêm de 9 a 12% de umidade observando, em poucos dias, aumento de até 15%.

4.2.3. Cinzas

De acordo com a análise de variância (Tabela 4.13) para o teor de cinzas das farinhas verificam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para todos os fatores estudados e suas interações, durante os 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.11. Análise de variância de cinzas para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	21,487	5,372	4607,306 **
Períod. de armazen.	6	0,442	0,074	62,238 **
Amost. x Perio.arm.	24	1,318	0,055	47,118 **
Resíduo	70	0,082	0,001	
Total	104	23,329		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Os valores médios determinados para cinzas em função do período de armazenamento, indicam queda para todas as amostras dos valores finais com relação aos iniciais, conforme apresentado na Tabela 4.12, conseqüência, provavelmente, é conseqüência do aumento da umidade com o decorrer do tempo. Observa-se, também, que o percentual de redução foi menor para a Amostra A₀, com 2,975%, e maior para a Amostra A₁, que atingiu índice de 20,790%. Para as demais amostras os percentuais foram de 6,499% Amostra A₂, 3,490% Amostra A₃ e 8,560% na Amostra A₄. Com relação à Amostra A₂, observa-se estabilidade do teor de cinzas do período inicial P₀ até o Período P₅, apresentando alteração significativa apenas entre o Período P₆ e os demais.

Tabela 4.12. Valores médios de cinzas (%) das diferentes amostras, durante os 180 dias de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	1,143 bcE	2,708 aA	2,413 aB	2,116 aD	2,278 aD
P ₁	1,107 cD	2,499 bA	2,448 aA	1,925 deC	2,235 abcB
P ₂	0,995 dD	2,357 cB	2,467 aA	1,847 eC	2,317 aB
P ₃	1,253 aE	2,057 efC	2,468 aA	1,947 cdD	2,210 bcB
P ₄	1,201 abD	2,108 deBC	2,435 aA	2,090 abC	2,170 cdB
P ₅	1,149 bcD	2,009 fC	2,384 aA	2,022 bcC	2,106 deB
P ₆	1,109 cD	2,145 dB	2,237bA	2,043 abC	2,083 eBC

DMS para colunas = 0,085; DMS para linhas = 0,078; MG = 2,002; CV (%) = 1,705

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O coeficiente de variação para a interação Período de armazenamento x Amostras, foi de 1,705%, o que representa uma ótima precisão experimental, de acordo com FERREIRA (1991).

Na Amostra A₀, os valores médios das cinzas estão compatíveis com os 2% da tolerância máxima permitida pela legislação BRASIL (1978) e, se deduzida a porcentagem de cloreto de sódio adicionado intencionalmente na quantidade de 1%, nas Amostras A₁, A₂, A₃ e A₄, estas também estando dentro dos limites

No Período P₀, o valor médio das cinzas da farinha de mandioca seca Amostra A₀, foi 1,143% estando acima dos valores médios determinados por YARI *et al.* (2000) que foram da ordem de 0,84±0,09%, e MARAVALHAS (1961) que encontrou teor médio de 1,0% em cinco amostras de farinha seca.

4.2.4. Acidez alcoólica

A análise de variância para a variável acidez alcoólica determina uma diferença significativa a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) para os fatores período de armazenamento e amostras e para a interação período de armazenamento versus amostras, conforme apresentado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13. Análise de variância de acidez alcoólica para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	0,610	0,152	2413,083 **
Períod. de armaz.	6	0,3760	0,063	992,313 **
Amost.x Períod.arm	24	1,494	0,062	984,664 * *
Resíduo	70	0,004	0,000	
Total	104	2,485		

* * Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Os valores que determinam o percentual de acidez alcoólica da farinha de mandioca temperada A_1 , durante o período de análise (Tabela 4.14) conferem, a este produto, variações, com pequena elevação quando comparados os Períodos P_0 e P_6 . Analisando-se estatisticamente o teor de acidez alcoólica (%) durante o armazenamento nas Amostras A_0 , A_2 e A_3 , observa-se que não ocorreram diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

No início do armazenamento e no Período P_1 não existe diferença significativa entre as farinhas de mandioca temperadas.

Em termos percentuais, obtém-se os índices de variação de 13,619% para a Amostra A_4 e, para a Amostra A_1 , uma variação de 0,250%, entre os valores iniciais e finais. Os resultados médios da acidez alcóolica das farinhas estão bem abaixo dos 2% permitidos por BRASIL (1978) e acima dos 0,3% determinado sob condições especiais, por NUNES (1991).

Tabela 4.14. Valores médios de acidez alcoólica (%) das diferentes amostras, durante os 180 dias de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	0,589 aB	0,779 bA	0,795 aA	0,789 aA	0,793 dA
P ₁	0,588 aB	0,791 abA	0,795 aA	0,788 aA	0,793 dA
P ₂	0,597 aB	0,797 abA	0,797 aA	0,797 aA	1,000 eC
P ₃	0,598 aC	0,798 abB	0,797 aB	0,798 aB	1,000 bA
P ₄	0,601 aC	0,801 aB	0,811 aB	0,800 aB	1,033 aA
P ₅	0,601 aC	0,600 cB	0,803 aA	0,800 aA	0,800 dA
P ₆	0,600 aC	0,801 aB	0,799 aB	0,801 aB	0,901 cA

DMS para colunas = 0,002; DMS para linhas = 0,018; MG = 0,747; CV (%) = 1,065

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.5. Amido

Pelos os dados da análise de variância, verifica-se diferença significativa para $p < 0,01$ para os fatores período de armazenamento e amostras e para a interação entre estes para a variável amido, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.15

Tabela 4.15. Análise de variância de amido para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	3592,675	898,169	19221,961 **
Perid. de armaz.	6	30,137	5,023	107,497 **
Amost.x Perid.arm.	24	14,916	0,621	13,301 **
Resíduo	70	3,271	0,047	
Total	104	3641,000		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Para determinação de amido e se levando em consideração ser a raiz de mandioca essencialmente de natureza amilácea, os valores encontrados e apresentados na Tabela 4.16 sofreram variação ao longo do armazenamento que, em termos percentuais entre os valores iniciais e finais, representa uma redução de 4,566%, 1,987%, 2,536%, 2,167% e 1,102%, respectivamente, para as Amostras A₀, A₁, A₂, A₃ e A₄. Observa-se, ainda, estabilidade até o Período P₃ para as Amostras A₁, A₂ e A₃ e até o Período P₄ para a Amostra A₄.

A Amostra A₀ difere estatisticamente de todas as outras amostras avaliadas, em todos os períodos de armazenamento, e apresentou o maior teor de amido. Os valores para a Amostra A₀ estão abaixo dos determinados por PRATA (1983) que foi da ordem de 75,05%, mas dentro dos padrões (BRASIL, 1978), que determinam limite mínimo de 70,0% para amido para farinha de mandioca.

Os baixos valores verificados nas Amostras A₁, A₂, A₃ e A₄ conferem, ao produto neste caso específico para amido, um afastamento dos valores recomendados de conformidade com os padrões, para farinha de mandioca BRASIL (1978). A adição de ingredientes pobres em amido fez com que o teor nas Amostras A₁, A₂, A₃ e A₄, ficasse reduzido.

Tabela 4.16. Valores médios de amido (%) das diferentes amostras durante os 180 dias de armazenamento.

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	74,420 aA	66,454 aB	59,655 aC	58,959 aD	58,863 aD
P ₁	74,367 aA	66,442 aB	59,621 aC	58,938 aD	58,616 abD
P ₂	73,283 bA	66,339 abB	59,488 aC	58,863 aD	58,694 aD
P ₃	74,038 aA	66,241 abB	59,550 aC	59,395 aC	58,390abcD
P ₄	73,258 bA	65,889 bB	58,841 bC	58,142bcD	58,627abCD
P ₅	72,708 cA	65,314 cB	58,296 cC	58,317 bC	58,094 bcC
P ₆	71,022 dA	65,133 cB	58,142 cCD	57,681 cD	58,214 abcC

DMS para colunas = 0,537; DMS para linhas = 0,496; MG = 63,073; CV (%) = 0,343

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.6. Fibra bruta

Analisando-se os dados de variância apresentados na Tabela 4.17, verificam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade para os fatores período de armazenamento e amostras e para interação período de armazenamento versus, amostras para a variável fibra bruta.

Tabela 4.17. Análise de variância de fibra bruta para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	1,052	0,262	133,899 **
Períod. de armaz.	6	3,046	0,507	258,389 **
Amost.x Perio.arm.	24	0,761	0,032	16,132 **
Resíduo	70	0,137	0,002	
Total	104	4,996		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Nos valores encontrados para fibra bruta (Tabela 4.18) se verifica queda durante o armazenamento sendo mais acentuada nas Amostras A₁, A₃ e A₄, fato este aqui atribuído também ao aumento de umidade e conseqüente diluição deste componente, mais ainda acima de 2,8% encontrado por ALBUQUERQUE & CARDOSO (1980) em farinha seca. Em termos percentuais, a diferença entre os valores iniciais e finais é, respectivamente 6,311%, 7,047%, 3,261%, 11,456% e 10,157%, para a Amostras A₀, A₁, A₂, A₃ e A₄. De acordo com esses percentuais constata-se que as Amostras A₃ e A₄ foram as que apresentaram maiores alterações entre os valores iniciais e finais e a Amostra A₂ apresentou o menor índice de variação durante todo período de armazenamento. Ainda se observa estabilidade para as Amostras A₀ e A₃ apenas nos dois primeiros períodos, sendo

que a Amostra A₂ foi a que melhor se comportou durante o armazenamento, apresentando estabilidade até o Período P₃.

Tabela 4.18. Valores médios de fibra bruta (%) das diferentes amostras durante os 180 dias de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	5,482 aB	5,491 aB	5,274 aC	5,656 aA	5,700 bcA
P ₁	5,389 abC	5,496 aB	5,336 aC	5,558 aB	5,823 aA
P ₂	5,278 cC	5,410 abB	5,363 aBC	5,288 bC	5,800 abA
P ₃	5,312 bcB	5,373 bB	5,294 aB	5,277 bB	5,611 cA
P ₄	5,251 cdA	5,084 cB	5,139 bB	5,081 cdB	5,337 dA
P ₅	5,166deAB	5,068 cCB	5,022 cC	5,186 bcA	5,196 eA
P ₆	5,136 eA	5,104 cAB	5,102 bcAB	5,008 dB	5,121 eA

DMS para colunas = 0,110; DMS para linhas = 0,102; MG = 5,32029; CV (%) = 0,833

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.7. Proteína total

Pelos resultados obtidos para a análise de variância referente à variável proteína total (Tabela 4.19) observa-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para os fatores amostras e período de armazenamento e para a interação amostra versus período de armazenamento, pelo teste F.

Tabela 4.19. Análise de variância de proteína total para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	19,517	4,879	3467,195 **
Períod. de armazen.	6	0,508	0,085	60,161 **
Amost.x Perio.arm.	24	0,902	0,037	26,704 **
Resíduo	70	0,098	0,001	
Total	104	21,026		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

No que se refere aos teores de proteína total (Tabela 4.20) constata-se oscilação desses valores, para mais e para menos, durante todo o período de análise. A média obtida para a Amostra A₀ foi de 1,329% abaixo do limite estabelecido por BRASIL (1978) de 1,5% no mínimo, CONCEIÇÃO (1981) 1,5–2,5% e ALBUQUERQUE (1969) 1,5–2,5%. Para as demais amostras, os valores médios foram de 2,441% para a Amostra A₁, 2,411% para a Amostra A₂, 2,373% para a Amostra A₃ e de 2,395 para a Amostra A₄. É importante observar que esses valores médios estão de acordo com os padrões em vigor.

Quanto às variações entre os valores iniciais e finais, observam-se os seguintes índices percentuais: a Amostra A₀ teve um acréscimo de 6,960%; na Amostra A₁ ocorreu pequena variação, com queda de 1,656%; para as demais amostras verifica-se queda de 10,156%, 12,207% e 9,529%, respectivamente, para as Amostras A₂, A₃ e A₄. Com relação às alterações significativas, nota-se pouca estabilidade das amostras, sendo que a Amostra A₃ apresentou estabilidade do período inicial P₀ até o Período P₄ e as demais amostras ficaram estáveis, em períodos intermediários: P₃ a P₅ Amostras A₀, A₁ e A₂ e P₂ a P₄ Amostra A₄.

Tabela 4.20. Valores médios de proteína total (%) das diferentes amostras, durante os 180 dias de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	1,250 bC	2,475 abAB	2,550 aA	2,433 aB	2,466 aAB
P ₁	1,152 cC	2,353 cdB	2,501 aA	2,375 abB	2,361 bB
P ₂	1,003 dD	2,295 dC	2,375 bcBC	2,433 aAB	2,466 aA
P ₃	1,510 aC	2,537 aA	2,403 bB	2,431 abB	2,462 aAB
P ₄	1,559 aC	2,538 aA	2,403 bB	2,461 aAB	2,417 abB
P ₅	1,491 aC	2,455 abA	2,355 bcB	2,339 bB	2,365 bB
P ₆	1,337 bD	2,434 bcA	2,291 cB	2,136 cC	2,231 cB

DMS para colunas = 0,093; DMS para linhas = 0,086; MG = 2,18989; CV (%) = 1,713

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.8. Açúcares redutores

Analisando-se os dados de análise de variância para açúcares redutores apresentados na Tabela 4.21, verifica-se que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para os fatores período de armazenamento e amostras e para interação amostras versus período de armazenamento, pelo teste F.

Tabela 4.21. Análise de variância de açúcares redutores para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	1,358	0,339	476,419 **
Períod. de armazen.	6	0,204	0,034	47,669 **
Amost.x Perio.arm.	24	0,677	0,028	39,598 * *
Resíduo	70	0,050	0,001	
Total	104	2,289		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Com referência aos resultados de açúcares redutores, apresentados na Tabela 4.22, observam-se alterações significativas em todas as amostras, durante os 180 dias de armazenamento, sendo que a Amostra A₁ apresentou estabilidade nos três últimos períodos de armazenamento e a Amostra A₂ nos quatro últimos períodos do armazenamento. Com relação às oscilações entre os valores iniciais e finais, verifica-se diminuição de 6,833% na Amostra A₃ e aumento de 8,610%, 8,060% e 5,298% para as Amostras A₁, A₂ e A₄, respectivamente enquanto na Amostra A₀ não houve diferença entre os valores do início e final do armazenamento. Fatores como variação de umidade e problemas de amostragem, podem ser responsáveis por essa variação, já que não se verificam alterações significativas nas contagens microbianas nem no percentual de acidez. Enfim, a média geral foi igual a 1,126 e o coeficiente de variação obtido foi igual a 2,371%, bem abaixo de 10%, o que determina excelente precisão experimental.

Tabela 4.22. Composição em açúcares redutores (%) para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	0.966 bcC	1.022 bBC	1.067 bB	1,361 bA	1,038 dB
P ₁	0,960 cB	1,062 abA	1,043 bA	1,055 dA	1,100 cdA
P ₂	0,889 dC	0,907 cC	1,062 bB	1,369 bA	1,410 aA
P ₃	1,165 aB	1,029 bC	1,152 aB	1,461 aA	1,084 cdC
P ₄	1,030 bC	1,121 aB	1,150 aB	1,401 abA	1,172 bB
P ₅	0,959 cD	1,084 abC	1,192 aB	1,366 bA	1,137 bcBC
P ₆	0,972 bcC	1,110 aB	1,153 aB	1,268 cA	1,093 cdB

DMS para colunas = 0,066; DMS para linhas = 0,061; MG = 1,126; CV (%) = 2,371

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.9. Açúcares não redutores

Pela análise de variância (Tabela 4.23) verifica-se diferença significativa para $p < 0,01$ para os fatores período de armazenamento e amostra e para a interação amostras versus período de armazenamento, pelo teste F.

Tabela 4.23. Análise de variância de açúcares não redutores para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	3,556	0,889	527,929 **
Períod. de armaz.	6	0,085	0,014	8,377 **
Amost.x Perío.arm.	24	0,352	0,015	8,704 **
Resíduo	70	0,118	0,002	
Total	104	4,112		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Analisando-se os resultados de açúcares não redutores, apresentados na Tabela 4.24, observa-se praticamente o mesmo comportamento visto para açúcares redutores em que as alterações significativas ocorreram com mais frequência nos períodos extremos. Com relação às oscilações entre os valores iniciais e finais, verifica-se diminuição de 2,266% na Amostra A₀ e 3,055 para a Amostra A₂ e, para as demais amostras, verifica-se aumento entre esses valores, de 2,283%, 2,901% e 1,649%, respectivamente, para as Amostras A₁, A₃ e A₄. A média geral foi igual a 2,157 e o coeficiente de variação obtido foi igual a 1,902, também bastante abaixo de 10%, o que determina excelente precisão experimental.

Tabela 4.24. Composição em açúcares não redutores (%) para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	2,030 abCD	1,961 bD	2,062 abBC	2,137 cB	2,364 cA
P ₁	1,853 dD	2,012 bC	2,096 aC	2,361 aB	2,473 abA
P ₂	2,097 aC	2,025 bC	1,905 cD	2,278 abB	2,485 abA
P ₃	1,927 cdD	2,057 abC	1,989 bcCD	2,369 aB	2,480 abA
P ₄	2,041 abC	2,044 bC	2,016 abC	2,340 aB	2,518 aA
P ₅	2,017 abcD	2,157 bC	1,993 bcD	2,313 aB	2,484 abA
P ₆	1,984 bcC	2,045 bC	1,999 abcC	2,199 bcB	2,403 bcA

DMS para colunas = 0,102; DMS para linhas = 0,094; MG = 2,157; CV (%) = 1,902

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.10. Açúcares totais

Nota-se, através da análise de variância, diferença significativa durante todo o período de armazenamento, a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste F, para os fatores período de armazenamento e amostras e para a interação período de armazenamento versus amostras, conforme apresentado na Tabela 4.25.

Tabela 4.25. Análise de variância de açúcares totais para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	7,721	1,930	961,929 **
Períod. de armazen.	6	0,415	0,069	34,505 **
Amost.x Perío.arm.	24	0,872	0,036	18,1014 **
Resíduo	70	0,118	0,002	
Total	104	9,148		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Nos resultados de açúcares totais, apresentados na Tabela 4.26, observam-se alterações significativas em todas as amostras durante o armazenamento, sendo que a Amostra A₁ foi a que apresentou maior variação do valor final com relação ao inicial, com acréscimo de 5,766%, enquanto a Amostra A₂ se mostrou estável em quase todos os períodos de armazenamento e apenas o período P₂ apresentou diferença significativa em relação aos demais. As Amostras A₀, A₃ e A₄ não apresentaram diferenças significativas entre os valores iniciais e finais.

Tabela 4.26. Composição em açúcares totais (%) para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	2,996 abC	2,983 cdC	3,129 aB	3,501 cA	3,402 eA
P ₁	2,813 cD	3,056 bcC	3,139 aC	3,416 cB	3,573 cdA
P ₂	2,986 abC	2,931 dC	2,966 bC	2,647 bB	3,895 aA
P ₃	3,011 abD	3,087 bcCD	3,141 aC	3,830 aA	3,564 cdB
P ₄	3,071 aB	3,165 abB	3,166 aB	3,742 abA	3,690 bA
P ₅	3,009 abC	3,241 aB	3,185 aB	3,671 bA	3,621 bcA
P ₆	2,956 bC	3,155 abB	3,152 aB	3,467 cA	3,496 deA

DMS para colunas = 0,111; DMS para linhas = 0,103; MG = 3,281; CV (%) = 1,365

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

2.2.11. Atividade de água a 25°C

Observandose os dados da análise de variância para a atividade água a 25°C, (Tabela 4.27) verifica-se que houve diferença significativa durante todo o período de armazenamento para os fatores período de armazenamento e amostras e para a interação período de armazenamento versus amostras, para todas as amostras, a nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.27. Análise de variância de atividade de água a 25^oC para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras		1,205	0,301	47013,348 **
Períod. de armazen.		0,056	0,009	1450,163 **
Amost. x Períod.arm.	24	0,024	0,001	157,781 **
Resíduo	70	0,001	0,000	
Total	104	1,285		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Conforme apresentado na Tabela 4.28, a atividade de água aumentou no decorrer do armazenamento, com alterações significativas entre os valores iniciais e finais, para todas as amostras. Esses resultados estão coerentes já que a umidade aumentou com o período de armazenamento para as cinco amostras. É importante observar que tais resultados estão bem abaixo do valor de 0,6 recomendado para atividade de água de produtos desidratados, ANDRADE (2000). Em termos percentuais, constata-se diferenças elevadas entre os valores iniciais e finais, sendo que a Amostra A₃ foi a que apresentou maior acréscimo nos valores de atividade de água, com variação de 79,487%, e a Amostra A₀ apresentou o menor índice de variação, 24,739%. Para as demais amostras, os índices de variação foram de 48,000% para a Amostra A₁, 50,476% para a Amostra A₂ e 49,579% para a Amostra A₄.

Os maiores valores da atividade de água observados no armazenamento das farinhas, são da Amostra A₀, devido a esta amostra não ter sido torrada, sendo este resultado semelhante ao verificado para o parâmetro umidade. A Amostra A₂ apresentou os menores valores de atividade de água em todos os períodos de armazenamento.

Tabela 4.28. Atividade de água a 25°C para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	0,384 fA	0,125 dC	0,105 eE	0,156 dB	0,119 dD
P ₁	0,400 eA	0,138 cD	0,113 dE	0,178 cB	0,146 cC
P ₂	0,408 dA	0,139 cD	0,128 cE	0,184 bB	0,145 cC
P ₃	0,428 cA	0,199 aB	0,128 cE	0,174 cC	0,160 bD
P ₄	0,429 bcA	0,199 aB	0,130 cE	0,175 cC	0,159 bD
P ₅	0,434 bA	0,203 aB	0,137 bE	0,177 cC	0,161 bD
P ₆	0,479 aA	0,185 bC	0,158 aE	0,280 aB	0,178 aD

DMS para colunas = 0,006; DMS para linhas = 0,006; MG = 0,213; CV (%) = 1,190

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.12. Atividade de água a 30°C

Levando-se em conta os resultados de análise de variância para a atividade de água a 30°C, verifica-se que houve diferença significativa durante todo o período de armazenamento, para os fatores período de armazenamento e amostras e para a interação entre estes, para todas as amostras, a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 4.29).

Tabela 4.29. Análise de variância de atividade de água a 30°C para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	1,359	0,339	14436,7667 **
Períod. de armaz.	6	0,047	0,008	331,922 **
Amost.x perío.arm.	24	0,025	0,001	43,801 **
Resíduo	70	0,002	0,000	
Total	104	1,322		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4.30 para a variável atividade de água a 30°C, observa-se que esta variável apresentou, no decorrer do armazenamento, oscilações significativas entre os valores iniciais e finais, para todas as amostras. Este fato já era esperado, haja vista que a umidade aumentou com o período de armazenamento, porém esses resultados estão bem abaixo dos 0,6 recomendados para produtos desidratados, ANDRADE, (2000). Com relação aos índices percentuais, notam-se variações menores que a 25°C, mas ainda elevadas entre os valores iniciais e finais, sendo que também a Amostra A₃ foi a que apresentou maior variação, 64,161%, e a Amostra A₀ apresentou o menor índice de variação, 16,867%. Para as demais amostras, os índices de variação foram de 47,244% para Amostra A₁, 42,982% para a Amostra A₂ e de 52,419% para a Amostra A₄.

Tabela 4.30. Atividade de água a 30°C das diferentes amostras, durante o período de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	0,415dA	0,127 dC	0,114 dD	0,173 cB	0,124 fCD
P ₁	0,415 dA	0,144 cC	0,124 cdD	0,183 bcB	0,145 eC
P ₂	0,432 cA	0,149 cD	0,134 bcE	0,192 bB	0,174 bC
P ₃	0,443 cA	0,197 abB	0,134 bcE	0,176 cC	0,151 deD
P ₄	0,458 bA	0,198 abB	0,136 bcE	0,181 bcC	0,160cdD
P ₅	0,470 bA	0,207 aB	0,139 bE	0,180 bcC	0,167 bcD
P ₆	0,485 aA	0,187 bC	0,163 aD	0,284 aB	0,189 aC

DMS para colunas = 0,012; DMS para linhas = 0,011; MG = 0,22145; CV (%) = 2,191

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.13. Atividade de água a 35°C

Pela análise de variância para a atividade água a 35°C, verifica-se que houve diferença significativa durante todo o período de armazenamento para os fatores período de armazenamento e amostras e bem como para interação entre estes em todas as amostras, para $p < 0,01$ pelo teste F, de acordo com os dados da Tabela 4.31.

Tabela 4.31. Análise de variância de atividade de água a 35°C para as diferentes amostras, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	4	1,400	0,350	99921,117 **
Períod. de armazen.	6	0,039	0,006	1887,793 **
Amost. x Períod.arm.	24	0,018	0,001	213,366 **
Resíduo	70	0,000	0,000	
Total	104	1,458		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

A análise dos resultados da variável atividade de água a 35°C, apresentados na Tabela 4.32, mostra que esta variável apresentou, durante o período de armazenamento, oscilações significativas entre os valores iniciais e finais, para todas as amostras. Como nos casos anteriores este fato também já era esperado em decorrência do aumento de umidade verificado em todas as amostras durante o armazenamento, observa-se, ainda, que esses resultados são inferiores ao recomendado para produtos desidratados que é de 0,6 (ANDRADE, 2000). No que concerne aos índices percentuais, verificam-se variações menores entre os valores iniciais e finais que nas duas temperaturas anteriores, mas também elevadas, sendo que mais uma vez, a Amostra A₃ foi a que apresentou maior índice de variação, 57,458%, e a Amostra A₀ apresentou o menor índice, 13,425%. Para as demais amostras, os índices de variação foram de 45,255% para a Amostra A₁, 33,600% para a Amostra A₂ e de 39,161% para a Amostra A₄.

Numa análise conjunta dos resultados obtidos para as três temperaturas avaliadas, verifica-se que a atividade de água aumentou com o decorrer do período de

armazenamento e com o aumento da temperatura em todas as amostras estudadas e em proporções bem maiores que o aumento da umidade. Observa-se, também, que as oscilações, em termos percentuais entre os valores iniciais e finais, diminuíram com o aumento da temperatura.

Tabela 4.32. Atividade de água a 35°C para as diferentes amostras, durante o período de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras				
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
P ₀	0,432 dA	0,137 eD	0,125 dE	0,181 eB	0,143eC
P ₁	0,433 dA	0,150 dC	0,127 dD	0,191 cD	0,147 eC
P ₂	0,448 cA	0,155 cC	0,139 bcD	0,202 bB	0,156 dC
P ₃	0,457 bA	0,201 bB	0,137 cE	0,183 deC	0,157 dD
P ₄	0,459 bA	0,201 bB	0,139 bcE	0,186 cdC	0,163 cD
P ₅	0,461 bA	0,207 aB	0,142 bE	0,187 cC	0,168 bD
P ₆	0,490 aA	0,199 bC	0,167 aD	0,285 aB	0,199 aC

DMS para colunas = 0,006; DMS para linhas = 0,004; MG = 0,227; CV (%) = 0,823

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2.14. Lipídio total

Pela análise de variância para a variável lipídio total (Tabela 4.33) realizada nas Amostras A₃ e A₄, verifica-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) para os fatores período de armazenamento e amostras e, também, para a interação período de armazenamento versus amostras, pelo teste F.

Tabela 4.33. Análise de variância de lipídio total para as Amostras A₃ e A₄, em função do período de armazenamento

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	1	0,176	0,176	96,027 **
Períod. de armaz.	6	0,171	0,028	15,485 **
Amost. x Perío.arm	6	0,069	0,012	6,336 **
Resíduo	28	0,051	0,002	
Total	41	0,469		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Os valores de lipídio total foram determinados apenas nas Amostras A₃ e A₄, às quais adicionou-se gordura animal, na percentagem de 3%. Verifica-se queda nos seus valores médios desta variável, no decorrer do período de armazenamento, conforme apresentado na Tabela 4.34. Com relação às alterações em percentual entre os valores iniciais e finais, vê-se que a Amostra A₃ apresentou menor índice de variação no teor de lipídios durante o armazenamento, com redução de 3,159% e para a Amostra A₄ o índice de redução foi de 5,148%. Se subtraídos os 3% de gordura adicionados a essas amostras, obter-se-á teor de lipídio total superior aos 0,3% encontrados por ALBUQUERQUE & CARDOSO (1980) em amostras de farinha seca.

Tabela 4.34. Composição em lipídio total (%) das Amostras A₃ e A₄, durante o período de armazenamento

Período de armazenamento	Amostras	
	A ₃	A ₄
P ₀	4,178 aB	4,351 abB
P ₁	4,120 abB	4,231 bcdA
P ₂	3,965 cB	4,221 bcdA
P ₃	4,173 aB	4,321 abA
P ₄	4,116 abB	4,282 abcA
P ₅	4,205 aA	4,178 cdA
P ₆	4,046 bcB	4,127 dA

DMS para colunas = 0,111; DMS para linhas = 0,072; MG = 4,180; CV (%) = 1,026

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3. Análise microscópica

A análise microscópica mostrou ausência de sujidades, larvas e parasitos na farinha seca e nas farinhas temperadas. Verifica-se que este resultado está de acordo com o que estabelece a legislação do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1978) que determina ausência de sujidades, larvas e parasitos em farinhas.

4.4. Análise sensorial

Foi realizada análise sensorial nas quatro amostras de farinhas de mandioca temperadas (A₁, A₂, A₃ e A₄) avaliando-se os atributos aroma, aparência, cor e sabor, com dezenove provadores, cujos resultados médios estão apresentados nas Tabelas 4.35 a 4.42.

4.4.1. Aroma

De acordo com os dados de análise de variância (Tabela 4.35) nota-se que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F entre as amostras analisadas.

Tabela 4.35. Análise de variância do atributo aroma, para as diferentes amostras

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	3	30,579	10,193	12,539 **
Resíduo	72	58,526	0,813	
Total	75	89,105		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre médias (Tabela 4.36) constatam-se que houve diferenças significativas entre a Amostra A₁

e as Amostras A₃ e A₄, para o parâmetro aroma e, ainda, que as médias obtidas nas Amostras A₁ e A₂ ficaram dentro do nível “indiferente” e a Amostra A₄ dentro do conceito “gostei ligeiramente”, enquanto a Amostra A₃ foi a que obteve maior média, ficando dentro do nível “gostei regularmente”.

Tabela 4.36. Comparação entre as médias do atributo aroma, para as diferentes amostras

Amostras	Médias de tratamento
A ₁	5,631 c
A ₂	5,894 bc
A ₃	7,263 a
A ₄	6,679 ab

DMS = 0,77185; MG = 6,342; CV (%) = 14,216

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.2. Aparência

Observando-se a análise de variância para o atributo aparência (Tabela 4.37) nota-se que existe uma diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, entre as amostras.

Tabela 4.37. Análise de variância do atributo aparência, para as diferentes amostras

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	3	29,934	9,978	9,211 **
Resíduo	72	78,000	1,083	
Total	75	107,934		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre médias (Tabela 4.38) constata-se que não houve, estatisticamente, diferenças significativas entre as Amostras A₂, A₃ e A₄, sendo que ocorreu diferença significativa entre a Amostra

A₁ e as demais. Verifica-se, ainda, que as médias obtidas pelas Amostras A₁, A₂ e A₄ ficaram dentro do nível “gostei ligeiramente”, enquanto a Amostra A₃ ficou dentro do nível “gostei regularmente”.

Tabela 4.38. Comparação entre as médias do atributo aparência, para as diferentes amostras

Amostras	Médias de tratamento
A ₁	5,579 b
A ₂	6,842 a
A ₃	7,263 a
A ₄	6,789 a

DMS = 0,891; MG = 6,618; CV (%) = 15,726

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.3. Cor

Pela análise de variância (Tabela 4.39) verifica-se que não houve diferença significativa entre as amostras, para cor, pelo teste F.

Tabela 4.39. Análise de variância do atributo cor, para as diferentes amostras

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	3	4,461	1,487	0,860 ^{ns}
Resíduo	72	124,421	1,728	
Total	75	128,881		

ns Não significativo

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Aplicando-se o teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, constata-se que todas as amostras são iguais estatisticamente (Tabela 4.40) e, também, que as médias obtidas para o atributo cor, ficaram dentro do nível “gostei ligeiramente”, com média geral das notas dadas para o atributo cor, de 6,539.

Tabela 4.40. Comparação entre as médias do atributo cor, para as diferentes amostras

Amostras	Médias de tratamento
A ₁	6,210 a
A ₂	6,421 a
A ₃	6,842 a
A ₄	6,684 a

DMS = 1,125; MG = 6,539; CV (%) = 20,102

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.4. Sabor

De acordo com a análise de variância (Tabela 4.41) verifica-se que não houve diferença significativa entre as amostras, para $p < 0,01$ pelo teste F.

Tabela 4.41. Análise de variância do atributo sabor, para as diferentes amostras

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	3	4,461	1,487	0,860 ^{ns}
Resíduo	72	124,421	1,728	
Total	75	128,881		

ns Não significativo

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Estatisticamente, apenas as médias das Amostras A₁ e A₃ são diferentes e não existem diferenças entre as outras amostras, quando realizada a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 4.42).

A média obtida para a Amostra A₃ foi superior à da Amostra A₁, ficando no nível “gostei regularmente” e “indiferente”, respectivamente.

Tabela 4.42. Comparação entre as médias do atributo sabor, para as diferentes amostras

Amostras	Médias de tratamento
A ₁	5,789 b
A ₂	6,105 ab
A ₃	7,105 a
A ₄	6,526 ab

DMS = 1,084; MG = 6,381; CV (%) = 19,845

DMS – Desvio mínimo significativo, MG – Média geral, CV – Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Através da análise sensorial, verifica-se que a Amostra A₃ obteve as maiores notas médias nos parâmetros aroma, aparência, cor e sabor.

4.5. Análise granulométrica

Tem-se na Tabela 4.43, são apresentados os resultados da análise granulométrica das farinhas seca e temperada. Observa-se que, de acordo com os dados apresentados nesta tabela, a farinha seca, Amostra A₀, e as quatro amostras de farinhas temperadas (A₁, A₂, A₃ e A₄), se enquadram no subgrupo de farinha grossa, de acordo com o que estabelece o Ministério da Agricultura (BRASIL, 1995).

Tabela 4.43. Valores médios da análise granulométrica das diferentes amostras

Amostras	Pó (%)	Material Retido (%)	
		Peneira 10	Peneira 18
A ₀	2,734 ± 0,037	11,660 ± 0,199	39,109 ± 0,240
A ₁	2,902 ± 0,007	11,009 ± 0,447	32,777 ± 0,303
A ₂	2,943 ± 0,041	10,306 ± 0,181	33,102 ± 0,877
A ₃	2,961 ± 0,036	11,350 ± 0,387	34,229 ± 0,107
A ₄	2,792 ± 0,056	10,521 ± 0,367	36,779 ± 0,341

4.6. Análise instrumental da cor

Nas Tabelas 4.44 a 4.47 estão apresentados os valores médios da análise instrumental da cor das quatro amostras de farinhas de mandioca temperadas (A_1 , A_2 , A_3 e A_4) avaliadas através dos parâmetros L_{Hunter} , a_{Hunter} e b_{Hunter} .

Pelos dados da análise de variância para o parâmetro L_{Hunter} (Tabela 4.44), verifica-se que houve diferença significativa entre as amostras, a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4.44. Análise de variância do parâmetro L_{Hunter} para as diferentes amostras

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	3	195,474	65,,158	125,692**
Resíduo	8	4,147	0,518	
Total	11	199,621		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Na análise de variância para o parâmetro a_{Hunter} (Tabela 4.45), nota-se diferença significativa entre as amostras, a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste F.

Tabela 4.45. Análise de variância do parâmetro a_{Hunter} para as diferentes amostras

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	3	52,009	17,336	52,926**
Resíduo	8	2,620	0,327	
Total	11	54,629		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Analisando-se os dados de variância para o parâmetro b_{Hunter} apresentado na Tabela 4.46, verifica-se diferença significativa entre as amostras, a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste F.

Tabela 4.46. Análise de variância do parâmetro b_{Hunter} para as diferentes amostras

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Amostras	3	270,525	90,175	139,117**
Resíduo	8	5,185	0,648	
Total	11	275,711		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G. L. – Grau de liberdade; S. Q. – Soma dos quadrados; Q. M. – Quadrado médio

Na Tabela 4.47 são apresentados os valores médios dos parâmetros da cor das quatro amostras de farinha de mandioca temperada. Verifica-se que a cor entre as Amostras, A_1 e A_2 e entre as Amostras A_3 e A_4 , através do parâmetro L_{Hunter} , não difere significativamente duas a duas, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 4.47. Valores dos parâmetros L_{Hunter} , a_{Hunter} e b_{Hunter} para as diferentes amostras

Amostras	Parâmetros		
	L_{Hunter}	a_{Hunter}	b_{Hunter}
A_1	62,166 a	+22,933 c	+32,867 c
A_2	62,766 a	+27,600 a	+38,100 b
A_3	53,766 b	+22,167 c	+43,700 a
A_4	55,166 b	+24,467 b	+44,700 a

Obs. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Com relação ao parâmetro a_{Hunter} (positivo) que representa a intensidade de vermelho, os valores das amostras A_1 e A_3 não diferem estatisticamente, comportamento este já esperado uma vez que a quantidade de corante natural adicionado a essas amostras foi a mesma; ao contrário, as Amostras A_2 e A_4 , apresentaram diferenças significativas, devido, provavelmente, à incorporação da gordura animal, com conseqüente diluição do corante natural.

No parâmetro b_{Hunter} (positivo) que representa a intensidade de amarelo, os valores entre as Amostras A_3 e A_4 não diferem estatisticamente e são superiores aos valores das Amostras A_1 e A_2 . Esta superioridade pode ser explicada pela incorporação da

gordura animal, a qual representa ser o maior responsável pelo teor de amarelo das amostras. O valor maior da Amostra A_2 com relação à amostra A_1 , é devido à maior concentração do corante natural.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, no qual se avaliou o comportamento das farinhas de mandioca seca e temperadas durante o armazenamento (180 dias) pode-se concluir que:

- as análises microbiológicas das farinhas de mandioca seca e temperadas, evidenciaram boas condições higiênico-sanitárias, tanto no processamento quanto durante o armazenamento, apresentando contagens microbianas dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, em todos os períodos de avaliação

- as análises químicas e físico-químicas apresentaram resultados compatíveis com a legislação vigente, para a maior parte dos parâmetros avaliados, exceto para cinzas, cujo teor permitido pela legislação é de no máximo 2%, e para amido, cujo teor não é aceito a níveis inferiores a 70%

- no caso das cinzas, somente a farinha de mandioca seca, Amostra A₀, apresentou teor dentro dos padrões. As amostras de farinha de mandioca temperada, A₁, A₂, A₃ e A₄, produziram de forma geral, teor de minerais acima de 2%, devido à adição intencional de cloreto de sódio na composição dessas farinhas

- comportamento idêntico ocorreu com relação ao amido, isto é, como as farinhas de mandioca temperadas receberam componentes na sua formulação com baixíssimo teor de amido, ou até mesmo nenhum, era esperada uma redução do percentual de amido dessas amostras, até níveis inferiores aos permitidos por lei

- a análise microscópica das amostras revelou ausência de sujidades, larvas e parasitas estando, portanto, de acordo com o que preceitua o Ministério da Agricultura (BRASIL, 1978) evidenciando as condições adequadas de manuseio e armazenagem do produto

- de acordo com a análise granulométrica, a farinha de mandioca seca e as demais amostras utilizadas neste trabalho foram classificadas como farinha grossa, segundo o Ministério da Agricultura (BRASIL, 1995)

- ao final do período de armazenamento, observa-se que, de modo geral, todas as características do produto foram preservadas, daí se poder concluir que o tipo de embalagem utilizada foi adequado

- através da análise sensorial, verifica-se que as diferentes amostras de farinha de mandioca temperadas apresentaram médias de avaliação, na escala hedônica, dos atributos aroma, aparência, cor e sabor, entre os conceitos “Indiferente”, “Gostei ligeiramente” e “Gostei regularmente”.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M.; CARDOSO, E. M. R. **A mandioca no trópico úmido**. Brasília: Editerra, 1980. 251 p.

ALBUQUERQUE, M. **A mandioca na Amazônia**. Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM. Belém, 1969, 222 p.

ALZAMORA, S. M.; FERRO-FONTAN, C. A note on the effect of surface active agents on water activity of food solutions. **Journal of Food Science**, v. 46, n.6, p. 1974-1975, 1981.

ANDRADE, A. R. D. Apostila da disciplina de processamento de alimentos I. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2000. 45 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 14. ed., 1984 Arglinton, 1984. v. 1. 1.141 p.

BANWART, G. J. Basic food microbiology, Avi Publ. Company Westport, Conn., 1979. n. p.

BERGEROT, J. F. **Embalagens convertidas**. Seminário de embalagens flexíveis para alimentos. ITAL, 1980. 63 p.

BEUX, M. R. **Noções de microscopia alimentar**: pesquisa de materiais estranhos e identificação de elementos histológicos. Curitiba: CEPPA, 1992. 62 p. (Série Didática, 2).

BOBBIO, F.; BOBBIO, P. **Introdução à química de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 223 p.

BOBBIO, F.; BOBBIO, P. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. Campinas: Livraria Varela, 1995. 151 p.

BRASIL. Portaria n. 554, de 30 de agosto de 1995. Estabelece a Norma de Identificação, Qualidade, Acondicionamento e Transporte da Farinha de Mandioca, para fins de comercialização. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 de set. 1995. Seção 113515.

BRASIL. Resolução – RDC n. 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 de janeiro de 2001.

BRASIL. Portaria SVS n. 451 de 19 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico Princípios Gerais para o Estabelecimento de Critérios e Padrões Microbiológicos para Alimentos e seus anexos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 de setembro de 1997. Seção 1 21005.

BRASIL. Resolução n. 12 de 24 de julho de 1978. Estabelece Padrões de Identidade e Qualidade. Aprova Normas Técnicas Especiais do Estado de São Paulo, revistas pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 de julho de 1978.

CABRAL, A. C. D.; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M.; ORTIZ, S. A. **Embalagem de produtos alimentícios**. São Paulo: Secretaria da Indústria e Comércio, Ciências e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1983. 338 p.

CABRAL, A. C. D.; FERNANDES, M. H. C. Aspectos gerais sobre a vida-de-prateleira de produtos alimentícios. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. v. 17, n. 4, p. 371-479, out./dez. 1980.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; FILHO, J. M.; LIMA, U. A. **Mandioca: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1982. 80 p. (Série Extensão Agroindustrial, 4).

CAMARGO, M. S.; NINNI, L.; MEIRELLES, A. J. A. **Utilização do método de contribuição de grupos ASOG para a predição da atividade de água em sistemas binários contendo polióis**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. CD.

CAMARGO, R.; FONSECA, H.; GRANER, M.; FILHO, L. G. P.; CADUGO, J. G. B.; ANDRADE, M. O.; NOGUEIRA, J. N.; CANTARELLI, P. R.; LIMA, U. A.; OLIVEIRA, A. J.; MOREIRA, L. S. **Tecnologia dos produtos agropecuários**. São Paulo: Nobel, 1984. 298 p.

CATÃO, M. N.; LIMA, E. O. Identificação de fungos filamentosos e contaminantes na farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) comercializada em João Pessoa, PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 2000, Fortaleza: **Resumos...** Fortaleza. Ceará.

CEREDA, M. P. Avaliação da qualidade de duas amostras de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo) Boletim da SBCTA, Campinas, v. 17 n. 3, p. 305-320 Jul/set. 1983.

CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: 1994. 174p.

CHAVES, J. B. P. **Noções de microbiologia e conservação de alimentos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 113 p.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introdução a la bioquímica y tecnologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, v.1, 1976. 333 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CHIRIFE, J.; RESNIK, S. Unsaturated solution sodium chloride as reference sources of water activity at various temperatures. **Journal of Foods Science**. v. 49, n. 6, p. 1486-1488, 1984.

COBLEI, L. S. **An introduction to the botany of tropical crops**. 2. ed. London: Longman, 1976. 371 p.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca** 2. ed. São Paulo: Nobel, 1981. 174 p.

COMISSÃO INTERNACIONAL PARA ESPECIFICAÇÕES MICROBIOLÓGICAS DOS ALIMENTOS (ICMSF). São Paulo: Varela, 1997. 377 p.

CHRISTIAN, J. H. B. Reduced water activity, In: **Microbiol Ecology of Foods**, v. 1. **Factors Affecting Life and Death of Microorganisms** (ICMSF, eds), Academic Press, New York, 1980, p. 70-91.

DOMINGUEZ, C. E.; CEBALHO, L. F.; FUENTES, C. Morfologia de planta de yuca. In DOMINGUEZ, C. E. **Yuca: Investigacion, producion y utilizacion**. Cali Ciat s. d. cap. I p. 29 – 49.

EIROA, M. N. U.; LEITÃO, M. F. F.; LEITÃO, R. F. F.; VITTI, P. Caracterização microbiológica da farinha e amidos. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 6, 1975, p. 459-473.

EMBRAPA. Home page do centro nacional de pesquisa da mandioca e da fruticultura. Disponível em <<http://www.embrapa.gov.br/pesquisa/tecnolog./m.prima.htm>> acesso em 20 de jun. 2001.

EMBRATER **Cultura da mandioca no nordeste**: manual técnico Brasília 1979. 158 p.

FAO **Production Yearbook**. Roma. Disponível em <<http://www.fao.org/english/index.html>>. acesso em 10 de jun. 2001.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: EDUFAL, 1991. 437 p.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (Malpighia pubicifolia L.)**. 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FRAZIER, W. C.; WESTHOFF, D. C. **Food microbiology**. 3., ed. Graw Hill Boob Company, New York, 1978. n. p.

FRANCIS, F. J. colorimetry of foods. In: PELEG, M.; BAGLEY, E. B. **Physical properties of foods**. Westport: The Avi Publishing Company, 1983. p. 105-123.

FUKUDA, W. M. G.; BORGES, M. F. Avaliação qualitativa de cultivares de mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 7 n. 1, p 63–71, jun. 1988.

FUKUDA, W. M. G. **Germoplasma de mandioca**: origem, diversificação e caracterização agrônômica de coleção. In: Curso intensivo nacional de mandioca, 6, 1986. EMBRAPA/CNPMPF, Cruz das Almas: 1986. 15 p.

GENIGIORGIS, C. RIEMANN, H. Food processing and hygiene, In: **Food-Borne Infections and Intoxications**, 2., ed. (H. BIEMANN; F. L. BRAYAN,eds), Academic Press, New York, 1979, p. 613-713.

GONCALVES, J. C. **Aspectos industriais da mandioca**. In: Curso intensivo nacional de mandioca, 1, 1976. EMBRAPA/CNPMPF, Cruz das Almas: 1976. p 63-73.

GUARDA, A.; ALVAREZ, P. Evolucion estatística de um método rápido y sencillo para determinar la actividade de água em alimentos. **Revista de Alimentos**, v. 16, n. 9 p. 35-48, 1991.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985.v. 1 533 p.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (ITAL). **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos**. Campinas: ITAL/SBCTA 1988. 162 p.

JARDIM, D. C. P. Medidas de atividade de água. **Alimentos & Tecnologia**, v. 8, n. 1, 1986 p. 82-94.

JONSTON, M. R.; LIN, R. C. FDA Views on the importance of water activity in good manufacturing practice. Em: **Water activity: theory and applications of food**. Editado por ROCKLAND, L. B.; BECHAT, L. R. Institute of Techonologists, 1987.

JONSTON, M. R. Light reflectance meter measures degree of milling and parboiling of parboiledrie, **Cereal Chemistry**. V. 42, n. 2, p. 168-174, 1965.

JUSTE JUNIOR, E. S. G. **Tecnologia da mandioca**. Lavras: Instituto Nacional de Tecnologia, 1978. 84 p.

KAREL, M. Fundamentals of dehydration processes. In: SPICER, A. **Advances in preioncentration and dehydration os foods** Londres: Applied Science Publishers, 1974. Cap. II, p.53-54.

KRAMER, A. TWIGG, B. A. **Fundamentals of quality control for the food industry**. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Cnnectent, 1962.

KRAMER, V.; GINKEL, L. V. Rapid determination of crude fibre in cereal. **Cereal Chemistry**, Minn, v. 29 n. 4, p 239–251, 1952.

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL (LANARA), v.1 Brasília: setembro de 1981, n. p.

LABUZA, T. P. Kineetics of lipid oxidations – **CRC Critical Reviws in food Technonology**, v. 2, n. 2, p. 335-405, 1971.

LANDROCK, A. H.; PROCTOR, B. E. A new graphical interpolation method for obtaining humidity equilibria data with special reference to its role in food packging stuties **Food Technology**, v. 8, p. 332-337, 1951.

LAUDANI, H. Protection of food from inset damage during long-term storage. **Food Technology**. Chicago, v. 17, n. 12 p. 1522-1527, 1963.

LEITÃO, M. F. F.; HAGLER, L. C. S. M.; HAGLER, A. N.; MENEZES, T. J. B. **Tratado de microbiologia**. São Paulo: Mamoli, v. 1, 1988. 185 p.

LEITÃO, M. F. F. Atividade de água e transformações microbiológicas de deterioração. In: JARDIM, D. C. P. (Coordenador técnico) **I Seminário sobre atividade de água em alimentos**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, nov. 1987. p. 2-12.

LIMA, U. A.; ANDRADE, M. O. Tecnologia dos alimentos glucídicos. In: CAMARGO, R. et al. **Tecnologia dos produtos agropecuários**. São Paulo: Nobel, 1984. Cap. XIII, p. 235-266.

LIMA, U. A. **Beneficiamento e industrialização da mandioca**. São Paulo: Secretaria da Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1982. 42 p. (Série de Alimentos, 2) 42 p.

YARI, S.; AMANTE, E. R.; PINTO, V. G. S. Características físico-químicas de amostras de farinhas do Sul de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 2000. v.1, p. 3.82.

MADI, L. F. C.; GAZETA, E. F.; SOLER, R. M.; CABRAL, A. C. D.; ALVIM, D. D. **Características dos atuais materiais flexíveis nacionais para embalagens de alimentos**. Coletânea ITAL, v. 20, n. 2, p. 35-67. 1988.

MALLET, D.; KOHNEN, J.; SURLES, T. Determinations of water activity in intermediate moisture pet foods by solvent extraction. **Journal of Food Science**, v. 39, n. 4, p. 847-848, 1974.

MARAVALHAS, N. Estudo sobre a farinha de mandioca. **Revista de Química Industrial**, Rio de Janeiro, v. 353, n. 30 p. 13-18, 1961.

MATTOS, P. L. P.; GOMES, T. C.; MATOS, A. P. **Cultura da mandioca**. Cruz das Almas: 1973. 13 p.

MENDES, B. A.; ANJOS, C. A. R. **Embalagens plásticas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 25 p.

MOREIRA, L. S. Gorduras: conceitos básicos de química e tecnologia. In: CAMARGO, R. et al. **Tecnologia dos produtos agropecuários**. São Paulo: Nobel. 1984. Cap. XII, p. 205-234.

MOURA, S. C. S. R. **Estudo da atividade de água e da condutividade elétrica em sucos concentrados de frutas tropicais**. 1998. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MOURA, S. C. S. R.; HUBINGER, M. D.; VITALI, A. A. Predição da atividade de água e relação entre a atividade de água e a depressão do ponto de congelamento de sucos de frutas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4. out. / dez.. 1998.

MOURA, S. C. S. R.; VITALI, A. A.; HUBINGER, M. D. Determinação experimental e predição de atividade de água em sucos de frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 14. 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. CD.

NOREÑA, C. Z.; HUBINGER, M. D.; MENEGALLI, F. C. Técnicas básicas de determinação de atividade de água: uma revisão. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 91-96, jan. / jun. 1996.

NUNES, C. F. L. A. **Influência da época de colheita no rendimento e qualidade da farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1991. 118 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

OLIVEIRA, V. P. Fontes de cor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORANTES NATURAIS, 4., 2000, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Corantes Naturais, 200. p. 13-20.

OLIVEIRAS, Z. L. **Amido e Goma**. Fortaleza: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), 1985. 84 p. (Série Implantação Microempresa, 24).

PAIVA, F. F. A. **Controle de qualidade da farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)** produzida na região metropolitana de Fortaleza. 1991. 216 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PAUMGARTEEN, F. I. R. Toxicologia de corantes naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORANTES NATURAIS, 4., 2000, João Pessoa, **Resumos...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Corantes Naturais, 200. p. 25.

PRATA, F. C. **Principais culturas do nordeste**. 2. ed. Mossoró: Editerra, 1983. V. 2, 215 p.

PRIOR, B. A. Measurement of water activity in foods: a review: **Journal of Food Protection**, v. 42, n. 8, p. 668-674, 1979.

SCHOLZ, H.K.B. **Aspectos Industriais da mandioca no nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil (BNB), 1971, 203 p.

SILVA, S. D. Cor: definição e métodos de medição. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, n. 36, p. 75-84 dez. 1973.

SILVA, F. A. S. The ASSISTAT software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6., Cancun, 1996. **Anais...** Cancun American Society of Agricultural Engineers, 1996. p. 294-298.

TEIXEIRA, E.; MENERT, E. M.; BARBERTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180 p.

TROLLER, J. Water activity measurements with a capacitance manometer. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 3, p. 739-741, 1983.

TROLLER, J.; CHRISTIAN, H. **Water activity and food**. Ed. Academic Press, 235 p., 1978.

TROLLER, J. A. The water relations of food borne bacterial pathogens. A review. *J. Milk Food Technol.* v. 36, p. 276-288, 1973.

VILELA, E. R.; JUSTE JUNIOR, E. S. G. Tecnologia da farinha de mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 145, n. 13, p. 60-62, 1987.

VITTI, P. Industrialização da mandioca: Produção de amido, raspa e farinha de raspa. Boletim da CTPTA, Cruz das Almas, v. 6, p. 26-33, 1966.

VITTI, P. Variedades de mandioca para fins industriais. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 1, p. 27-45, 1965/1966

VITTI, P.; PADULA, M.; PACHECO, I. A.; SARTORI, M. R.; GARCIA, E. E. C.; PIZZINATTO, A.; LEITÃO, R. F. F.; SILVEIRA N. F. A. Uso de embalagem de polietileno de baixa densidade para farinha de trigo. **Coletânea do Instituto de Tecnologia Alimentos** v. 20, n. 2, p. 210-225, jul./ dez. 1990.