



UNICAMP

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

MANDIOCA "CHIPS"
UMA TECNOLOGIA PARA APROVEITAMENTO DA
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

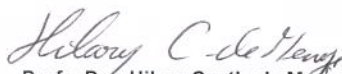
PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Regina Kitagawa Grizotto, aprovada pela Comissão Julgadora em 23 de outubro de 2000.

REGINA KITAGAWA GRIZOTTO
Engenheira de Alimentos

Campinas, 23 de outubro de 2.000

Prof^a. Dr.^a HILARY CASTLE DE MENEZES
Orientadora


Profa. Dr.^a Hilary Castle de Menezes
Presidente da Banca

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR em Tecnologia de Alimentos.

Campinas, outubro de 2000.

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE



64061049

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
	T/Unicamp
	G889m
V.	Ex.
TOMBO BC/	43204
PROC.	16-278/00
C	☐
D	☒
PREC.	R\$ 11,00
DATA	15/12/00
N.º CPD	

CM-00154403-7

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

G889m Grizotto, Regina Kitagawa
Mandioca "chips" uma tecnologia para aproveitamento da
mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) / Regina Kitagawa
Grizotto. – Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Hilary Castle de Menezes
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

I.Mandioca. 2.Processamento. 3.Alimentos – Textura. 4.
Avaliação sensorial. I.Menezes, Hilary Castle de.
II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia
de Alimentos. III.Título.

BANCA EXAMINADORA



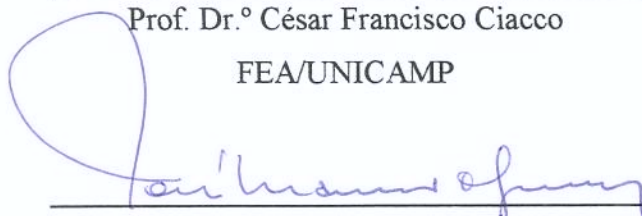
Prof.^a Dr.^a Hilary Castle de Menezes

FEA/UNICAMP



Prof. Dr.^o César Francisco Ciacco

FEA/UNICAMP

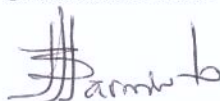


Dr.^o José Maurício de Aguirre

FRUTHOTEC/ITAL

Prof.^a Dr.^a Marney Pascoli Cereda

CERAT/UNESP

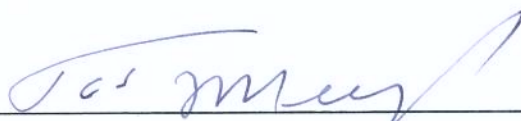


Prof.^a Dr.^a Silene Brunder Silveira Sarmento

ESALQ/USP

Dr.^a Tereza Losada Valle

IAC



Dr. Tobias José Barreto de Menezes

ITAL

Ao Nivaldo
que tanto me apoiou e incentivou
neste longo e difícil caminho, e
à Ana Yoshie e ao Arthur
que indiretamente participaram do sucesso deste trabalho;

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, sobretudo, por ter-me dado forças para continuar.

À Prof^a. Hilary pela amizade, orientação e confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de doutoramento.

À Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Laboratório de Frutas e Hortaliças e seus funcionários, pelo apoio e a oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Horticultura do Núcleo Experimental, em especial à Dr.^a Tereza Losada e ao Sr. Júlio, pela colaboração e gentileza em ceder as raízes de mandioca.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas , em especial ao Dr. José Maurício de Aguirre, pelas sugestões e gentileza em ceder as dependências, e a todos os funcionários que me auxiliaram em parte deste trabalho.

À Prf.^a Cida pelo auxílio na avaliação sensorial.

À amiga Shirley Berbari que tanto me ajudou durante a condução deste trabalho.

Ao Cardoso e ao Jorge Behring pela inestimável ajuda na parte estatística.

Ao pessoal da Biblioteca da FEA, Cleusa, Adriana, Claudia, Geraldo, José, e em especial, ao Toninho, que já não se encontra entre nós.

À D.^a Tereza, que ao longo destes anos, tem-me proporcionado tranquilidade, “braços” e “pernas” para trabalhar.

Aos meus pais e sogros, exemplos de dedicação e perseverância, que mesmo à distância, sempre me apoiaram, me confortaram e principalmente incentivaram em todo esse caminho.

À vocês, meu carinhoso obrigado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	<i>xv</i>
LISTA DE TABELAS	<i>xix</i>
LISTA DE ANEXOS	<i>xxiii</i>
RESUMO	<i>xxxi</i>
ABSTRACT	<i>xxxiii</i>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Por que estudar a mandioca	5
2.2. Potencialidade dos produtos à base de mandioca	6
2.2.1. Mandioca "Chips"	7
2.2.2. Farinha de mesa	9
2.2.3. Amidos: Fécula, Polvilho Doce, Polvilho Azedo	11
2.2.4. Outros produtos derivados da mandioca	15
2.3. Toxicidade na mandioca	19
2.4. Mandioca como matéria-prima industrial	21
2.4.1. Características da planta	21
2.4.2. Mudanças na qualidade durante a estocagem	22
2.4.3. A textura e a qualidade culinária da mandioca	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Material	28
3.1.1. Matéria-prima	28
3.1.2. Reagentes	30
3.1.3. Equipamentos	30

	Página
3.2. MÉTODOS ANALÍTICOS	31
3.2.1. Composição Centesimal	31
3.2.1.1. <i>Preparo da amostra de mandioca "in natura"</i>	31
3.2.1.2. <i>Preparo da amostra de "chips" de mandioca</i>	31
3.2.2. Amilose	32
3.2.2.1. <i>Preparo da amostra</i>	32
3.2.2.2. <i>Leitura da absorbância</i>	33
3.2.3. Fibra dietética	33
3.2.3.1. <i>Fibra detergente ácido (ADF)</i>	33
3.2.3.2. <i>Celulose e lignina</i>	33
3.2.4. Fraturabilidade	33
3.3. MÉTODO EXPERIMENTAL	36
3.3.1. Recebimento das raízes	37
3.3.2. Descascamento e limpeza	37
3.3.3. Fatiamento	37
3.3.4. Pré-tratamentos	38
3.3.4.1. <i>Cozimento em água em ebulição</i>	38
3.3.4.2. <i>Cozimento em câmara de vapor</i>	38
3.3.4.3. <i>Fermentação</i>	39
3.3.4.4. <i>Fermentação + Cozimento</i>	39
3.3.4.5. <i>Cozimento + Secagem Parcial</i>	39
3.3.5. Fritura	40
3.3.6. Adição de sal	40
3.3.7. "Chips" de mandioca: Acondicionamento e Armazenamento	40
3.4. MÉTODO SENSORIAL	41
3.5. MÉTODOS ESTATÍSTICOS	42
3.5.1. Análise estatística da fraturabilidade dos "chips"	42

3.5.2. Análise estatística para avaliação sensorial	44
3.5.3. Correlação linear	44
4. RESULTADOS & DISCUSSÃO	45
4.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E FIBRAS NA MANDIOCA “IN NATURA”	45
4.2. LIPÍDEOS EM "CHIPS" DE MANDIOCA	51
4.3. EFEITO DOS PRÉ-TRATAMENTOS NAS CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA DOS "CHIPS" DE MANDIOCA	53
4.3.1. Fatiamento das raízes de mandioca	53
4.3.1.1. <i>Fatias redondas</i>	54
4.3.1.2. <i>Fatias retangulares</i>	57
4.3.2. Efeito da fermentação	61
4.3.2.1. <i>Fermentação das raízes inteiras da mandioca</i>	65
4.3.2.2. <i>Fermentação das raízes inteiras, cozimento e combinação de ambos</i>	68
4.3.3. Efeito do cozimento	72
4.3.3.1. <i>Cozimento em água em ebulição</i>	73
4.3.3.2. <i>Cozimento em câmara de vapor</i>	76
4.3.4. Efeito da secagem parcial	80
4.4. Aceitação sensorial dos "chips" de mandioca	82
4.4.1. Variedade IAC Mantiqueira: Aceitação e Aparência	83
4.4.2. Variedade IAC 576.70: Aceitação e Aparência	86
4.5. Correlação entre a fraturabilidade dos "chips" e a aceitação das amostras	89
5. CONCLUSÕES	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXOS	107

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1	Representação gráfica de uma raiz de mandioca (a) , mostrando as regiões próxima à base <i>(I)</i> , mediana <i>(II)</i> e ponta da raiz <i>(III)</i> . Seção transversal (b) com respectivas regiões externa <i>(k)</i> próxima da casca, intermediária <i>(l)</i> e central <i>(m)</i> próxima ao feixe de fibras central.	27
Figura 2	Esquema de montagem dos acessórios para determinar a fraturabilidade dos "chips" de mandioca.	34
Figura 3	Curva de ruptura típica do TA.XT2, para batata frita, mostrando os picos de ruptura que expressam a fraturabilidade da amostra.	35
Figura 4	Fluxograma de produção de "chips" de mandioca	36
Figura 5	Figuras representando efeitos de não interação (a) e interação (b e c) para fatorial 2 x 2.	43
Figura 6	Efeito da interação entre pré-tratamentos (fermentação ou cozimento) e as variedades de mandioca (<i>IAC Mantiqueira</i> , <i>IAC 576.70</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i>) na fraturabilidade dos "chips" fatias redondas.	55
Figura 7	Efeito da interação entre pré-tratamentos (fermentação ou cozimento) e as variedades de mandioca (<i>IAC Mantiqueira</i> , <i>IAC 576.70</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i>) na fraturabilidade dos "chips" fatias retangulares.	58
Figura 8	"Chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> , controle (a) e os submetidos ao cozimento por imersão em água em ebulição por 8 min. (b) e fermentação (8h.) (c).	63
Figura 9	"Chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC 576.70</i> , controle (a) e os submetidos ao cozimento por imersão em água ebulição por 8 min. (8h.) (b) e fermentação (8h.) (c).	63

Figura		Página
Figura 10	"Chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC 14</i> , controle (a) e os submetidos ao cozimento por imersão em água em ebulição por 8 min. (b) e fermentação (8h.) (c).	64
Figura 11	"Chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC 13</i> , controle (a) e os submetidos ao cozimento por imersão em água em ebulição por 8 min. (b) e fermentação (8h.) (c).	64
Figura 12	Efeito da interação entre pré-tratamentos (fermentação das raízes inteiras ou fermentação combinada com cozimento) e as variedades de mandioca (<i>IAC 576.70</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i>) na fraturabilidade dos "chips" <u>fatias redondas</u> .	67
Figura 13	Efeito da fermentação das raízes inteiras ou cozimento ou combinação fermentação-cozimento na fraturabilidade dos "chips" (fatias redondas) variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i> .	70
Figura 14	Efeito da interação entre diferentes tempos de cozimento em água em ebulição e variedades de mandioca (<i>IAC Mantiqueira</i> e <i>IAC 576.70</i>), na fraturabilidade dos "chips" <u>fatias redondas</u> .	74
Figura 15	Efeito da interação entre diferentes tempos de cozimento em câmara de vapor e variedades de mandioca (<i>IAC Mantiqueira</i> e <i>IAC 576.70</i>) na fraturabilidade dos "chips" fatias redondas.	77
Figura 16	"Chips" de mandioca variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , controle (a) e os submetidos ao cozimento em câmara de vapor por 2 min. (b), 5 min. (c) e 8 min. (d).	79
Figura 17	"Chips" de mandioca variedade <i>IAC 576.70</i> , controle (a) e os submetidos ao cozimento em câmara de vapor por 2 min. (b), 5 min. (c) e 8 min.	79
Figura 18	Efeito da interação entre diferentes tempos de cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial e variedades de mandioca (<i>IAC Mantiqueira</i> e <i>IAC 576.70</i>), na fraturabilidade dos "chips" <u>fatias redondas</u> .	81

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
Tabela 1	Participação do Brasil e da Nigéria na produção mundial de mandioca no período de 1948 a 1995.	02
Tabela 2	Composição centesimal e teores de fibras na mandioca “in natura”, variedade IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13.	46
Tabela 3	Teor de lipídeos (em g/100 g amostra) em "chips" de mandioca	52
Tabela 4	Fraturabilidade (em g) de salgadinhos tipo “snacks” encontrados no mercado.	53
Tabela 5	Efeito do cozimento e da fermentação na fraturabilidade (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedades IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13,	54
Tabela 6	Efeito do cozimento e da fermentação na fraturabilidade (em g) de "chips" de mandioca, fatias retangulares, variedades IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13,.	57
Tabela 7	Comentários sobre o aspecto visual (Aparência) e da Mastigação dos "chips" de mandioca fatias redondas e retangulares das variedades IAC Mantiqueira (a), IAC 576.70 (b), IAC 14 (c) e IAC 13 (d).	62
Tabela 8	Efeito da fermentação das raízes inteiras na fraturabilidade (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, var. IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13.	65
Tabela 9	Efeito da fermentação das raízes inteiras na fraturabilidade (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, var. IAC Mantiqueira, IAC 14 e IAC 13.	69
Tabela 10	Efeito do cozimento em água em ebulição na fraturabilidade (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70.	73
Tabela 11	Efeito do cozimento em câmara de vapor por 2, 5 e 8 minutos na fraturabilidade (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedade IAC Mantiqueira e IAC 576.70.	76
Tabela 12	Efeito da secagem parcial em câmara com circulação de ar na fraturabilidade (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, var. IAC Mantiqueira e IAC 576.70.	80

Tabela		Página
Tabela 13	Média dos escores de aceitação e aparência dos "chips" de mandioca, fatias redondas, variedade IAC Mantiqueira, atribuídos por trinta provadores.	83
Tabela 14	Média dos escores de aceitação e aparência dos "chips" de mandioca, fatias redondas, variedade IAC 576.70, atribuídos por trinta provadores.	87
Tabela 15	Valores de fraturabilidade e aceitação sensorial dos "chips" de mandioca variedade IAC Mantiqueira, e o coeficiente de correlação de Pearson (). Números entre parênteses representam o nível de significância de r. valores de r em negrito e grifados foram significativos a $p \leq 0,05$.	89
Tabela 16	Valores de fraturabilidade e aceitação sensorial dos "chips" de mandioca variedade IAC 576.70, e o coeficiente de correlação de Pearson (). Números entre parênteses representam o nível de significância de r. valores de r em negrito e grifados foram significativos a $p \leq 0,05$.	91

LISTA DE ANEXOS

Anexos	Página
Anexo 1A	Ficha para avaliação da aceitação sensorial dos "chips" de mandioca. 110
Anexo 1B	Ficha para avaliação da aparência dos "chips" de mandioca. 110
Anexo 2A	Exemplo de programação em SAS, para cálculo de análise de variância, utilizando o procedimento GLM. 111
Anexo 2B	Exemplo de programação em SAS, para cálculo da correlação entre medida sensorial (aceitação) e medida objetiva (fraturabilidade) dos "chips" de mandioca. 111
Anexo 3A	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> , <i>IAC 576.70</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i> , submetidas ao cozimento ou a fermentação. 111
Anexo 3B	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> ; <i>IAC 576.70</i> ; <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i> , submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento*variedade. 112
Anexo 4A	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> ; <i>IAC 576.70</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i> , submetidas ao cozimento ou a fermentação. 112
Anexo 4B	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento*variedade. 112
Anexo 4C	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC 576.70</i> , submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento*variedade. 113
Anexo 4D	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC 14</i> , submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento*variedade. 113

Anexos		Página
Anexo 4E	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias retangulares</u> var. <i>IAC 13</i> , submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento*variedade.	113
Anexo 5A	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC 576.70</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i> , submetendo raízes inteiras a fermentação.	114
Anexo 5B	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC 576.70</i> , submetendo raízes inteiras a fermentação.	114
Anexo 5C	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC 14</i> , submetendo raízes inteiras a fermentação.	114
Anexo 5D	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC 13</i> , submetendo raízes inteiras a fermentação.	114
Anexo 6A	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i> , submetendo raízes inteiras a fermentação.	115
Anexo 6B	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> , <i>IAC 14</i> e <i>IAC 13</i> , submetendo raízes inteiras a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento*variedade. .	115
Anexo 7A	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> e <i>IAC 576.70</i> , submetidas ao cozimento em água em ebulição.	115
Anexo 7B	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> e <i>IAC 576.70</i> , submetidas ao cozimento em água em ebulição, excluindo-se os efeitos variedade e interação tratamento*variedade. .	116
Anexo 8A	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> e <i>IAC 576.70</i> , submetidas ao cozimento em câmara de vapor.	116
Anexo 8B	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidas ao cozimento em câmara de vapor.	116

Anexos		Página
Anexo 8C	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC 576.70</i> , submetidas ao cozimento em câmara de vapor.	117
Anexo 9A	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> var. <i>IAC Mantiqueira</i> e <i>IAC 576.70</i> , submetidas ao cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial.	117
Anexo 9B	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> , var. <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidas ao cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial.	117
Anexo 9C	Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca <u>fatias redondas</u> , var. <i>IAC 576.70</i> , submetidas ao cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial.	117
Anexo 10A	Análise de variância dos escores de aceitação sensorial dos "chips" de mandioca var. <i>IAC Mantiqueira</i> .	118
Anexo 10B	Análise de variância dos escores da aparência dos "chips" de mandioca var. <i>IAC Mantiqueira</i> .	118
Anexo 11A	Análise de variância dos escores de aceitação sensorial dos "chips" de mandioca var. <i>IAC 576.70</i> .	118
Anexo 11B	Análise de variância dos escores da aparência dos "chips" de mandioca var. <i>IAC 576.70</i> .	118
Anexo 12	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , não tratados (controle)	119
Anexo 13	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 1 minuto + secagem parcial .	120
Anexo 14	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 3 minutos + secagem parcial .	121

Anexos		Página
Anexo 15	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 5 minutos + secagem parcial.	122
Anexo 16	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 8 minutos.	123
Anexo 17	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC Mantiqueira</i> , submetidos a fermentação por 8 horas.	124
Anexo 18	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC 576.70</i> , não tratados (controle)	125
Anexo 19	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC 576.70</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 1 minuto + secagem parcial.	126
Anexo 20	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC 576.70</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 3 minutos + secagem parcial.	127
Anexo 21	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC 576.70</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 5 minutos + secagem parcial.	128
Anexo 22	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC 576.70</i> , submetidos ao cozimento em água em ebulição por 8 minutos.	129
Anexo23	Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade <i>IAC 576.70</i> , submetidos a fermentação por 8 horas.	130

Grizotto, R. K.

Mandioca "Chips" . Uma tecnologia para aproveitamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

Resumo

A tecnologia de fabricação de "chips" de mandioca comestíveis, empregando pré-tratamentos como o cozimento, a fermentação e a secagem parcial, visando melhoria nas características de textura dos "chips", foi estudada.

Outras variáveis como: variedades de mandioca, formato das fatias de mandioca, tipo de cozimento (água em ebulição ou vapor), também foram investigados neste trabalho.

A avaliação dos efeitos dos tratamentos foi feita com base na fraturabilidade dos "chips" medido em texturômetro Texture Analyser TA.XT2, e sensorialmente, através de testes afetivos (aceitação e aparência), utilizando-se escala hedônica estruturada de 7 pontos em 30 consumidores potenciais do produto.

As variedades IAC 13 e IAC 14, indicadas para o uso industrial, apresentaram alguns resultados promissores, outros nem tanto, na fabricação dos "chips" destinados ao consumo humano. Contudo, o teor elevado de ácido cianídrico na variedade IAC 14 relatado pelo Instituto Agrônomo, e a observação de sabor amargo na variedade IAC 13 em testes sensoriais preliminares, resultou na exclusão destas duas variedades dos testes subsequentes. Considerou-se que, mesmo submetidos a processos de cozimento, secagem parcial ou fritura, poderia restar traços consideráveis de ácido cianídrico nos "chips" de mandioca destas variedades, tornando-os inseguros para os consumidores.

As variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70, mansas e reconhecidamente indicadas ao consumo humano, apresentaram resultados promissores na fabricação de "chips" de mandioca.

Os parâmetros selecionados para fabricação de "chips" da variedade IAC Mantiqueira, de polpa branca, foram: 1) formato redondo das fatias; 2) cozimento em água em ebulição por no máximo 5 minutos ou a combinação do cozimento em água em ebulição por 3 minutos + secagem parcial em câmara com circulação de ar ($t = 3h$; $T = 50^{\circ}C$), antes da etapa da fritura.

Para a variedade IAC 576.70, de polpa amarela, os parâmetros selecionados foram: 1) formato redondo das fatias; 2) cozimento em água em ebulição por no máximo 5 minutos ou o cozimento em câmara de vapor por 3 minutos, no máximo 5 minutos, antes da etapa da fritura.

A fermentação natural das raízes inteiras, isoladamente, ou em combinação com o cozimento em água em ebulição, dentro das condições estabelecidas neste trabalho, não foi considerada adequada para se produzir "chips" comestíveis para quaisquer das variedades estudadas IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 13 e IAC 14.

Grizotto, R. K.

Mandioca "Chips". New technology for the use of cassava (*Manihot esculenta* Crantz).

Summary

Technology for the manufacture of edible cassava chips was studied, using pre-treatments such as cooking, fermentation and partial drying as techniques to improve the texture of the chips.

Other variables such as cassava variety, shape of the cassava slices, type of cooking (boiling water or steam), were also studied.

The evaluation of the effects of the treatments was based on the fractureability of the chips as measured by the TA.XT2 Texture Analyser, and a sensory evaluation using affective tests (acceptance and appearance) with a 7 point structured hedonic scale and 30 potential consumers of the product.

The varieties IAC 13 and IAC 14, indicated for industrial use, presented some promising results in the manufacture of chips for human consumption, others less so. However, the high concentration of cyanic acid in the variety IAC 14 and a bitter taste observed in the variety IAC 13 in the preliminary sensory tests, resulted in the exclusion of these two varieties from subsequent tests. It was considered that, even when submitted to cooking processes, partial drying or frying, traces of cyanic acid could remain in the chips made from these varieties, making them unsafe for consumption.

The varieties IAC Mantiqueira and IAC 576.70, both recognised as safe for human consumption, presented promising results in the manufacture of cassava chips.

The parameters selected for the manufacture of chips from the variety IAC Mantiqueira, which has white pulp, were: 1) round slices; 2) cooking in boiling water for a maximum of 5 minutes or a combination of cooking in boiling water for 3 minutes + partial drying in a chamber with air circulation ($t = 3\text{h.}$; $T = 50^{\circ}\text{C}$), before frying.

For the variety IAC 576.70, which has yellow pulp, the selected parameters were: 1) round slices; 2) cooking in boiling water for a maximum of 5 minutes or cooking in a steam chamber for 3 minutes, at least 5 minutes before frying.

The natural fermentation of the whole roots, as a single treatment or combined with cooking in boiling water, was not considered adequate for the production of edible chips for any of the varieties studied: IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 13 and IAC 14, under the conditions established in this study.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca é uma cultura originária das Américas, com evidência de ser uma planta genuinamente brasileira, visto que a maioria das espécies do gênero *Manihot* identificadas, terem sido localizadas em território nacional.

A cultura da mandioca propagou-se por toda área de clima tropical, contabilizando mais de 90 países da África, Ásia, América e Oceania que a cultivam. É uma espécie adaptada às condições edafoclimáticas brasileiras, tolerante a estresses bióticos e abióticos, podendo apresentar rendimentos elevados até mesmo em solos já esgotados por outras culturas. A espécie de maior interesse agrônomo é a *Manihot esculenta* Crantz., podendo ser classificada em doce ou amarga, de acordo com os níveis do glicosídeo cianogênico presente nas raízes.

A produção global de raízes de mandioca vem-se mantendo acima da marca de 160 milhões de toneladas anuais, verificado desde 1993 (Tabela 1), até os dias de hoje (Fao, 2000). Para o ano de 2005, a FAO prevê uma colheita superior a 210 milhões de toneladas. Supõe-se que a introdução de variedades produtivas, melhoria no controle de doenças e de infestações, aliadas a técnicas de produção mais adequadas, promoverão um aumento de 150% na produção Africana (Fao, 2000).

A produtividade médias de raízes de mandioca, gira em torno de 10 toneladas por hectare (Fao, 2000); podendo atingir 25 a 35 ton/ha, dependendo do cultivar, segundo Lorenzi (1998).

No Brasil, o cultivo da mandioca é feito na sua quase totalidade, por um grande número de pequenos produtores, sendo poucos os casos onde é produzida em grandes plantações e industrialmente organizadas.

O ápice da produção brasileira em raízes de mandioca foi atingido na década de 60, quando em 1969, contribuiu com 33,1% da produção mundial, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Participação do Brasil e da Nigéria na produção mundial de mandioca no período de 1948 a 1995.

ANO	BRASIL		NIGÉRIA		PRODUÇÃO MUNDIAL (10 ⁶ t)
	Produção (10 ⁶ t)	Produtividade (t/ha)	Produção (10 ⁶ t)	Produtividade (t/ha)	
1948-52	12,5	13,0	5,9	5,8	50,6
1961-65	21,9	13,8	7,2	6,2	75,0
1968	29,2	14,6	6,8	6,5	90,5
1969	30,1	14,8	6,8	6,8	90,8
1971	29,9	14,6	9,4	10,5	96,7
1978	25,5	11,8	10,5	9,5	122,8
1980	24,5	11,9	11,0	9,1	122,1
1988	21,7	12,4	20,0	12,5	148,7
1989	23,6	12,5	25,0	14,7	159,1
1990	24,6	12,6	26,0	15,3	157,6
1993	21,8	12,0	29,9	10,7	163,0
1995	25,5	12,9	31,4	10,7	163,7

Fonte: FAO, 1961-65, 1968, 1971, 1980, 1990, 1995.

A partir de 1971 (Tabela 1) a produção nacional de mandioca começou a declinar e atualmente está estagnada em um nível que varia de 22 a 25 milhões de toneladas anuais, em uma área um pouco inferior a 2 milhões de hectares (Agrianual, 1999).

Atualmente a Nigéria ultrapassou a produção brasileira, ocupando a posição de maior produtor de mandioca (Lucia de Roman & Ospina, 1991), superando a marca dos 30 milhões de toneladas anuais (Agrianual, 1999). A atual baixa produtividade do país africano (10,7 ton./ha) é compensada pelo paulatino aumento na área colhida (Tabela 1).

Entre os países da Ásia, a Índia, Tailândia e Indonésia juntas apresentam maior capacidade de produção que o Brasil, cujas expressivas produtividades atingem 23,5; 14,0 e 12,2 toneladas por hectares, respectivamente (FAO, 1995). Estes países, liderado pela Tailândia, destina grande parte da sua produção ao mercado europeu, na forma de "chips" e de "pellets" para a ração animal.

O mercado interno brasileiro praticamente consome toda a produção de raízes de mandioca, na forma tradicional de farinha de mesa e de raízes frescas das cultivares mansas na região Norte e Nordeste. Na região Sul, a mandioca é utilizada na indústria de fécula para posterior emprego nas indústrias de alimentos, adesivos e outros. Além disso, a mandioca é utilizada na alimentação animal na forma de raízes frescas, raspa e “pellets” (Mattos, Dantas & Souto, 1981).

A participação do Brasil no mercado externo da mandioca, tem sido quase inexistente. Entre os produtos industrializados exportados pelo Brasil, destaca-se apenas três: farinha de mesa, fécula de mandioca e farinha de raspa, esta última destinada à ração animal (Brasil Comércio Exterior Exportação, 1988). Dentre estes, o de maior importância é a fécula de mandioca, cujo volume de exportação tem sido crescente, enquanto o de farinha se acha estagnado, registrando em alguns anos pequeno crescimento e em outros, recuo (Agrianual, 1998).

Com vistas na grande capacidade de produção de raízes de mandioca pelo Brasil, e na tradição de seu consumo, o número de produtos industrializados derivados da mandioca é muito pequeno. Entre os fatores considerados como impecilho para o aproveitamento desta cultura, está a sua elevada perecibilidade. A rápida deterioração da raiz, que ocorre em 1 a 3 dias após a colheita (Montaldo, 1973; Coelho, 1992), não permite a sua utilização após este curto período, necessitando a utilização de técnicas que prolonguem a sua conservação.

Tais fatos comprovam a importância de se estabelecer novos métodos de aproveitamento da mandioca, considerada excelente fonte de energia, contribuindo para o desenvolvimento de um aperitivo à base de mandioca, com características similares ao da batata chips. Os estudos com “chips” de mandioca encontrados na literatura, em geral, são direcionados à produção raspas, com inúmeras aplicações industriais como por exemplo: amido e farinha (Maini, Balagopal & Nair, 1981), borracha, papel ou ração animal (Pavan

Eng. Ind., 1973); não sendo encontrado, relatos que enfocassem a fabricação de "chips" comestíveis.

Sendo a textura dura, o principal problema que envolve a tecnologia de fabricação de "chips" de mandioca, supôs-se ser possível torná-los macios, porém crocantes, por meio de tratamentos que promovessem o afrouxamento das substâncias pécticas intercelulares, decorrentes da liberdade das células, aos moldes do que acontece após o cozimento de batatas, de acordo com a hipótese de "separação celular", proposto por Bettelheim & Sterling (citado por Safo-Kantanka & Owusu-Nipah, 1992) e Linehan & Haynes (citado por Safo-Kantanka & Owusu-Nipah, 1992)

Este trabalho tem por **objetivo**, apresentar uma tecnologia simples e econômica de produção de "chips" de mandioca destinado ao consumo humano, avaliando-se o efeito do cozimento, da fermentação e a secagem parcial nas características de textura dos "chips" de mandioca. Preliminarmente, estudou-se o formato mais adequado para a fabricação dos "chips", frente aos pré-tratamentos empregados. Outras variáveis como: variedades de mandioca e tipos de cozimento (água em ebulição ou vapor d'água), também foram investigados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. POR QUE ESTUDAR A MANDIOCA.

A mandioca é considerada como alimento de subsistência para mais de 500 milhões de pessoas nas áreas tropicais (Fao,2000). É classificada como uma cultura semi perene, podendo ser plantada e colhida durante qualquer período do ano. Sua resistência à seca, habilidade de desenvolver-se em solos pobres e sua relativa tolerância à estresses bióticos e abióticos, mostra seu potencial de competitividade frente aos outros tipos de alimentos fornecedores de energia. Em cultivos de subsistência a possibilidade de colheita em qualquer época, após 8 a 24 meses do plantio, torna a mandioca uma importante reserva de energia no caso de escassez de alimentos.

A produtividade desta cultura em termos de calorias por área por unidade de tempo, parece ser superior a de outras culturas conforme sugerem Coursey & Haynes (1970) e Vries, Ferweda & Flach (1967). Eles verificaram que a mandioca pode produzir 250×10^3 cal/ha/dia, quando comparado a 176×10^3 cal/ha/dia para arroz, 110×10^3 para trigo, 200×10^3 para milho e 114×10^3 para sorgo.

Guterrez & Andersen citado por Oyefeso (1976) estimam que apenas 68% do requerimento calórico encontra-se disponível nos trópicos, e isto quando observado à luz do crescente aumento populacional, torna-se evidente a necessidade de aumentar a oferta de calorias; não se esquecendo da grande importância das proteínas e que a mandioca não é rica neste elemento. As folhas de mandioca, no entanto, são ricas em proteínas e vitaminas A e B, podendo ser incorporadas a dietas nutricionalmente balanceadas (Fao, 2000).

Baseando-se no valor nutricional, Balagopalan *et al.* (1988a) classificaram a mandioca como sendo superior ao milho e sorgo. Franco (1998) enfatiza a mandioca como excelente fonte de calorias, apresentando teores significativos de tiamina, riboflavina e ácido nicotínico nas raízes cruas, entretanto, podem ser parcialmente perdidos durante o cozimento. A

mandioca apresenta níveis altos de sódio e potássio, comparáveis ao da banana d'água e do tomate, e significativamente superior ao da maçã sem casca (Franco, 1998).

2.2. POTENCIALIDADE DOS PRODUTOS À BASE DE MANDIOCA

Com a dinâmica dos hábitos alimentares, das necessidades industriais e de mercado, novos produtos à base de mandioca tornam-se necessários.

No entanto, tem-se observado que o desenvolvimento de novas tecnologias de produção de alimentos à base de mandioca, restringe-se a alguns raros pesquisadores nacionais e estrangeiros. A falta de interesse na mandioca é traduzida pelo número restrito, quase inexistente, de publicações que tratam de alternativas para o aproveitamento desta cultura tipicamente brasileira.

Estudos dos produtos tradicionais da mandioca consumidos em países da África e Ásia, tem aumentado paulatinamente, principalmente nos últimos 5 anos, exprimindo a crescente necessidade de incrementar o aproveitamento desta cultura de tão fácil cultivo.

De acordo com Chuzel, Zakhia & Cereda (1995b) esforços estão direcionados a encontrar novos usos para a mandioca na intenção de abrir mercados, permitindo valorizar esta cultura, que segundo Grace (1971), tem sido classificada como uma cultura para países em desenvolvimento ou consumida somente pela população rural.

Entre os usos da mandioca, Chuzel *et al.* (1995a), citam :

- 1) Mandioca fresca, pronta para uso ou congelada, em pedaços ou fatias, distribuídas em supermercados;
- 2) Farinha de mandioca, largamente consumida na região Amazônica;
- 3) Farinha de raspa para alimentação animal;
- 4) Polvilho azedo usado no preparo do pão de queijo;
- 5) Amido nativo ou modificado utilizado em alimentos, papéis e indústria têxteis.

A tecnologia de fabricação de “chips” fritos em óleo, tem sido empregada para vários tipos de frutas (Toback & Feys, 1989), como por exemplo a banana (Jackson, Bourne & Barnard, 1996) e vegetais diferentes da batata (Dorricott & Gayler, 1995), como a cenoura (Slinde *et al.* 1993; Aukrust *et al.*, 1994; Aukrust *et al.* 1995; Baardseth *et al.*, 1995; Baardseth *et al.* 1996) e a fruta-pão (Bates, *et al.* 1991).

No entanto, não foi encontrado na literatura, relatos que enfocassem o uso de variedades nacionais de mandioca na fabricação de “chips” frito em óleo para consumo humano.

2.2.1. Mandioca “chips”

O termo “chips” encontrado em estudos com a mandioca, apresenta diferentes significados. Em geral, é empregado como uma técnica de conservação para prolongar o armazenamento e posterior consumo ou processamento.

Vitti, *et al.* (1978) em um dos trabalhos pioneiros de aproveitamento da mandioca, empregou o termo “chips” como sendo “raspas”, para um processamento anteriormente descrito pela Pavan Eng. Ind. (1973).

No processo descrito pela Pavan Eng. Ind. (1973) para obtenção de raspas, as fatias de mandioca são submetidas à prensagem e posterior secagem. O produto assim obtido destina-se a alimentação animal, algumas indústrias de borracha e de papel e à fabricação de farinha de mandioca panificável.

Vitti Pizzinatto & Leitão (1978) propuseram melhorar a tecnologia de processamento de raspas de mandioca para sua posterior transformação em farinha panificável, que fosse adequada ao fabrico de pães.

Maini *et al.* (1981) descreveram a preparação de “chips”, como sendo fatias de mandioca secas ao sol sem qualquer padronização com relação ao tamanho, para posteriormente serem utilizadas na fabricação de amido e farinha; sendo preferidas aquelas cujas cascas externa e interna tiveram sido removidas.

A eficiência da secagem das fatias de mandioca integral (incluindo-se as cascas) na eliminação do teor de cianeto foi estudada em secadores artificiais e solar por Gómez & Valdivieso (1984), objetivando-se o seu uso em ração animal. Estudo similar foi conduzido por Gómez *et al.* (1984b) com fatias de mandioca sem casca, para obtenção de farinha e posterior fabricação de pães.

“Parboiled chips” ou fatias cozidas ligeiramente, processo descrito por Abraham *et al.* (1979) e Maini *et al.* (1981), destinam-se ao consumo humano. Este processo consiste no cozimento das fatias de mandioca em água em ebulição durante 5 a 10 minutos, e posterior consumo ou secagem ao sol. Estes “chips” apresentam coloração clara e tempo de estocagem prolongado.

Mandioca “chips”, conforme descrito por Ezeala & Okoro (1986), similar ao “Ijapu” de Sokari & Wachukwu (1993), são produzidos no Sul da Nigéria a partir de raízes de mandioca descascadas e cozidas em água em ebulição, seguido da maceração por uma noite das fatias cortadas delgadas e longitudinalmente. Após a maceração, o “ijapu” ou mandioca “chips” encontra-se pronto para o consumo, que é feito na forma de tira-gosto ou prato principal.

O único relato de “chips” de mandioca frito em óleo em alta temperatura destinado ao consumo humano, foi elaborado por Abraham *et al.* (1979). Este estudo realizado com variedades de mandioca da Índia, os pesquisadores estudaram a aceitação sensorial dos “chips” de mandioca, obtidos de raízes descascadas e limpas, fatiadas com 5 mm de espessura, pré-cozidos em água em ebulição e fritos em óleo de côco. A aceitação dos “chips” pré-cozidos em água ou em vapor, também foi objetivo deste trabalho. Os “chips” cozidos e fritos em óleo foram avaliados por uma equipe de provadores selecionados, como

sendo considerados crocantes, com exceção de uma variedade (H-2304) que apresentou "chips" de textura dura.

2.2.2. Farinha de mesa

A farinha de mandioca ou de mesa é considerada o principal produto processado da mandioca, absorvendo cerca de 70 a 80% da produção nacional da raiz (Chuzel *et al.*, 1995b). Destina-se, em grande parte, ao mercado interno; não apresentado, porém, valor ponderável como produto de exportação (Lima, 1982).

Dados do Agrianual (1999) mostra que em 1997, o Brasil exportou apenas 1,1 ton. deste produto, havendo grande variação do volume exportado nos anos anteriores. Segundo Vitti (s.d.) esta variação deve-se à expansão do mercado mundial produtor de mandioca, resultando na contínua perda da fatia de mercado do Brasil.

A falta de competitividade dos produtos nacionais no mercado mundial, advém da tecnologia de processamento inadequada, freqüentemente empregada (Vitti, s.d.), resultando em produtos de qualidade variável, muitas vezes não atingindo os requisitos mínimo de qualidade (Lima, 1982; Embrapa, 1981).

De acordo com Chuzel, Vilpoux & Cereda (1995a), os sistemas de produção e de transformação da mandioca e seus derivados apresentam grande diversidade tecnológica, variando-se das plantações de fundo de quintal, à produção tradicional dos pequenos agricultores das zonas semi-áridas do Nordeste ou regiões Amazonenses nas denominadas casas de farinha, até as produções em larga escala das farinheiras da região Sul do país, que utilizam a colheita semi-mecanizada.

A variabilidade nos tipos de farinhas dá-se entre os diversos Estados do país e entre as regiões produtoras de uma mesma unidade da Federação (Lima; 1982).

Normanha (1982) em um extenso trabalho com derivados de mandioca, descreve uma dezena de nomes de produtos encontrados e suas variações, de acordo com a região.

Segundo Lima (1982) as normas para padronização da qualidade da farinha, em geral, são particulares de cada fabricante, que as denominam de grossa, média, fina, superior, de primeira ou outras, sem obedecer a padrões ou técnicas que relacionam a qualidade a denominação do produto.

A Legislação Brasileira, através da Portaria n.º 554 de 30 de agosto de 1995 (Secretaria da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária, 1995), define a farinha de mandioca como sendo o “produto obtido das raízes provenientes de plantas da família Euforbiácea, gênero *Manihot*, submetida a processo tecnológico adequado de fabricação e beneficiamento”. As farinhas secas devem apresentar, no máximo, 13% de umidade, 1,5% de resíduo mineral fixo e acidez a 3,0 ml de soluto alcalino normal/100 g e no mínimo deverão conter 70% de substância amilácea.

Outro fator que explica a falta de interesse do produtor nacional em exportar a farinha de mesa, é o preço. Tradicionalmente paga-se muito mais pelo produto no mercado interno do que no externo, devido a estabilidade de preços dos produtos considerados de subsistência. Por outro lado, a questão da inexpressiva exportação brasileira de farinha de mandioca, extrapola a questão do preço, visto que sua aceitação no mercado externo não se compara a do mercado interno, por se tratar de um produto típico do Brasil.

Apenas recentemente tem sido enfocado o desenvolvimento de tecnologia para melhorar a qualidade da farinha (Brunelo & Hufenuessler, 1990), bem como o aproveitamento do bagaço de mandioca, resíduo da extração de amido em alimentos ricos em fibras, a exemplo do que se faz com o milho, trigo e arroz (Leonel, Cereda & Roau, 1998). Tradicionalmente, os resíduos gerados pelas farinheiras tem sido utilizados para arraçoamento e adubação de solos (Silva *et al.*, 1996).

2.2.3. Amidos: fécula, polvilho doce, polvilho azedo

De acordo com Lima (1982) amido e fécula são sinônimos, costumando-se chamar de amido à substância amilácea encontrada nos grãos e, de fécula, à encontrada nas raízes e tubérculos. A diferença de denominação, segundo Lima (1982), indica a origem do produto amiláceo; uma diferenciação tecnológica, e não de composição.

Similarmente, a diferença entre fécula e polvilho doce é muito tênue. Ambos referem-se a um produto amiláceo extraído da mandioca, que de acordo com a Legislação Brasileira, é classificado em polvilho doce ou azedo, de acordo com o teor de acidez, até 1 ml de soluto N/100 g para polvilho doce e 5 ml para polvilho azedo.

Assim sendo, baseando-se apenas no conceito de acidez, qualquer fécula com mais de 5 ml de soluto N/100g poderia ser chamada de polvilho azedo.

Todavia a diferença entre fécula e polvilho existe, e parece estar relacionada com a tecnologia empregada para se obter o produto.

Segundo Teixeira ⁽¹⁾, a tecnologia empregada atualmente na fabricação de fécula de boa qualidade e de polvilho doce utiliza modernos equipamentos, principalmente nas etapas de extração de amido, purificação e secagem. As etapas são as mesmas, seja para fabricação de fécula e para o polvilho doce, diferindo-se apenas a secagem. O polvilho doce é seco ao sol durante 1 ou 2 dias dependendo das condições climáticas, até atingir 13% de umidade, enquanto que a fécula é seca em secadores pneumáticos tipo “flash drier” a temperatura de 140°C, durante aproximadamente 40 segundos. Intuitivamente, Teixeira ⁽¹⁾ sugere a possibilidade de ocorrência de alguma reação fotoquímica no amido, por ocasião da exposição ao sol, conferindo ao polvilho doce característica tão peculiares e diferentes da fécula. Há necessidade de mais estudos para confirmação desta possibilidade.

⁽¹⁾ Teixeira, C. C. Pinduca Ind. Alimentícia Ltda, Araruna, 1999. Comunicação pessoal.

Plata-Olviedo (1991) estudando a modificação química do amido de mandioca, confirmou a necessidade de exposição ao sol para secagem do amido tratado com ácido láctico, para assegurar propriedade de expansão similar ao do polvilho azedo.

Durante o processo clássico de produção de polvilho, a sedimentação e a decantação, com repetidas renovações de água para garantir a lavagem do amido, acompanhadas por seguidas peneiragens sempre mais finas, poderia ocorrer alguma alteração biológica alterando a qualidade e propriedade do produto (Scholz, 1971).

Scholz (1971) cita o uso de produtos como a cal virgem, SO₂, formalina, sais oxigenados e outros, para o controle dos processos biológicos que naturalmente ocorrem durante a etapa de produção de polvilho. No entanto, o uso destes produtos podem ocasionar alterações químicas indesejáveis, tornando-se como melhor medida, acelerar o processamento e evitar tais alterações.

A fécula de alta qualidade, com características e propriedades físicas uniformes, por certo, conseguirá melhores preços e colocação no mercado internacional; visto que, entre os produtos de mandioca exportáveis, a fécula é considerada a mais importante.

O polvilho azedo produzido da fermentação natural da fécula, ou polvilho doce, apresenta características peculiares; tem seu uso atualmente direcionado às redes de lanchonetes ou na elaboração de pré-misturas (Chuzel *et al.*, 1995a).

A principal característica do polvilho azedo resulta das modificações nas suas propriedades funcionais, sendo a mais importante a sua capacidade de expandir durante o assamento, produzindo produtos texturizados sem o uso de agentes de crescimento, ressaltam Westby & Cereda (1994).

De acordo com Camargo *et al.* (1988) a capacidade de expansão do biscoito feito à base de polvilho azedo, envolve duas etapas que apresentam funções diferentes. A primeira etapa, onde parte da água quente adicionada ao polvilho azedo leva a gelatinização de alguns grânulos de amido, formando uma rede amilácea ao redor dos grânulos não danificados. A segunda etapa relativa à expansão dos biscoitos, ocorre durante o

aquecimento, e baseia-se no desenvolvimento de grandes bolhas de ar; sendo que este ar pode ter sido aprisionado dentro da matriz do amido gelatinizado ou liberado pela dessorção de substâncias voláteis (Camargo *et al.*, 1988).

Recentes trabalhos científicos têm colaborado para esclarecer as etapas intrínsecas de transformação do polvilho azedo.

Cereda (1973), em trabalho pioneiro, estudou os aspectos da fabricação do polvilho azedo para se conhecer os microrganismos envolvidos na fermentação natural que ocorre com a fécula de mandioca. Foi verificado que embora não haja um grupo específico que prevaleça, *Bacillus subtilis* e *Leuconostoc citrovorum* foram encontrados na maioria dos experimentos. Um extenso número de outros microrganismos participantes da etapa de fermentação da fécula foi listado por Cereda (1973).

Variação na qualidade do produto final foi apontado como um dos principais problemas na produção do polvilho azedo.

Westby & Cereda (1994) atribuem a capacidade de expansão do biscoito de polvilho como o principal parâmetro de qualidade, e relacionam às etapas de fermentação e secagem ao sol como os pontos críticos da produção de polvilho azedo de qualidade.

Conforme descrito por Camargo *et al.* (1988), a fermentação por si, não altera o grau de cristalização do amido ou a porcentagem de grânulos de amido danificados. Porém, algumas alterações nos grânulos de amido podem ocorrer.

Cardenas & Buckle (1980) através da técnica de microscopia eletrônica observaram, no grânulo de amido fermentado, a presença de pequenos canais característicos de um ataque enzimático.

Camargo *et al.* (1988) observaram ligeira degradação nos grânulos de amido fermentados, atribuindo a ação de ácidos orgânicos liberados durante a fermentação. Estas alterações são necessárias para se produzir biscoitos de polvilho expandidos com casca fina e crocante, visto que amidos nativos ou não fermentados, produzem biscoitos duros, densos e de estrutura compacta (Camargo *et al.*, 1988).

O tempo para fermentação do amido de mandioca destinado à fabricação do polvilho azedo, que é uma fermentação severa, pode variar de 3 dias (Bromelius, 1940) até 40 dias (Cereda, 1987) dependendo das condições climáticas da região onde é produzido. Porém 20 a 30 dias, é um tempo médio de acordo com vários pesquisadores (Figueiredo, 1936; Cardena & Buckle, 1980; Figueroa & Escobar, citado por Plata-Olviedo, 1991).

Os parâmetros para a produção industrial de um polvilho azedo de qualidade estável foi estudado por Pereira (1994), variando-se os níveis de inóculo à etapa de fermentação. Segundo o autor, a fermentação com cultura pura poderá ser uma maneira de melhorar a qualidade do polvilho comercial, visto que o conjunto de substâncias formadas por estes microrganismos (ácidos, álcoois, ésteres, cetonas, aldeídos, etc.) provavelmente influenciam a qualidade do produto, através de um mecanismo ainda não explicado.

Carvalho (1994) e Cereda (1981) elucidaram a distribuição de microflora existente nos diferentes estágios de fermentação da fécula de mandioca. O conseguinte efeito do processo fermentativo da fécula, e a identificação do ponto ótimo da fermentação foi estudado por Asqueri (1992).

Industrialmente têm se tentado modificar o grânulo de amido por ação enzimática ou por hidrólise ácida, simulando os efeitos da fermentação. Ainda que de maneira modesta, a etapa de fermentação pode ser substituída pela ação de alguns ácidos orgânicos (lático ou acético) e secagem ao sol, conforme observado por Camargo *et al.* (1988) e Plata-Olviedo (1991).

A extensão da hidrólise dos grânulos de amido seja por ação de ácidos orgânicos, seja por ação de enzimas α -amilase dos m.o envolvidos na fermentação principalmente o *Bacillus subtilis*, deve ser limitada, caso contrário, poderá haver redução no volume dos biscoitos.

2.2.4. Outros produtos fermentados da mandioca

Tradicionalmente, a fermentação tem sido utilizada para melhorar o valor nutricional de alimentos ricos em carboidratos e de baixo teor protéico, melhorar a palatabilidade e as características de aroma (Balagopalan *et al.*, 1988a).

O processo fermentativo foi considerado por muitos pesquisadores, como um dos processos mais tradicionais de desintoxicação da mandioca (Akinrele, 1964; Ayernor, 1985; Ezeala & Okoro, 1986). No entanto, a sua efetividade na eliminação dos compostos cianogênicos tem sido combatido por vários pesquisadores (Cooke & Maduagwu, 1978; Maduagwu & Oben, 1981; Aalbersberg & Limalevu, 1991; Vasconcelos *et al.*, 1990; Sokari & Wachukwu, 1993).

A maioria dos produtos fermentados são consumidos imediatamente após a fermentação, e poucos são os itens produzidos comercialmente para uso a longo prazo (Balagopalan *et al.*, 1988a), exceção feita ao gari que tem sido extensamente estudado e cuja produção pretende atingir uma grande escala (Olorunda, Aworh & Numfor, 1981).

O gari é um tipo de farinha granulada, largamente consumida nos países do Oeste Africano, obtida da fermentação sólida de raízes previamente descascadas e raladas, cuja massa desumidificada obtida é torrada em recipientes metálicos (Olorunda *et al.*, 1981). É um alimento considerado seguro, apresentando níveis indetectáveis de cianeto (Ezeala & Okoro, 1986). A redução significativa do teor de cianeto dá-se principalmente durante a etapa de ralação da mandioca e a torração do produto, também denominada de garificação (Maduagwu & Oben, 1981; Vasconcelos *et al.*, 1990).

Inegavelmente, o processo fermentativo contribui com o aroma e sabor do gari, mas sua participação na desintoxicação é muito pequena. Maduagwu & Oben (1981) sugeriram o uso de prensa rotativa visando reduzir em 1/3 o tempo de preparo do gari com níveis de redução de cianeto comparáveis ao processo tradicional.

Okafor (1977) detectou os microrganismos que participam da fermentação do gari como sendo *Leuconostoc*, principalmente, e de leveduras em menor quantidade. Além disso, há indicações de que a quebra da linamarina deve-se principalmente à ação da linamarase do que qualquer atividade microbiana.

Olorunda *et al.* (1981), em estudos com cultivares de mandioca, observaram que aqueles com elevado teores de amilose e picos viscoamilográficos ligeiramente superiores, produziram gari mais aceitável. Em geral, os cultivares locais são preferidos aos cultivares melhorados na fabricação do gari, conforme relata Omuetti *et al.* (1995).

Outro produto fermentado bastante consumido nos países do Oeste Africano é o fufu e o lafun, este último em menor escala. Ambos são obtidos da fermentação submersa de pedaços de mandioca (5-7 cm comprimento) no caso do fufu e de raízes inteiras no caso do lafun, conforme descrito por Oyewole & Odunfa (1988). Após o período de fermentação, a massa obtida parcialmente desidratada é moldada na forma de barras, cozida em água ebulição e então socada em pilão para se obter o fufu.

O lafun, por sua vez, é um tipo de farinha, mas com características diferentes do gari, fufu e outros (Longe citado por Oyewole & Odunfa, 1988). Para a fabricação do lafun, a massa fermentada é fragmentada, espremida por 12 horas e então seca ao sol até 13% de umidade por um período de 8 a 48 horas dependendo das condições climáticas (Oyewole & Odunfa, 1988). O lafun talvez seja o produto que mais se assemelha a nossa farinha d'água consumida na região Amazônica, considerando-se o fato do produto africano ser geralmente cozido antes do consumo e a farinha d'água não.

De acordo com Almeida (1992), os processos de utilização da mandioca usados pelos índios brasileiros foram absorvidos pelos escravos e transferidos para o continente africano, explicando-se as similaridades observadas entre os produtos encontrados no Brasil e na África.

Sanni, Oyewole & Olowogbade (1998) verificaram que o método de secagem ao sol, em secadores solar ou forno convencional, não alteram a qualidade do lafun, sendo todos aplicáveis na produção deste produto.

O fufu foi considerado um alimento seguro, apresentando níveis indetectáveis de cianeto (Ezeala & Okoro, 1986), e seus parâmetros relevantes ao processamento como tamanho das raízes submetidas à fermentação, tempo e temperatura de fermentação, foram padronizados por Oyewole & Odunfa em 1992, para se manter a qualidade do produto quando se objetiva produção em larga escala.

Entre os microrganismos envolvidos na fermentação submersa Oyewole (1991), cita a participação de vários microrganismos participantes como *Bacillus subtilis*, *Klebsiella sp.*, leveduras que incluem *Candida tropicalis*, *C. krusei*, havendo predominância das bactérias lácticas, *Lactobacillus plantarum* e *Leuconostoc mesenteroides* na etapa final da fermentação (Oyewole & Odunfa, 1988; 1992).

Oyewole (1991) estabeleceu os parâmetros ótimos para se obter produtos fermentados submersos de qualidade como sendo temperatura variando de 30-35° C, durante um período de maceração de 48 a 60 h., bem como outras variáveis como tamanho e idade das raízes, troca ou não da água de imersão.

Attiéké e placali são outros exemplos de produtos obtidos por fermentação sólida da mandioca ralada, típica da Costa do Marfim e Oeste Africano, porém com características de textura, cor e sabor diferentes do gari, devido as diferenças no processamento (Firmin, 1989).

O attiéké é um produto úmido de elevada perecibilidade. Após a massa de mandioca previamente cozida ter sido devidamente fermentada, peneirada, seca ao sol até 10% de umidade, ela é cozida em vapor (Firmin, 1995).

Similarmente para a fabricação do placali, a mesma massa fermentada descrita para o attiéké é usada, diferindo-se que a gelatinização é conduzida na massa úmida recém fermentada e não na massa seca como no caso do attiéké (Firmin, 1992).

Um prolongamento na vida-de-prateleira do attiéké foi patenteada por Deleon-Yao em 1979, utilizando-se a torração como forma de se reduzir a umidade. Firmin (1989) sugere a secagem ao sol do attiéké como uma maneira simples de se permitir um tempo adicional de armazenagem e mais recentemente em 1995, Firmin, estabeleceu os

parâmetros de fermentação ótimas (% de inóculo, tempo e temperatura de fermentação, pH, % de umidade), bem como as variedades de mandioca apropriadas à fabricação do attiéké e do placali.

Entre os produtos nacionais fermentados à base de mandioca, talvez o mais conhecido e estudado tenha sido o polvilho azedo, conforme pode ser visto na seção 2.2.3. deste trabalho.

Na região Amazônica, encontra-se amplamente difundida a farinha d'água, obtida da fermentação de raízes inteiras submersas em água de chuva, raladas, peneiradas, espremidas e então torradas (Scholz, 1971).

Esta farinha geralmente apresenta coloração amarelada, devido a presença de β -carotenos e mono e dehidroxi-carotenos (Marinho & Arkcoll, 1981), que provavelmente ligam-se com proteínas intercalares da polpa (Scholz, 1971), e cuja coloração atinge intensidade máxima se a torrefação for conduzida brandamente (Scholz, 1971).

Marinho & Arkcoll (1981) verificaram que a farinha d'água apresenta alta perecibilidade a temperatura ambiente, sugerindo-se o uso de antioxidantes e fermentação adequada para se atingir pH inferior a 4, prevenindo perdas provavelmente por oxidação enzimática.

Outro derivado da mandioca consumido no Brasil, cuja tecnologia foi estabelecida por Almeida em 1992 é o carimã (do tupi, massa azeda de mandioca), mandioca puba ou simplesmente puba. Este produto típico da região Norte Nordeste do Brasil, apresenta sistema de produção similar ao do fufu e do lafun conforme relatado por Oke (citado por Almeida, 1992) e seu processamento de fabricação foi descrito por Ezeala & Okoro em 1986.

2.3. TOXICIDADE NA MANDIOCA

A toxicidade da mandioca deve-se a presença de glicosídeos cianogênicos linamarina e lotaustralina, cujos níveis variam entre os cultivares doces e amargos (Bolhuis, 1954). Estes dois glicosídeos são hidrolisados a cianohidrinas pela enzima linamarase quando a estrutura celular é danificada (De Brujin citado por Vasconcelos *et al.*, 1990; Westby & Twiddy, 1992). Estas cianohidrinas são instáveis, e decompõem-se em ácido cianídrico (HCN) e acetona, sendo a taxa de decomposição dependente do pH e temperatura (Cooke, 1978). Esta observação é particularmente importante em produtos fermentados, onde o rápido abaixamento do pH ocasionado pela formação de ácidos lácticos, no início do processo, inibe a quebra das cianohidrinas, visto que as mesmas apresentam-se mais estáveis em pH baixo (Cooke, 1978).

Processos de desintoxicação tradicional tem sido adotados na intenção de reduzir o ácido cianídrico (HCN), à níveis baixos, tornando o consumo de mandioca relativamente seguro. Estes processos, segundo Oyefeso (1976), compreendem diferentes combinações de secagem, imersão em água, cozimento e fermentação das raízes.

Por ser a mandioca, usualmente processada na forma de vários produtos desidratados, vários pesquisadores têm estudado o efeito do processamento nos níveis de HCN. Gómez *et al.* (1984a) estudaram o efeito da espessura das fatias na secagem em estufa a 60° C. O cianeto total e ligado foi mais baixo nas fatias grossas após a secagem em estufa, comparadas com as fatias finas. Foi observado que nas fatias grossas, a atividade da linamarase manteve-se por mais tempo, quanto mais lenta foi a taxa de desidratação; enquanto que na secagem das fatias finas, a água usada como substrato pela enzima, é rapidamente perdida. Cooke & Coursey (1981) relataram a remoção de 1/3 do cianeto ligado, através da secagem em sacador a 47°C e 60°C. Aumentando-se a temperatura para 80°C ou 100°C, a taxa de eliminação cai para 10 a 15% (Cooke & Maduagwu, 1978).

Acredita-se que em alta temperatura, haja desnaturação do sistema enzimático, evitando que a hidrólise dos glicosídeos cianogênicos ocorram. No entanto, Paula & Rangel

(1939), relataram efeito contrário, um material contendo inicialmente 39 mg de HCN/Kg, apresentou após a secagem ao sol 17 mg HCN/ Kg, e apenas 6 mg HCN/ Kg, após secagem em secador.

Métodos de cozimento normal geralmente reduzem os níveis de HCN consideravelmente. Collens (citado por Oyefeso, 1976), relataram que o cozimento das raízes removeu todo HCN das amostras de variedade doce de mandioca, mas com mandioca amarga, o produto cozido permaneceu com 20 mg HCN/Kg. Algumas variedades doces apresentaram níveis acima de 17 mg HCN/Kg após terem sido mantidas, por uma noite, na água usada para cozimento.

Cooke & Coursey (1981) relataram que a imersão em água fria com agitação durante 4 horas, promoveu decréscimo negligenciável no cianeto ligado, mas 90 % do cianeto livre foi eliminado quando fatias frescas de mandioca foram cozidas em água em ebulição por 15 minutos. O cianeto ligado decresce a uma taxa mais lenta, conforme descrito por Cooke & Maduagwu (1978), cerca de 55 % do cianeto ligado foi removido após as fatias terem sido completamente cozidas, ou seja após 25 minutos.

Balogopalan *et al.*, (1988a) descreveram a permanência de gosto residual desagradável após o cozimento de mandioca amarga, tornando a ingestão do alimento perigoso. A provável causa, segundo os autores, é que embora o cozimento destrua a enzima linamarase, o HCN é removido; porém a linamarina B, não é destruída e a ingestão por longos períodos deste alimento, pode levar a uma intoxicação crônica por cianeto em uma população com dieta baixa de proteína e iodo.

Embora Pupo *et al.* (1969/70) tenham observado que o sabor doce ou amargo pode ser percebido sensorialmente nas mandiocas cruas ou cozidas. Opinião contrária foram formuladas por Bolhuis (1954) e Pereira & Pinto (1962) que consideraram não haver correlação definida entre o amargo e o dulçor das mandiocas com os níveis de glicosídeos cianogênicos presentes.

2.4. MANDIOCA COMO MATÉRIA-PRIMA INDUSTRIAL

2.4.1. Características da planta

A mandioca é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Euphorbiaceae e ao gênero *Manihot*. Este gênero apresenta um grande número de espécies, porém, a única cultivada para fins alimentícios é a *Manihot esculenta* Crantz (Câmara, Godoy e Marcos F.º, 1982).

A planta é composta das raízes tuberosas, caules e folhas. A raiz da mandioca é a principal matéria-prima utilizada na alimentação humana, embora haja trabalhos de aproveitamento das folhas, ricas em minerais, vitaminas e proteínas (Roger & Milner citado por Bokanga, 1995; Eggum citado por Bokanga, 1995; Vitti, Figueiredo & Angelucci, 1971/72; Silva, 1990).

As cascas das raízes são formadas por uma parte interna e outra externa, constituída por uma película externa suberificada de coloração branco-acinzentada ou marrom-avermelhada geralmente eliminada raspando-se em água (Câmara *et al.*, 1982). A parte interna da casca constituída de feloderma e xilema, se separam do corpo da raiz com certa facilidade, dependendo do cultivar, devido a textura característica (Holleman & Aten, 1956). Paschoalino *et al.* (1980) consideraram a facilidade de remoção das cascas como um dos parâmetros importantes para a seleção do cultivar adequado ao processamento de mandioca congelada.

A parte mais importante da raiz refere-se ao cilindro central volumoso de cor branca, rósea ou amarelada onde se acumula o amido. No centro da raiz encontra-se feixes de xilema lignificados, que a atravessa no sentido de seu comprimento (Câmara *et al.*, 1982), também denominados de cordão celulósico ou pavio da mandioca (Lima, 1982).

O cilindro central rico em amido representa 70 a 80% da raiz inteira (Paschoalino *et al.*, 1980), eliminando-se a película externa cuja participação em peso varia de 0,5 a 2% (Holleman & Aten, 1956) ou 2 a 5% (Cereda, 1994), do peso total da raiz, enquanto que a parte interna da casca corresponde entre 8 a 15% (Holleman & Aten, 1956). Geralmente, nas raízes maduras, a parte interna da casca apresenta cerca de 2 a 3 mm de espessura (Holleman & Aten, 1956) e consideráveis teores de amido (Cereda, 1994). Com a remoção das cascas pode sair certa quantidade de entrecasca ou parênquima cortical, o que acarreta perda de amido nas feculárias, mas pode ser desejável em farinheiras, principalmente quando as raízes apresentam-se excessivamente fibrosas (Cereda, 1994).

2.4.2. Mudanças na qualidade durante a estocagem

As propriedades de estocagem das raízes de mandioca são limitadas, e o frescor se mantém, somente por poucos dias, antes que deteriorações fisiológicas e microbiológicas tornem-se aparente (Montaldo, 1973).

A deterioração fisiológica, também denominada primária, das raízes se instala após 1 a 7 dias da colheita (Montaldo, 1973), mais precisamente entre o 5º e 7º dia após a retirada das raízes do campo (Coelho, 1992). Esta deterioração caracteriza-se pela coloração azulada das linhas vasculares, que inicialmente localizam-se ao redor do parênquima em forma de anel e mais tarde se dispersam por todo parênquima de armazenamento (Padmaja, Balagopal & Pott, 1982). A segunda deterioração, denominada secundária, inicia-se após a deterioração fisiológica ter se instalada (Coelho, 1992) e é caracterizada pela invasão de microrganismos patogênicos, principalmente fungos e bactérias, ocasionando podridão das raízes.

A natureza dos processos deteriorativos pós-colheita da mandioca, tem sido principal obstáculo no desenvolvimento desta cultura. Técnicas para o prolongamento do frescor da mandioca colhida foram estudadas por Booth *et al.* (1976); Wickham & Wilson

(1988); Balagopalan *et al.* (1988c) e Coelho (1992). O método mais antigo e tradicional consiste em manter as raízes no campo até a sua utilização (Cooke & Coursey, 1981), a despeito da queda na qualidade e quantidade de amido, quando a plantação é mantida além da época ideal de colheita (Ingram & Humphries citado por Cooke & Coursey, 1981).

Opinião contrária foi dada por Wickham & Wilson (1988). Eles sugerem que a qualidade culinária das raízes não é alterada, mesmo quando as raízes são mantidas no campo, sendo este o melhor mecanismo para impedir as deteriorações de ordem fisiológica.

Paralelamente às deteriorações pós-colheita que ocorrem na mandioca estocada, mudanças na qualidade e nos componentes bioquímicos também foram observados. Booth & Coursey (citado por Booth *et al.*, 1976) relataram que as raízes de mandioca armazenadas apresentaram consistentemente mais doce e menos amarga que as raízes frescas da mesma variedade, provavelmente devido à ligeira conversão de amido em açúcares e redução no nível de ácido cianídrico. Em relação aos açúcares Booth *et al.* (1976) relataram que no início do período de estocagem, houve uma elevação no teor de açúcares redutores, acompanhados pelo decréscimo na porcentagem de sacarose, seguido de um simultâneo aumento na porcentagem deste açúcar, refletindo no sabor adocicado das raízes estocadas; sabor este ausente nas raízes recém colhidas. Observações similares foram feitas por Grace (1971) e Maini & Balagopal (citado por Balagopalan *et al.*, 1988c).

Booth *et al.* (1976) observaram que durante o armazenamento as raízes de mandioca amoleceram, no entanto foi necessário um tempo de cozimento mais longo para se tornarem comestíveis. Este amolecimento, em parte, pode ter sido causado por mudanças no amido e teor de umidade, mas pode refletir mudanças na qualidade do amido (Booth *et al.*, 1976). As amostras cozidas preparadas das raízes estocadas foram, em geral, mais duras e fibrosas que aquelas preparadas das raízes frescas e apresentaram textura desigual associada com o desenvolvimento de áreas semitranslúcidas e semicristalinas, responsáveis pelo declínio em sua aceitabilidade.

Ihedioha, Akingbala & Oguntimein (1996) constataram que para fabricação de farinha de mandioca e posterior manufatura de pães fermentados sem farinha de trigo,

devem ser utilizadas raízes frescas com tempo de estocagem inferior a 24 horas após a colheita, sob pena de reduzir o pico de viscosidade, capacidade de absorção de água, volume do pão e aceitabilidade.

2.4.3. A textura e a qualidade culinária da mandioca

A textura dura da mandioca é considerada como o principal impecilho que envolve a tecnologia de fabricação dos "chips" de mandioca.

Em testes preliminares, foi verificado que a fritura em óleo quente (170° a 180° C) das fatias de mandioca com 1,1 a 1,5 mm de espessura, previamente descascadas e descorticadas, tornava o "chips" de mandioca muito duro e desagradável ao paladar.

Sabemos que a textura é o atributo organoléptico que mais influencia na qualidade dos produtos processados (Amerine, Pangborn & Roessler, 1965). Em particular, em alimentos desidratados, como os "chips" de mandioca, a principal característica desejada é a crocância. As atitudes dos consumidores em relação a textura e suas características específicas, Szczesniak & Kahn (1971) concluíram que a crocância parece ser o parâmetro de textura mais versátil, sendo o termo mais freqüentemente mencionado que qualquer outra palavra para descrever a textura dos alimentos (Szczesniak & Kleyn, 1963).

A crocância dos alimentos dentre os quais se incluem as batatas chips, pode ser definida como sendo: "firme (rígido), quebra com facilidade quando forçado, emitindo som característico", segundo Szczesniak (1988). É também um termo bastante proeminente em combinação com a textura, ressaltando qualidade de preparo e sinônimo de alimento saudável e fresco (Jackson *et al.*, 1996).

O método objetivo para medir a crocância dos alimentos desidratados, descritos por Bourne (citado por Jackson *et al.*, 1996), baseia-se na ruptura destes alimentos ao primeiro esforço, obtendo curvas força x distância e nítidos picos de força a partir de testes de

penetração. Jackson *et al.* (1996) relatam que o método exato para determinar a crocância não foi encontrado na literatura, sendo entretanto, o método de Bourne, considerado satisfatório para determinação da crocância em banana chips.

O termo farináceo ou farinácea exprime a textura característica de raízes e tubérculos cozidos, sentido na boca. Em batatas é também definido como a propriedade do tubérculo desintegrar-se, espontaneamente, durante o cozimento e despedaçar-se pela ação de um garfo (Smith citado por Safo-Kantanka & Owusu-Nipah, 1992).

Uma enorme variação na qualidade culinária entre as variedades de mandioca tem sido observada. Algumas variedades são macias e farináceas; outras cozinham somente sob condições específicas (como por exemplo: idade da planta, condições ambientais, etc.) enquanto que outras, invariavelmente, apresentam-se duras e não farináceas (Balagopalan *et al.*, 1988a). Entretanto, as causas destas variações e instabilidades dos cultivares são pouco conhecidas (Normanha, 1988), sendo atualmente aceita a hipótese da separação celular apontado por pesquisadores como Bettelheim & Sterling (citados por Safo Kantanka & Owusu-Nipah, 1992) e Linehan & Hughes (citados por Safo Kantanka & Owusu-Nipah 1992). Esta hipótese explica que o afrouxamento das substâncias pécticas intercelulares podem levar a liberdade das células, tornando-se farináceo os produtos cozidos. Quando as células não são facilmente afrouxadas, o produto cozido torna-se não farináceo ou duro ou vítreo. A facilidade com que as células se separam pode ser relacionada com a quantidade de amido presente nos grânulos.

Na mandioca não cozida, Safo-Kantanka & Owusu-Nipah (1992) observaram que não existe diferenças nas características celulares, seja de variedades farináceas ou não. As células mostraram-se desorganizadas somente quando as mandiocas foram cozidas, enquanto que nas raízes não farináceas as células mantiveram-se intactas.

Foi constatado haver correlação positiva entre a característica farinácea e teor de amido (Safo-Kantanka & Owusu-Nipah, 1992; Olorunda *et al.*, 1981; Moorthy & Ramanujam, 1986), teor de matéria seca (Safo-Kantanka & Owusu-Nipah, 1992), teor de amilose e amilopectina (Olorunda *et al.*, 1981), tamanho dos grânulos de amido (Safo-

Kantanka & Owusu-Nipah, 1992), entre outras como variedade e idade da planta (Moorthy & Ramanujam, 1986).

Invariavelmente, o teor de amido elevado é requisito para se obter qualidade culinária adequada, porém nem todas variedades com alto teor de amido apresentam características farináceas.

A distribuição uniforme de açúcares e amido nas diferentes regiões da mandioca, mostrado na Figura 1, extraída de Onwueme (1978), apresenta importante papel na qualidade culinária das raízes.

Em relatório elaborado pela FAO (citado por Balagopalan *et al.*, 1988a), o teor de amido e açúcares nas regiões externa (k), localizada logo abaixo da casca, região intermediária (l) e central (m) do tubérculo de muitas variedades, foram determinados nas regiões próximas à base (I), mediana (II) e ponta da raiz (III), conforme ilustrado na Figura 1. Os pesquisadores observaram que as variedades com distribuição de amido mais uniforme de amido nas regiões: próxima a casca (k), intermediária (l) e central (m), apresentaram melhor qualidade culinária. Por sua vez, variedades com distribuição não uniforme, especialmente aquelas com baixo teor de amido na região central (m), apresentaram qualidade culinária inferior. No relatório da FAO (citado por Balagopalan *et al.*, 1988a) foi salientado que a boa qualidade culinária é também associada a baixos teores de açúcares. Foi observado, naquele relatório, que as variedades de qualidade culinária inferior, apresentaram baixo teor de amido na região central (m), invariavelmente inferior ao teor de açúcar nesta região. A provável explicação para esta queda na qualidade das raízes por ocasião do cozimento é que, sendo baixo o teor de amido na região central, não há força de expansão suficiente para exercer pressão através da região intermediária rica em amido. Desta forma, o centro permanece não farináceo, enquanto a região intermediária torna-se parcialmente farinácea. Este efeito, segundo os autores do relatório FAO (citado por Balagopalan *et al.*, 1988a), pode ser confirmado pelo fato das raízes que cozinham expandirem o diâmetro, enquanto que as raízes de qualidade culinária inferior, o diâmetro decresce ou permanece o mesmo.

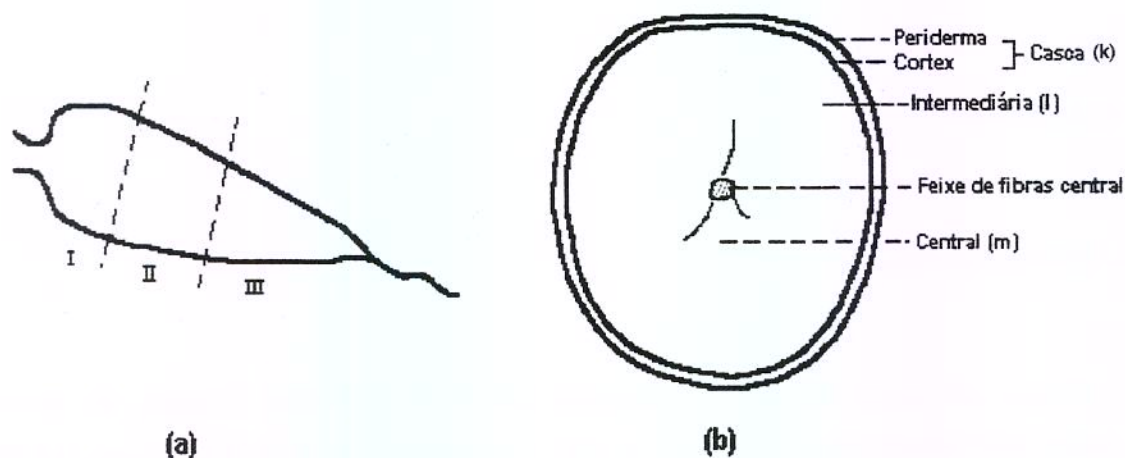


Figura 1: Representação gráfica de uma raiz de mandioca **(a)**, mostrando as regiões próxima à base *(I)*, mediana *(II)* e ponta da raiz *(III)*. Seção transversal **(b)** com respectivas regiões externa *(k)* próxima da casca, intermediária *(l)* e central *(m)* próxima ao feixe de fibras central.

Fonte: Onwueme, 1978.

Variações na qualidade culinária das raízes de mandioca podem ser decorrentes de fatores intrínsecos: variação dentro e entre raízes da mesma planta e entre plantas da mesma variedade e extrínsecos: variação em função do genótipo, do ambiente e do estado fisiológico das plantas (Lorenzi, 1994).

Durante o cozimento, as raízes farináceas aumentam seu peso e volume em 5 a 10 % enquanto que as variedades de qualidade culinária inferior há uma redução superior a 30% em peso e volume. A água usada para o cozimento não penetra nas raízes. O processo de cozimento da mandioca é identificado como uma expansão dos grânulos de amido, utilizando-se da água presente dentro das raízes, devido ao aquecimento proporcionado pela água circundante (FAO citado por Balagopalan *et al.*, 1988a).

3. MATERIAL & MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Matéria prima

Foram utilizadas raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), de quatro variedades: IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 13 (clone 44.82) e IAC 14 (clone 114.80) colhidas no Centro de Horticultura do Núcleo Experimental de Campinas integrante do Instituto Agrônomo (IAC), situado na cidade de Campinas, estado de São Paulo, a 22° 05' Latitude Sul e 47° 05' Longitude Oeste a 669 metros de altitude, cujo clima segundo a classificação de Köppen é do tipo CWa (Seltzer citado por Lorenzi, 1978), ou subtropical úmido de acordo com a classificação do IAC. O tipo de solo predominante na área experimental é do tipo latossolo roxo, fase distrófica (baixo teor de saturação de nutrientes), caracterizando solo de média fertilidade.

As variedades de mandioca utilizadas neste experimento foram desenvolvidas pelo IAC.

A variedade IAC Mantiqueira utilizada como padrão internacional, é a mais antiga. Foi desenvolvida na década de 60, apresenta polpa de coloração branca e baixo teor de ácido cianídrico. A variedade IAC 576.70 surgiu na década de 70, expandindo-se em meados dos anos 80 para todo território nacional. Apresenta polpa de coloração amarela e de baixo teor de ácido cianídrico. Atualmente, aproximadamente 100% da mandioca de mesa de coloração amarela, comercializada no Estado de São Paulo, é da variedade IAC 576.70.

Mais recentemente em 1990, foram estabelecidas as variedades IAC 13 e IAC 14, consideradas bons materiais do ponto de vista agrônomo (resistência a doenças e pragas,

alto rendimento) destinadas a solos de baixa fertilidade. Estas variedades foram selecionadas dentro de uma população de centenas de clones formados pela recombinação de variedades de elite. Apresentam polpa de coloração branca e níveis de ácido cianídrico baixo para a variedade IAC 13 e alto para IAC 14, conforme descrito no folheto do IAC publicado em 1996, sendo indicadas para industrialização em farinha ou fécula, e não para o consumo humano direto.

As raízes de mandioca utilizadas neste experimento foram colhidas com oito meses após o plantio em duas épocas: a primeira em junho a agosto de 1995 e a segunda em maio a junho de 1996. Houve que respeitar a época de colheita entre maio a agosto, período em que as raízes encontram-se em repouso fisiológico. As raízes neste período apresentam-se geralmente enxutas, ricas em amido e com pouca fibra. É também nesta idade que as raízes apresentam as melhores qualidades culinárias (Câmara *et al.*, 1982; Viégas, 1976).

As raízes foram processadas no mesmo dia da colheita ou no prazo máximo de 24 horas.

3.1.2. Reagentes

Nas determinações químicas foram utilizados reagentes de pureza analítica, e de acordo com as especificações requeridas pelos métodos empregados.

3.1.3. Equipamentos

Além da vidraria e aparelhos comuns de laboratório, foram utilizados:

- ♦ Analisador de fraturabilidade TA-XT2 (Texture Analyser) com célula de carga de 25 kg e programa XTRAD Dimension (Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, England);
- ♦ Autoclave vertical Lutferrando modelo 39211;
- ♦ Agitador rotativo para tubo, marca Fanen Ltda;
- ♦ Centrífuga de baixa rotação, marca Fanen Ltda;
- ♦ Capela;
- ♦ Conjunto para determinação de proteína Kjeldahl, marca Tecnal;
- ♦ Estufa com circulação forçada de ar, marca Fanen Ltda, modelo 330;
- ♦ Espectrofotômetro, marca Beckman, modelo DV-70;
- ♦ Microcomputador Pentium Celeron e impressora HP Deskjet 695 C;
- ♦ Moinho de hélices, marca Junke-Kunkel, modelo A-10;
- ♦ Mufla marca Fanen Ltda;
- ♦ Processador multi-uso com faca circular giratória com ajuste de espessura, marca Hobart;
- ♦ Tacho de fritura com termostato com 6 litros de capacidade, marca Croydon, modelo TFSL;
- ♦ Túnel de vapor com esteira cozedor/branqueador ($T=98^{\circ}\text{C}$, P ambiente), vapor atmosférico, marca Sterling Power Systems.

3.2. MÉTODOS ANALÍTICOS

3.2.1. Composição centesimal

3.2.1.1. Preparo da amostra de mandioca "in natura": As raízes de mandioca foram descascadas, limpas e raladas grosseiramente em ralos domésticos, para determinação da matéria-seca, umidade, cinzas e lipídeos totais. Os valores de cinzas e lipídeos totais foram convertidos em porcentagem em base seca (% b.s.).

Para a manutenção da estabilidade da matéria-prima, amostras de mandioca fresca foram secas em estufa à vácuo 70°C, 25 mm Hg até peso constante; após terem sido descascadas, limpas e raladas em ralos domésticos. As determinações de proteína, acidez, amido, açúcares redutores de totais foram realizadas na matéria-prima assim preparada e os resultados, expressos em porcentagem em base seca..

3.2.1.2. Preparo da amostra de "chips" de mandioca: aproximadamente 30 gramas de "chips" de mandioca foram moídos em moinho de facas (marca Janke & Kunkel) com sistema de refrigeração à água, em três etapas de 5 segundos com intervalos para não haver aquecimento da amostra. A amostra completamente moída foi armazenada em frascos herméticos, sob refrigeração (geladeira doméstica), até a sua utilização.

Todas as determinações foram conduzidas em duplicatas.

- **Matéria seca:** foi determinada por dessecação em estufa à vácuo 70° C, 25 mm Hg durante 6 horas até peso constante, método n.º 4.5 do Instituto Adolfo Lutz (1985);
- **Umidade:** calculada por diferença entre o numeral 100 e a matéria seca;
- **Proteína:** foi determinada o nitrogênio total pela técnica de micro-Kjeldahl, método 46-12 da AACC (1990), usando o fator N x 6,25 para obter o teor de proteína bruta;
- **Cinzas:** foram calculadas após calcinação da amostra em mufla a 550° C até peso constante, de acordo com método 08-01 da AACC (1995);
- **Acidez:** foi determinada por titulação com solução padronizada de NaOH 1 N, segundo metodologia de n.º 9.119 da AOAC (1990);

- **Amido:** foi determinado por rotação óptica do amido e açúcares presente em polarímetro com tubo de 2 dm, usando fator 5,662 para se obter o teor de amido, conforme método de Ewers e modificado por Hardorn & Doewellar, descrito por Diemair (1963);
- **Lipídeos totais:** foram determinados pelo método de Bligh & Dyer (1959) na mandioca “in natura” e nos “chips” de mandioca. A amostra (3g) foi colocada em tubo de ensaio, tratada com mistura de cloroformio, metanol e água (1:2:0,8) e agitada por 30 segundos. Após, foi adicionado cloroformio e água (1:1) e manualmente agitada energicamente. O tubo permaneceu em repouso para separação das camadas, desprezando-se a camada superior; secando-se a fase clorofórmica com sulfato de sódio anidro. Depois foi retirada uma alíquota de 5 mL e evaporada em estufa a 100° C até peso constante;
- **Açúcares redutores e totais:** foram determinados através de método gravimétrico de Munson & Walker, descrito em AOAC (1990).

3.2.2. Amilose

Foi determinada pelo método colorimétrico de Sowbhagya & Bhattacharia (1971). Foi utilizado uma solução padrão de amilose de batata (Merck art. 4561) e leitura na absorbância de 630 nm.

3.2.2.1. Preparo da amostra: a amostra (500 mg) desengordurada pelo método Bligh & Dyer (1959), tratada com álcool etílico puro (1 mL) e solução 1 N NaOH (10 mL) foi aquecida em banho-maria em ebulição, resfriada e elevada a 100 mL com água destilada e deixada descansar por uma noite. Alíquotas desta solução foram diluídas até obter uma concentração (3,33 mg amostra/mL) que apresentasse absorbância próxima à solução padrão de amilose de batata. Após o descanso, 5 mL da solução diluída em 50 mL de água destilada + 3 gotas de fenolftaleína foi titulada com solução 0,1 N HCl até mudança de coloração, adicionou-se 2 mL de solução 2% de KI e completada a um volume final de 100 mL.

3.2.2.2. Leitura da absorbância: A leitura na absorbância de 630 nm no espectofotômetro, foi precedida pela calibração com um branco de iodo (2 mL solução 0,2% KI diluído em 100 mL de água destilada). Leituras aproveitáveis foram aquelas cujos valores de ABS foram próximos entre a amostra em teste de 3,33 mg amostra/mL e a solução 3,0 mg amilose padrão.

3.2.3. Fibra dietética

3.2.3.1. Fibra detergente ácido (ADF): determinada no material seco, moído e peneirado (peneiras Granutest, 50 mesh), de acordo com metodologia citada por Van Soest (1963). A fibra detergente ácido determina os teores de celulose e lignina.

3.2.3.2. Celulose e lignina: os teores de celulose e lignina foram determinados por fracionamento do resíduo da ADF com permanganato de potássio, de acordo com metodologia de Van Soest & Wine (1968).

3.2.4. Fraturabilidade

Para determinar a fraturabilidade dos "chips" de mandioca foi empregado um teste de penetração, descrito no manual de aplicações do TA.XT2, medindo a força de ruptura, em Analisador de Textura TA.XT2 e software XTRAD Dimension da Stable Micro Systems. A montagem dos acessórios, mostrada na Figura 2, empregou uma base cilíndrica ("Heavy Duty Plataform / Crisp Fracture Rig" ou HDP/CFR), e uma sonda tipo bola ("Ball Probe") de ¼ polegada denominada P/0,25 S usando célula de carga de 25 kg e base suporte ("Heavy Duty Plataform" ou HDP/90).

A base suporte (HDP/90) foi ajustada de tal maneira, que quando abaixada, a sonda tipo bola passou centralmente através da base cilíndrica (HDP/CFR). A amostra de mandioca "chips" foi colocada centralizada sobre a base cilíndrica, para dar início ao teste.

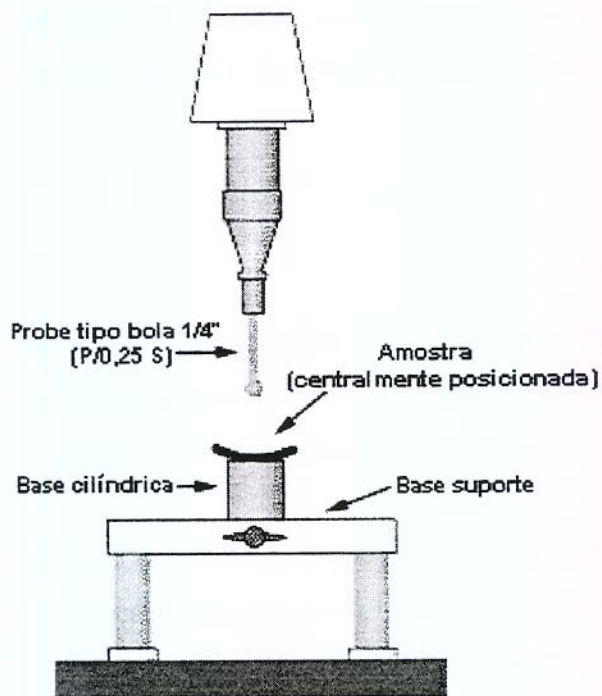


Figura 2: Esquema de montagem dos acessórios para determinar a fraturabilidade dos "chips" de mandioca.

Fonte: Stable Micro Systems Ltda, 1995.

Os parâmetros selecionados para condução da análise da fraturabilidade foram os seguintes:

Opção curva: Ruptura	Força contato: 5,0 g
Limiar de força: 20 g	Taxa aquisição: 200 pps
Velocidade teste: 2,0 mm/s	Retornar ao início
Velocidade pré e pós teste: 5,0 mm/s	Distância: 6,0 mm

O tipo de gráfico obtido foi do tipo Força x tempo e os resultados expressos em gramas (ou g), representam a média de 6 picos de força máxima e respectivos desvio padrão (D.P.) e coeficiente de variação (C.V.) expresso em porcentagem.

Uma curva típica de alimentos crocantes é mostrada na Figura 3, onde fraturabilidade é obtida da ruptura inicial, indicada pelo primeiro pico de força. A partir da ruptura inicial, pode aparecer, na maioria dos casos, uma série de picos menores, que representa os consecutivos eventos de fratura. A linha vertical no fim do teste indica a completa ruptura da amostra.

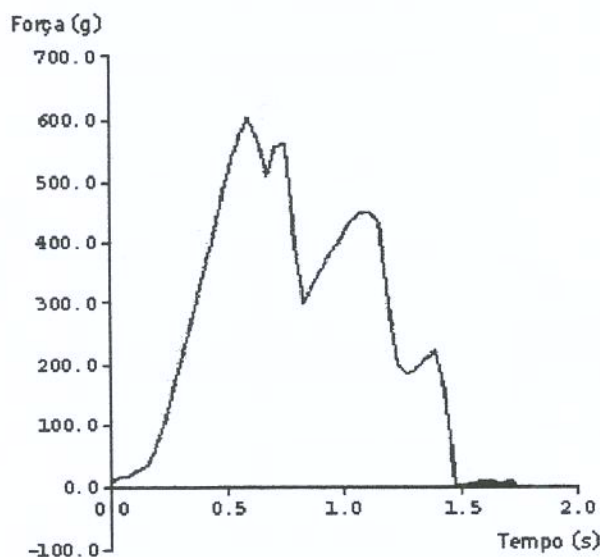


Figura 3: Curva de ruptura típica do TA.XT2 para batata frita, mostrando os picos de ruptura que expressam a fraturabilidade da amostra.

Fonte: Stable Micro Systems Ltda, 1995.

3.3. MÉTODO EXPERIMENTAL

O fluxograma de trabalho para produção de "chips" de mandioca é mostrado na Figura 4

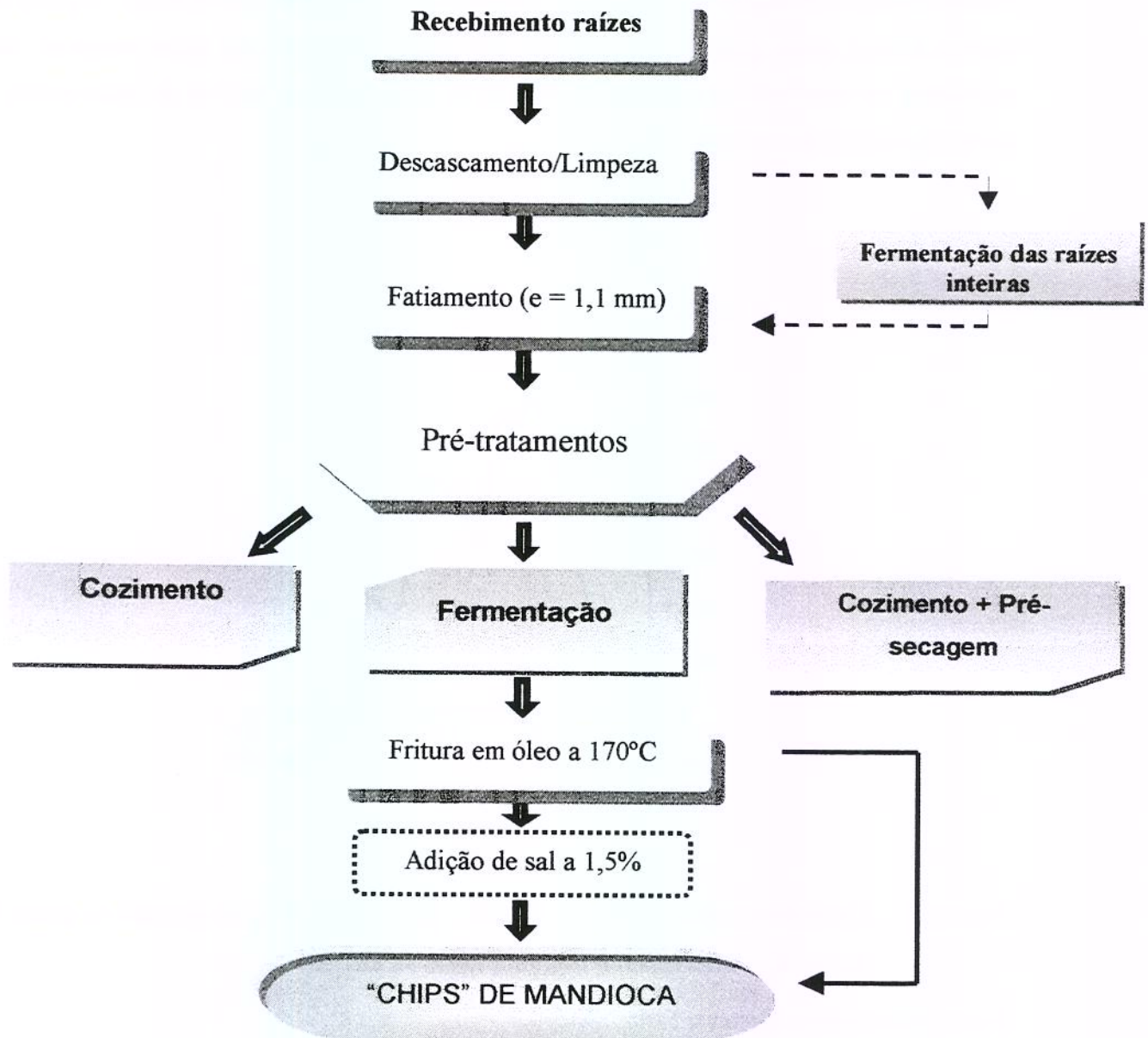


Figura 4: Fluxograma de produção de "chips" de mandioca.

3.3.1. Recebimento das raízes

As raízes de mandioca, utilizadas neste experimento, foram colhidas no período da manhã, no Centro de Horticultura do Núcleo Experimental de Campinas do IAC e transportado até as dependências da planta piloto do departamento de Tecnologia de Alimentos da UNICAMP. As raízes foram processadas no mesmo dia ou no prazo máximo de 24 horas. Cerca de 80 kg de mandioca foram utilizadas neste trabalho, dividida em duas épocas de colheita: a primeira em julho a agosto de 1995 e a segunda em maio a setembro de 1996.

3.3.2. Descascamento e limpeza

Foram removidas as cascas externa e interna das raízes, com auxílio de facas de aço inox, preservando-se o cilindro central rico em amido. A limpeza foi feita em água corrente, e as raízes mantidas imersas em água de torneira, até o momento do processamento.

3.3.3. Fatiamento

As raízes foram fatiadas em processador multi-uso, equipado com faca circular giratória, com ajuste de espessura de 1,1 mm, no máximo de 1,5 mm. As fatias foram mantidas em água de torneira até a sua utilização.

Duas formas de fatiamento foram estudadas:

fatias redondas: raízes descascadas e limpas foram cortadas no sentido transversal ao feixe de fibras central, obtendo-se fatias circulares. Pressupôs, em cada fatia, haver distribuição homogênea das regiões externa, intermediária e central do cilindro rico em amido;

fatias retangulares: as raízes descascadas e limpas foram, em primeiro lugar, cortadas com auxílio de facas de aço inox, em pequenos toletes de aproximadamente 6 cm de comprimento e em seguida cortadas em processador multi-uso no sentido longitudinal ao comprimento da raiz. As fatias, assim obtidas, apresentavam o formato retangular e provenientes de regiões distintas e equidistantes do feixe de fibras central

3.3.4. Pré tratamentos

3.3.4.1. Cozimento em água em ebulição

Quatro lotes de fatias de mandioca frescas, de aproximadamente 300 g cada, foram dispostas em cestos telados de alumínio, medindo 25 cm de diâmetro e 15 cm de altura. Com a água em ebulição, um lote foi completamente imerso na água, no tempo zero. Ao final de um minuto, o cesto foi retirado, drenado por 30 segundos e resfriados em água corrente. Esta operação foi repetida observando-se os tempos de 3 min., 5 min. e 8 min. e 10 min. de cozimento. Um lote foi mantido imerso em água a temperatura ambiente e foi utilizado como controle.

3.3.4.2. Cozimento em câmara de vapor

Aproximadamente 800 g de fatias de mandioca frescas foram dispostas em bandejas perfuradas de dimensões 70 x 100 x 2 cm fabricadas em aço inox, sem que houvesse sobreposição das fatias. As bandejas foram colocadas dentro do túnel de vapor (Sterling Power Systems) com vapor atmosférico ($T = 98^{\circ} \text{C}$, P ambiente), como meio de aquecimento, no tempo zero. Ao final de 2 min., a bandeja foi retirada e as fatias resfriadas a temperatura ambiente. Esta operação foi repetida, observando-se os tempos de 5 min., e 8 min. de cozimento. Um lote foi mantido imerso em água a temperatura ambiente e foi utilizada como controle.

3.3.4.3. Fermentação

A fermentação natural foi conduzida em raízes de mandioca descascadas e limpas mantendo-se o seu formato original ou em fatias, seccionadas ao longo do comprimento das raízes.

Tanto para mandioca inteira como em fatias, lotes de 800 g de mandioca fresca foram imersas em 3200 g de água de torneira (1:4) previamente aquecida a 30° C, reservada em recipientes plásticos e mantidas em estufa com controle de temperatura e circulação de ar (Fanen Ltda modelo 330). Não foi adicionado qualquer tipo de agente de fermentação ao meio fermentativo.

Foram estudados os períodos de fermentação de 8 h, 24 h, 30 h e 48 h, contados a partir do momento em que a mandioca foi imersa na água a 30° C.

Após o período de fermentação pré determinado, a mandioca foi drenada por 30 segundos em peneira plástica. Um lote de mandioca fresca foi mantido sem qualquer tratamento, para ser utilizado como controle.

3.3.4.4. Fermentação + Cozimento

Após o período de fermentação pré-determinado (24 h.) das raízes inteiras ou em fatias, aproximadamente 200 a 250 g de fatias de mandioca fermentada foram levadas ao cozimento em água em ebulição por 3 minutos.

3.3.4.5. Cozimento + Secagem Parcial

Aproximadamente 600 g de mandioca previamente cozidas em água em ebulição, conforme metodologia descrita em 3.3.4.1, foram dispostas em bandejas perfuradas com dimensões de 70 x 100 x 2 cm, construídas em aço inox.

Três bandejas devidamente identificadas receberam os lotes das amostras de mandioca cozidas por 1 min., 3 min. e 5 min. em água em ebulição. As bandejas foram

colocadas no interior da câmara com circulação de ar e controle de temperatura e mantidas durante 3 h. a 50° C.

Uma quantidade de fatias de mandioca fresca (aproximadamente 500 g) foi mantida sem qualquer tratamento, para ser utilizada como controle.

3.3.5. Fritura

As fatias de mandioca pré-tratadas ou não (controle) foram fritas em tacho de fritura com termostato (Croydon modelo TFSL), usando gordura vegetal hidrogenada própria para fritura (Refino do Brasil) a 170° C.

Cerca de 4 kg da gordura foram suficientes para preencher o tacho de fritura e receber de 35 a 40 fatias por operação. O tempo de fritura variou de 2 a 2,5 minutos ou até que não se percebesse bolhas na superfície do óleo. Após a fritura, as fatias foram drenadas em papel absorvente.

3.3.6. Adição de sal

A adição de sal foi feita somente nos "chips" destinados a avaliação sensorial, na proporção de 1,5% sobre o peso dos "chips" fritos em óleo.

3.3.7. "Chips" de mandioca: Acondicionamento e Armazenamento

Os "chips" de mandioca definidos como “fatias de mandioca pré-tratados ou não e fritos em óleo”, foram embalados em sacos de polietileno selados e identificados. Os sacos foram acondicionados em caixas de papelão, devidamente identificados e armazenados em câmara de congelamento a -25° C, com circulação de ar, até o momento da sua utilização. O período de armazenamento não excedeu 3 semanas para determinação da fraturabilidade e avaliação sensorial.

3.4. MÉTODO SENSORIAL

A aceitação e a aparência dos "chips" de mandioca preparados com diferentes pré-tratamentos foram avaliados utilizando-se teste afetivo em consumidores.

Trinta consumidores potenciais do produto foram selecionados, em função de consumir produtos à base de mandioca, disponibilidade e interesse em participar do teste. Os provadores avaliaram em primeira instância a aceitação dos "chips" utilizando-se escala hedônica estruturada de 7 pontos (Anexo 1 A), registrando o quanto gostaram ou desgostaram de cada tipo de "chips" preparado. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados onde todos os provadores avaliaram todas as amostras subdivididas em duas seções para se evitar fadiga.

A avaliação das amostras foi conduzida em cabines individuais, iluminadas com luz vermelha. As amostras foram servidas em prato de fundo preto codificados com números de três dígitos. Pediu-se para degustar as amostras, anotando o quanto gostou ou desgostou nas respectivas fichas.

Em seguida todos os provadores foram convidados a avaliar somente a aparência dos "chips" de mandioca, de forma independente das características de aroma, sabor e fraturabilidade. Os provadores avaliaram a aparência das amostras dispostas em pratos de fundo branco codificados com números de três dígitos, iluminados por luz natural do dia utilizando escala hedônica de 7 pontos (Anexo 1 B).

3.5. MÉTODOS ESTATÍSTICOS

3.5.1. Análise estatística da fraturabilidade dos "chips"

Considerando o delineamento experimental empregado ter sido completamente casualizado e arranjos fatorialmente, o modelo matemático completo que explica a fraturabilidade dos "chips" de mandioca ($Frt._{ijk}$) foi composto, supostamente, pela adição dos seguintes efeitos:

$$Frt._{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (\text{equação 1})$$

onde:

μ = efeito geral ou média geral;

α_i = efeito devido ao i-ésimo tratamento;

β_j = efeito devido ao j-ésima variedade;

$\alpha\beta_{ij}$ = efeito devido a interação do i-ésimo tratamento com a j-ésima variedade;

$i = 1, \dots, a$

$j = 1, \dots, b$

$k = 1, \dots, n$; e ϵ_{ijk} = efeito da interação da k-ésima unidade experimental do ij-ésimo tratamento assumido-se NID $(0, \sigma^2)$.

A análise de variância de dois fatores com interação, não implica que a interação realmente ocorra, mas que seu efeito é considerado no cálculo. A interação, neste caso, ocorre entre os fatores tratamento e variedade, que são variáveis independentes.

A representação gráfica é a maneira mais simples de apresentar os resultados de um experimento fatorial, quando a interação é presente. Na Figura 5a é mostrado os resultados de não interação, neste caso, as linhas de resposta são paralelas. A presença de interação, indicada por linhas não paralelas (Figura 5b e 5c), evidencia a natureza do não paralelismo como uma maneira útil para se entender esta interação.

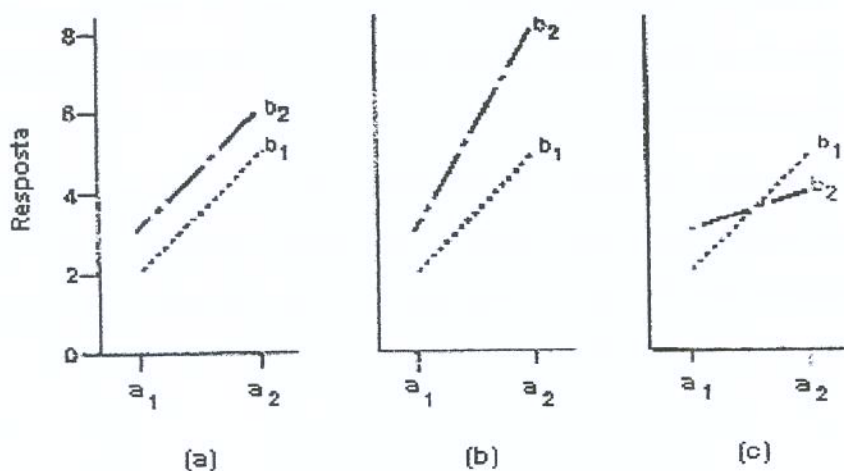


Figura 5: Figuras representando efeitos de não interação (a) e interação (b e c) para fatorial 2 x 2.

Fonte: Bender, Douglas & Kramer (1982)

Foi utilizado o programa estatístico “Statistical Analysis Systems” (SAS Systems, 1992) para ambiente Windows 95, para o cálculo do nível de significância e o teste de Tukey que comparou a média dos tratamentos.

Nos Anexos 2A e 2B são apresentados exemplos de programação do SAS, que foram utilizados neste trabalho.

3.5.2. Análise estatística para avaliação sensorial

Os resultados dos testes de aceitação dos "chips" de mandioca sem tratamento (controle) e cinco pré-tratamentos para cada variedade foram analisados individualmente através de: *i)* análise de variância (ANOVA) com fontes de variação: modelo e pré-tratamentos; *ii)* teste de média (Tukey) e *iii)* histograma de frequência (grau de aceitação x porcentagem de provadores).

Por ser um teste realizado em nível laboratorial, com pequeno número de provadores relacionados apenas pelos critérios de consumo, disponibilidade e interesse em participar dos testes, as significâncias obtidas nos testes de aceitação se limitam às equipes de provadores que participaram do teste.

3.5.3. Correlação linear

Para se verificar possíveis correlações lineares entre a aceitação sensorial e a crocância dos "chips", foi utilizado a metodologia de regressão linear, onde a medida sensorial é considerada a variável dependente e a medida instrumental como variedade independente, também denominada correlação linear de Pearson. O coeficiente de determinação R , reflete a porcentagem de explicação que uma variável consegue a partir do outro, observando os limites:

$R \geq 0,8 \rightarrow$ forte correlação linear;

$R \leq 0,6 \rightarrow$ baixa correlação linear entre as variáveis,

onde $R = r^2$, dentro de um nível de significância geralmente de 95% de confiança.

4. RESULTADOS & DISCUSSÃO

4.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E FIBRAS NA MANDIOCA “IN NATURA”.

Os resultados da composição centesimal nas raízes de mandioca “in natura” são mostrados na Tabela 2, para as variedades IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 13 e IAC 14, estudadas neste trabalho.

Algumas determinações como: proteína, acidez, amido, açúcares totais e redutores foram realizadas na matéria-prima previamente seca (ver item 3.2.1.1. de Material & Métodos), tendo sido verificado os seguintes níveis de umidade; obtidos de uma determinação:

- 1) IAC Mantiqueira : 6,7 % umidade
- 2) IAC 576.70: 7,6 % umidade
- 3) IAC 13: 5,9 % umidade
- 4) IAC 14: 6,8 % umidade

As raízes de mandioca são constituídas basicamente por água (em torno de 58%), e amido (aproximadamente 75% da matéria seca), não se observando grandes diferenças entre as variedades mansas: IAC Mantiqueira de polpa branca e IAC 576.70 de polpa amarela, e as variedades indicadas ao uso industrial: IAC 14 e IAC 13 ambas de polpa branca.

A concentração de amido determinada em variedades de mandioca oriundas de outros países como a Índia (Abraham *et al.*, 1979), Nigéria (Olorunda *et al.*, 1981) e Costa do Marfim (Firmin, 1989; Firmin, 1992), em torno de 75 a 80% em base seca, foram equivalentes às encontradas nas variedades brasileiras aqui estudadas. Entretanto, se esta determinação basear-se no peso fresco e úmido da mandioca, o nível de extração de amido cai para 25-30% (Paschoalino *et al.*, 1980; Safo-Kantanka & Owusu-Nipah, 1992).

O teor de matéria seca determinado nas quatro variedades, entre 40-42%, pode ser considerado alto, visto que em geral, a faixa de variação é de 20 a 40% aproximadamente (Cooke & Coursey, 1981).

Tabela 2: Composição centesimal e teores de fibras na mandioca “in natura”, variedade IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13.

Determinações	VARIEDADES IAC			
	Mantiqueira	576.70	14	13
Umidade (g/100g)	58,15(0,72)***	57,6(1,09)***	59,2(0,33)***	57,3(0,07)***
Amido (g/100g) b.s.	74,8(0,1)*	77,6(0,2)*	78,1(0,4)*	76,2(0,1)*
Proteína (N×6,25) % b.s.	2,7(0,1)*	3,2(0,0)*	3,2(0,0)*	4,3(0,1)*
Açúcares totais (g/100g) b.s.	2,9(0,3)*	4,8(0,3)*	0,8(0,0)*	1,7(0,2)*
Açúcares redutores (g/100g) b.s.	0,8(0,0)*	0,5(0,1)*	0,3(0,0)*	0,3(0,0)*
Acidez (ml NaOH 1N/100g) b.s.	4,2(0,0)*	4,0(0,1)*	3,9(0,1)*	4,7(0,1)*
Amilose (g/100g) b.s.	17,64**	17,23**	17,85**	16,57**
Lipídeos (g/100g) b.s.	0,87(0,57)*	0,91(0,02)*	0,80(0,01)*	0,90(0,01)*
Cinzas (g/100g) b.s.	n.d	n.d	1,83**	1,84**
Matéria seca (g/100g) b.s.	44,86(0,72)***	45,78(1,09)***	43,78(0,33)***	45,27(0,07)***
ADF (celulose e lignina) % b.s.	2,87(0,01)*	2,66(0,02)*	2,61(0,07)*	2,70(0,04)*
Celulose (% b.s.)	2,10(0,01)*	2,04**	2,09(0,11)*	1,88(0,06)*
Lignina (% b.s.)	0,76(0,03)*	1,13(0,07)*	0,57(0,01)*	0,91(0,02)*

* Média (erro padrão) de duas repetições analíticas, onde:

$$e.p. = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad s^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1} \quad e \quad n = n.^{\circ} \text{ de repetições}$$

** Dados de uma determinação

*** Média (erro padrão) de quatro repetições analíticas

n.d. → não determinado.

Com base nos teores de amido (75% b.s.) e de matéria-seca (acima de 40% b.s.), considerou-se que as quatro variedades utilizadas, apresentaram características farináceas, visto ter sido verificado forte correlação positiva entre o alto teor de matéria-seca e de amido com a textura farinácea em mandioca fresca por Safo-Kantanka & Owusu-Nipah (1992).

Farinácea, segundo Smith (citado por Safo-Kantanka & Owusu-Nipah, 1992), é uma característica de textura e refere-se ao sentir na boca o tubérculo cozido, no caso a batata, como uma massa plástica, não pegajosa e não encaroçada, que desintegra-se espontaneamente durante o cozimento e despedaça-se pela ação de um garfo.

No entanto, as raízes de mandioca podem apresentar qualidade culinária instável e variável, principalmente no que se refere às características farináceas, segundo Lorenzi (1994). De acordo com o pesquisador, as causas desta variação podem estar relacionadas a fatores intrínsecos, ou seja, variações dentro e entre raízes da mesma planta e entre plantas da mesma variedade; ou a fatores extrínsecos como genótipo, ambiental e estado fisiológico das plantas. Howard (citado por Safo-Kantanka & Owusu-Nipah (1992) concorda que a textura farinácea da batata cozida depende de fatores ambientais, porém, o genótipo da planta é considerado o fator mais importante na determinação desta característica de textura.

As variedades IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 13 e IAC 14, apresentaram níveis de amilose equivalentes, em torno de 17% b.s. Este valor encontra-se dentro da faixa de variação de 16 a 18% descrita em mandioca, conforme Zuber (citado por Balagopalan *et al.*, 1988a). Johnson & Raymond (1965), relatam que o amido de mandioca contém cerca de 20% de amilose e 70% de amilopectina. A porcentagem de amilose, também pode ser usada como um indicador de qualidade das raízes quanto as suas características farináceas. Em produtos processados como por exemplo o gari, semelhante a nossa farinha d'água, a característica farinácea não gomosa do gari, correlacionou subjetivamente com alto teor de amilose (19 a 23% b.s.) e pico de viscosidade no amilógrafo de Brabender (780 a 785 B.U.) em trabalho de Olorunda, *et al.* (1981).

O teor de água elevado (aproximadamente 58%), não permite longos períodos de armazenamento, em condições de temperatura e umidade elevadas, devido às deteriorações de ordem fisiológica e microbiológica que rapidamente se instalam após a colheita das raízes (Montaldo, 1973).

A deterioração fisiológica ou primária das raízes, que se instala após 1 a 7 dias da colheita (Montaldo, 1973), caracteriza-se pela coloração azulada das linhas vasculares, que inicialmente localizam ao redor do parênquima em forma de anel e mais tarde se dispersam por todo parênquima de armazenamento (Padmaja, *et al.* 1982). Após o 7º dia, pode haver ataque de microrganismos patogênicos, principalmente fungos e bactérias que ocasionam podridão das raízes, ocorrendo então a deterioração microbiana ou secundária (Coelho, 1992).

Concomitantemente às deteriorações que em geral acontecem nas raízes após a colheita, podem ocorrer mudanças nos carboidratos brutos como rápido acúmulo de açúcares totais, em particular a sacarose, acompanhado pelo declínio no teor de amido (Booth *et al.*, 1976). Mudanças na qualidade e nos níveis de amido e de umidade, em parte, podem promover amolecimento das raízes. Entretanto, a despeito das raízes apresentarem-se amolecidas, elas necessitaram de períodos de cozimento mais longos e, em geral, as raízes cozidas apresentam-se mais duras e fibrosas com áreas semitranslúcidas e semicristalinas, que causam declínio na sua aceitabilidade (Booth *et al.*, 1976).

A farinha panificável de mandioca obtida das raízes armazenadas por períodos superiores a 24 h., em geral, apresentam qualidade inferior, avaliadas pela redução do pico de viscosidade, menor capacidade de absorção de água, volume reduzido do pão produzido com a farinha e baixa aceitabilidade (Ihedioha *et al.*, 1996).

Foi verificado que os teores de açúcares totais e redutores, variaram muito entre as variedades estudadas. A variedade IAC 576.70 apresentou a maior concentração de açúcares totais (4,8 g/100 g b. s.), com reduções de aproximadamente duas vezes no teor de açúcares totais para a variedade IAC Mantiqueira, três vezes para variedade IAC 13, e seis vezes para variedade IAC 14.

O teor elevado de açúcares totais da variedade IAC 576.70 pode ser comparado a uma variedade também de polpa amarela, IAC 515.67, estudado por Paschoalino *et al.* (1980), porém abaixo de 5,6 g/100 g peso fresco determinado em cenouras por Slinde *et al.* (1993).

A variedade IAC Mantiqueira, apresentou níveis de açúcares totais 26% inferior ao determinado na mesma variedade por Paschoalino *et al.* (1980), usando metodologia analítica idêntica.

Embora a importância de se controlar o teor de açúcares totais em vegetais ricos em amido seja conhecida (Mazza *et al.* citado por Slinde *et al.*, 1993), são os açúcares redutores juntamente com aminoácidos, peptídeos e proteínas, os responsáveis pelo escurecimento não enzimático em chips de batata, dando produtos de coloração inaceitável (Jankowski, Parking & Von-Elbe, 1997).

Rodriquez-Saona, Wrostad & Pereira (1997) confirmaram que o principal elemento no desenvolvimento da cor em batatas fritas foi o açúcar redutor, e que outros componentes como aminoácido (glutamina), ácido ascorbico e sacarose, mesmo em baixas concentrações, podem afetar a coloração das batatas fritas.

Similarmente, Slinde *et al.* (1993) observaram em chips de cenoura, o aparecimento de manchas na superfície dos "chips", decorrente da distribuição heterogênea dos açúcares, porém eles afirmaram que somente os açúcares redutores, e nenhum outro componente nitrogenado ou aminoácido foram considerados controladores da reação de Maillard durante a fritura de fatias de cenoura em óleo quente. O elevado teor de açúcares redutores, foi considerado um fator limitante na fabricação de "chips" de cenouras fritos em óleo quente.

Os níveis de açúcares redutores determinados nas variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70 foram, respectivamente, 2,7 vezes e 1,7 vezes mais elevados que 0,3% b.s. (ou 0,19 % b.u. considerando a umidade inicial da mandioca), verificado nas variedades industriais IAC 13 e IAC 14. Estes níveis apresentaram-se dentro das faixas aceitáveis de

açúcares redutores (0,1 a 0,25% peso úmido) proposto por Kadan (citado por Slinde *et al.*, 1993) para se obter chips de batata, fritos em óleo com coloração adequada. De acordo com Porter *et al.* (1973), somente quando os níveis de açúcares redutores ultrapassam 0,9% é que se poderá produzir chips de batata com coloração escura.

Os níveis baixos de açúcares totais e redutores determinados nas variedades IAC 13 e IAC 14, corroboram suas indicações ao uso industrial. Estas variedades podem apresentar sabor amargo e não adocicado, ao contrário do que ocorre nas variedades mansas ou de mesa que apresentam elevados níveis de açúcares totais e redutores. Pupo *et al.*, (1969/1970) observaram que o sabor doce ou amargo pode ser percebido sensorialmente nas mandiocas cruas ou cozidas.

O teor de proteína variou de 2,7% (b.s.) para a variedade IAC Mantiqueira até 4,3% (b.s.) para variedade IAC 13, entretanto, este último valor não foi alto o suficiente para ser nutricionalmente significante (Franco, 1998). Formas de se melhorar a quantidade e a qualidade da proteína têm sido estudadas (Sales, 1972; Nobre, Tavares & Orlando, 1973; Daubresse *et al.*, 1987).

O teor de gordura ou lipídeos na mandioca, em torno de 0,8% (b.s.), aproxima-se da faixa de variação de 0,2 a 0,7% relatado por Machado (1980), Menezes (1981) e Franco (1998). Hudson & Ogunsua (1974) relataram um teor de 2,5% de lipídeos em farinha de mandioca, entretanto, segundo os autores, somente 50% são extraídos com solventes convencionais. Os lipídeos extraídos são principalmente de natureza polar, sendo o galactosídeo diglicerídeo o principal componente. Os ácidos graxos presentes na mandioca são relativamente saturados comparados com a estrutura lipídica da batata (Hudson & Ogunsua, 1974)

A mandioca pode ser considerada excelente fonte de fibras dietéticas: celulose e lignina, não havendo grandes variações entre as variedades mansas IAC Mantiqueira e IAC 576.70 e as de uso industrial IAC 14 e IAC 13.

A fração de fibras: celulose e lignina, quantificada nas quatro variedades pelo método de detergente ácido, em torno de 2,75% (b.s.) compara-se ao determinado em mandioca por Rivera *et al.* (1993). Desta, a celulose pode ser considerada o componente

principal, correspondendo a aproximadamente 90-98% do total de ADF e a lignina o componente de menor concentração.

Mendez *et al.* (1990), classificaram os componentes da fração “fibra da dieta” ou simplesmente fibra dietética, segundo sua solubilidade em água, em fibra solúvel e fibra insolúvel onde estão incluídas a celulose, hemicelulose e lignina. Trowell *et al.* (citado por Thed & Phillips, 1995) definem as fibras dietéticas como sendo constituídas por uma associação de polímeros de alto peso molecular, que são macromoléculas, compreendendo dois grupos químicos: aqueles com estrutura de polissacarídeos vegetais, a celulose, a hemicelulose e pectinas, e outro grupo sem a referida estrutura como a lignina, gomas e mucilagens, resistentes a hidrólise enzimática no trato digestivo dos humanos.

As evidências dos benefícios trazidos pelo consumo de alimentos ricos em fibras são bastante conhecidos (Cummings & Bigham, citado por Rivera *et al.*, 1993; Ebeling *et al.*, citado por Rivera *et al.*, 1993). Em particular, Boch & Camejo (citado por Rivera *et al.*, 1993) constataram que o nível de colesterol das populações indígenas nativas de áreas rurais da Venezuela eram inferiores aos da área urbana, e uma das razões poderia ser o consumo de mandioca com elevado teor de fibra dietética.

4.2. LIPÍDEOS EM "CHIPS" DE MANDIOCA

Nos "chips" de mandioca das variedades IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC13 e IAC 14 foi determinado o teor de lipídeos, conforme mostrado na Tabela 3.

A absorção de óleo é notadamente superior nos "chips" cozidos durante 8 minutos para todas as variedades de mandioca testadas. A provável causa desta diferença baseia-se na ausência da etapa de secagem conduzida após o cozimento das fatias de mandioca.

A secagem parcial, de acordo com Adambounon & Castaigne (1981), além de proporcionar melhoria na textura das batatas fritas, promove redução no teor de óleo absorvido durante a fritura. Ademais, os níveis de óleo determinado nos "chips" de mandioca submetidos aos outros tratamento, não diferiram significativamente entre si.

Tabela 3. Teor de Lipídeos (em g/100g amostra) em "chips" de mandioca.

Pré-tratamentos nos "chips"	VARIEDADES IAC			
	Mantiqueira	576.70	13	14
Controle (sem tratamento)	26,0(0,28)* A	23,15(0,23)* A	22,3(0,01)*	19,56(0,26)*
Cozimento (1 min.) + Secagem parcial	28,12(0,08)* A	18,36(0,62)* A	n.d.	n.d.
Cozimento (3 min.) + Secagem parcial	29,88(0,32)* A	18,54(0,32)* A	n.d.	n.d.
Cozimento (5 min.) + Secagem parcial	25,19(0,32)* A	23,71(0,31)* A	n.d.	n.d.
Cozimento (8 min.)	34,90(0,12)* B	44,36(0,21)* B	27,50(0,15)*	31,91(0,23)*
Fermentação 8 h.	26,13 (0,47)* A	20,30(0,07)* A	24,69(0,14)*	19,87(0,82)*
Fermentação 24 h.	27,58(0,51)* A	23,49(0,03)* A	22,49(0,02)*	20,14(0,22)*

* média (erro padrão) de duas repetições analíticas.

n.d. → não determinado.

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

Os "chips" cozidos durante 1 e 3 minutos da variedade IAC 576.70, apresentaram os valores numéricos de absorção de óleo mais baixos, porém não significativos, em relação a todos pré-tratamentos, inclusive do controle, conforme pode ser visto na Tabela 3. Assim, foi verificado que tanto a fermentação (8h. e 24h.) como o cozimento por curtos períodos (1min., 3min. e 5 min.) desde que combinado com a secagem parcial, não promoveram aumentos significativos na absorção de óleo quando comparados com as amostras não tratadas.

4.3. EFEITO DOS PRÉ-TRATAMENTOS NAS CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA DOS “CHIPS” DE MANDIOCA

Neste item são apresentados e discutidos os efeitos do cozimento, da fermentação branda isoladamente ou a combinação de ambos, na fraturabilidade dos “chips” das quatro variedades de mandioca: IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13.

As variáveis estudadas foram: formato das fatias (redonda ou retangular), efeito da fermentação, efeito do cozimento, tipo de cozimento (água em ebulição ou vapor) e efeito da secagem parcial.

A fraturabilidade de duas marcas diferentes de batatas fritas em fatias (marcas A e B) e um extrusado de milho (marca C) foi determinada para servir de referência e para indicar o grau de fraturabilidade dos “chips” de mandioca deverá atingir para ser considerado comestível.

Os resultados destas determinações são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 : Fraturabilidade⁽¹⁾ (em g) de salgadinhos tipo “snacks” encontrado no mercado

Produto comercial	Tipo	Marca	Fraturabilidade (g)
Batata frita	Ondulada	A	353,42±32,59
Batata frita	Lisa	B	572,33±84,12
Extrusado de milho	Lisa	C	513,05±45,98

⁽¹⁾ Média de 6 determinações ± erro padrão; onde

$$e.p. = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad s^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1} \quad e \quad n = n.^{\circ} \text{ de repetições}$$

4.3.1. Fatiamento das raízes de mandioca

O efeito do cozimento em água em ebulição (t=8 min. e 10 min.; T=98° C) e da fermentação das fatias submersas em água de torneira (t=8 h. e 24 h.; T= 30° C) são

mostrados na Tabela 5 para “chips” de fatias redondas e na Tabela 6 para “chips” de fatias retangulares.

A análise de variância dos resultados deste ensaio são mostrados nos Anexos 3A e 3B para formato redondo e nos Anexos 4A, 4B, 4C, 4D e 4E para formato retangular da fatias. A evolução da fermentação pode ser avaliada pelo razoável turvamento da água, com liberação de gases (presença de bolhas na superfície) e odor característico de fermentação. Aparentemente, as fatias não apresentaram qualquer sinal de amolecimento.

4.3.1.1. Fatias redondas

Os "chips" de formato redondo, apresentaram resultados promissores quando submetidos a pré-tratamentos como o cozimento e a fermentação natural, para todas as variedades de mandioca testadas. Foi verificado que os valores de fraturabilidade dos "chips" de formato redondo pré-tratados, foram significativamente inferiores aos não tratados (controle), conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5: Efeito do cozimento e da fermentação na fraturabilidade ⁽¹⁾ (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedades IAC 576.70, IAC Mantiqueira, IAC 14 e IAC 13.

Pré-tratamentos	Variedades IAC				Média variedades
	Mantiqueira	576.70	14	13	
Controle (sem tratamento)	1006,5±206,2	1109,3±156,4	1173,2±96,6	856,9±46,4	1036,47(A)
Cozimento (8 minutos)	706,8±44,9	542,5±31,3	700,8±38,8	680,6±67,4	657,67(B)
Cozimento (10 minutos)	389,9±39,2	458,3±33,0	564,3±47,3	642,7±67,4	513,80(B)
Fermentação (8 horas)	615,2±25,5	774,3±52,3	634,1±52,0	507,1±42,3	632,67(B)
Fermentação (24 horas)	642,9±27,4	518,3±34,3	656,7±49,5	763,1±44,9	645,25(B)

⁽¹⁾ média de 6 determinações ± erro padrão; onde erro padrão = $s/\sqrt{n}$; $s^2 = \sqrt{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} / n - 1$; $n \rightarrow n$.º de amostras.

⁽²⁾ oito e dez minutos de cozimento em água em ebulição das fatias frescas seguido da fritura.

⁽³⁾ oito e vinte e quatro horas de fermentação das fatias de mandioca imersas em água a 30°C em câmara com controle de temperatura, drenadas e fritas em gordura vegetal a 170°C

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

A efetividade do efeito dos tratamentos ($p \leq 0,0001$) e o consequente efeito interativo com as variedades ($p \leq 0,018$) na fraturabilidade dos "chips" são confirmados pelos elevados níveis de significância obtidos na análise de variância (Anexo 3A). Esta interação pode ser melhor compreendida observando-se o gráfico mostrado na Figura 6, construído a partir da Tabela 5.

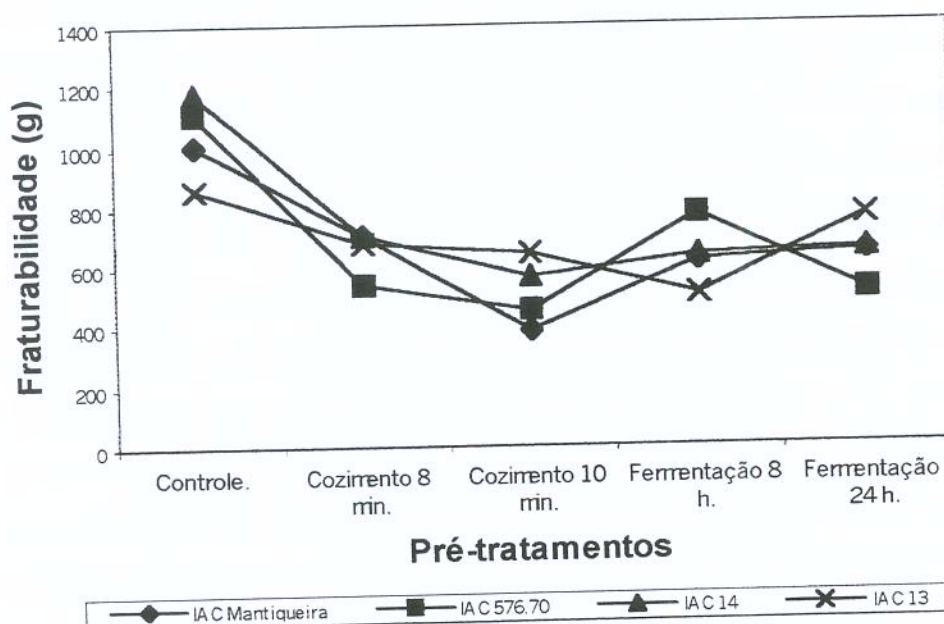


Figura 6: Efeito da interação entre pré-tratamentos (fermentação ou cozimento) e as variedades de mandioca (*IAC Mantiqueira*, *IAC 576.70*, *IAC 14* e *IAC 13*), na fraturabilidade dos "chips" fatias redondas.

As curvas obtidas apresentaram-se não paralelas com diversos pontos de intersecção, característico do efeito de interação significativa. A interação significativa implica em dizer que a resposta dada pela fraturabilidade dos "chips" em formato redondo, varia de acordo com a variedade e o tipo de pré-tratamento que foi empregado.

As variedades, porém, apresentaram comportamentos extremamente semelhantes entre si, sendo consideradas estatisticamente iguais (Anexo 3A). Podendo afirmar que os tratamentos foram igualmente eficientes, para quaisquer uma das variedades testadas. Assim, foi conduzido uma outra ANOVA, para um novo modelo matemático, composto

apenas do tratamento como efeito principal. Os efeitos variedade e interação tratamento*variedade foram incluídos ao erro, e um novo teste F, foi calculado (Anexo 3B). Este novo teste F confirmou a influência dos tratamentos ($p \leq 0,0001$) na modificação da fraturabilidade dos "chips" de fatias redondas, conforme previsto anteriormente.

O teste de comparação múltipla (teste de Tukey), considerou a média das quatro variedades para comparação do desempenho dos pré-tratamentos, dado o efeito não significativo das variedades. Pode-se observar na Tabela 5, que tanto o cozimento durante 8 min. e 10 min., como a fermentação por 8h. e 24h. promoveram reduções significativas ($p \leq 0,05$) na fraturabilidade dos "chips" de fatias redondas comparadas ao controle, conforme constado inicialmente por gráficos (Figura 6). Entre os pré-tratamentos não foi verificado quaisquer diferenças.

Analisando-se a fraturabilidade dos "chips" como resultado apenas da ação dos pré-tratamentos e independentemente da variedade, podemos observar na Tabela 6, que 10 min. de cozimento foi o tratamento mais efetivo na modificação da crocância dos "chips", apresentando menor valor de fraturabilidade (389,9 g) com erro padrão de 39,2 g, e que a fermentação durante 8 h. promoveu "chips" de fraturabilidade ligeiramente mais elevada (507,1 g) com erro padrão de 42,3 g e portanto "chips" mais crocante em relação aos não tratados. Estes valores de fraturabilidade podem ser comparáveis ao da batata frita (marca A) e do extrusado de milho (marca C) mostrados na Tabela 4.

Entretanto, somente pelo baixo valor de fraturabilidade, os "chips" fermentados não podem ser considerados comestíveis. A provável crocância destes "chips" pode estar relacionada, em primeira instância, com a remoção dos sólidos solúveis da superfície das fatias, visto que as mesmas tornaram-se mais finas e de aspecto translúcido, após o período de fermentação. Comportamento semelhante foi observado por Grizotto & Menezes (1997) em palmito fibroso tratado com preparados enzimáticos ricos em celulase, hemicelulase e pectinase. Os pesquisadores observaram que a água de maceração tornou-se turva, em decorrência da solubilização dos componentes macios, permanecendo as fibras não acessíveis à hidrólise enzimática, consequentemente com textura (em libra-força/g) mais dura.

4.3.1.2. Fatias retangulares

Conforme mostrado no Anexo 4A, o modelo matemático proposto para observação da fraturabilidade dos "chips" foi ajustado, apresentando níveis descritivos do teste inferior a 0,01%.

As variedades estudadas IAC 576.70 e IAC Mantiqueira, apresentaram resultados promissores sob a ação dos pré-tratamentos a que foram submetidas, apresentando "chips" de formato retangular com baixos valores de fraturabilidade, comparados ao controle. Exceção feita a fermentação por 8h. da variedade IAC Mantiqueira, cuja fraturabilidade obtida foi equivalente ao do "chips" não tratado (Tabela 6).

Tabela 6: Efeito do cozimento e da fermentação na fraturabilidade⁽¹⁾ (em g) de "chips" de mandioca, fatias retangulares, variedade IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13.

Pré-tratamentos	Variedades IAC			
	Mantiqueira	576.70	14	13
Controle (sem tratamento)	1063,3±145,5(A)	1684,7±216,9(A)	1351,5±128,5(A)	1017,2±87,4 (ABCD)
Cozimento ⁽²⁾ (8 minutos)	964,8±55,5(B)	877,4±54,1(B)	861,6±72,5(A)	1258,9±104,8(A)
Cozimento ⁽²⁾ (10 minutos)	717,5±111,7(B)	891,1±108,0(B)	1232,9±277,7(A)	898,3±57,2(B)
Fermentação ⁽³⁾ (8 horas)	1403,7±93,9(A)	943,4±34,9(B)	1013,3±65,0(A)	893,0±57,5(BC)
Fermentação ⁽³⁾ (24 horas)	767,4±60,8(B)	894,6±109,0(B)	1461,5±220,7(A)	755,7±41,7(BD)

⁽¹⁾ média de 6 determinações ± erro padrão; onde erro padrão= $s/\sqrt{n}$; $s^2 = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n / n-1$; $n \rightarrow n$.º de amostras.

⁽²⁾ oito e dez minutos de cozimento em água em ebulição das fatias frescas seguido da fritura.

⁽³⁾ oito e vinte e quatro horas de fermentação das fatias de mandioca imersas em água a 30°C em câmara com controle de temperatura, drenadas e fritas em gordura vegetal a 170°C

A variedade IAC 14 parece não ter sido alterada pelo cozimento e fermentação natural, visto que os "chips" retangulares pré-tratados, apresentaram-se tão duros como o controle (Tabela 6). Comportamento semelhante foi observado para a variedade IAC 13,

entretanto, diferenças na fraturabilidade foram percebidas entre os "chips" cozidos e fermentados. Surpreendentemente, os "chips" desta variedade cozidos por 8 minutos apresentaram-se muito duros (1.259 g) e significativamente superiores ao cozido por 10 minutos (898 g) e os fermentados por 8 h. (893 g) e 24 h. (755,7 g), conforme pode ser visto na Tabela 6.

Este comportamento diferenciado, de cada variedade em relação aos pré-tratamentos, é confirmado pelos níveis significativos do efeito variedade ($p \leq 0,0238$) e interação variedade*tratamento, mostrados no Anexo 4A.

A interpretação do efeito interativo, pode ser melhor elucidado através da observação das curvas não paralelas e com vários pontos de interseção, mostrado na Figura 7, construída a partir da Tabela 6.

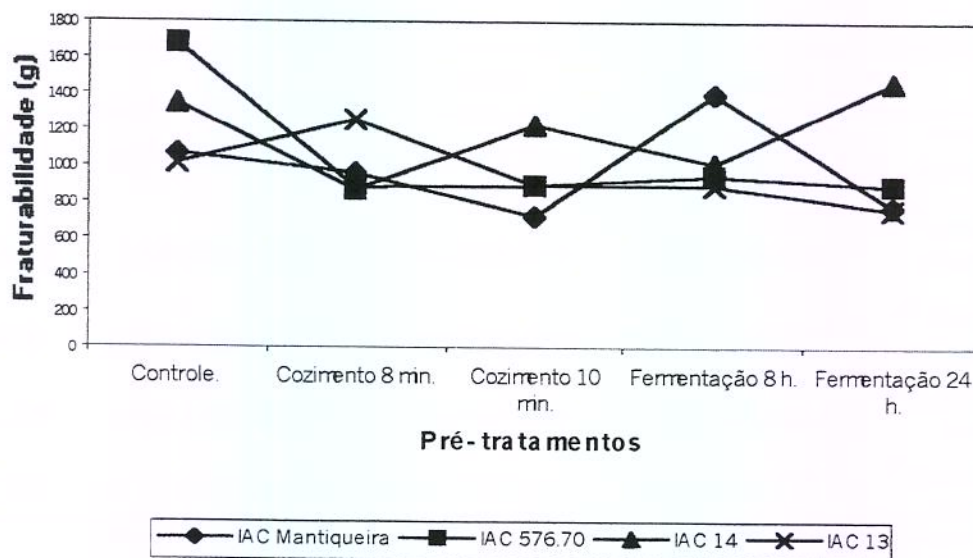


Figura 7: Efeito da interação entre pré-tratamentos (fermentação ou cozimento) e as variedades de mandioca (*IAC Mantiqueira*, *IAC 576.70*, *IAC 14* e *IAC 13*) na fraturabilidade dos "chips" fatias retangulares.

Pode-se observar o efeito nas características de textura dos "chips" quando se muda de um pré-tratamento para outro, depende da variedade em estudo, ou seja, cada variedade apresenta comportamento peculiar em relação aos tratamentos quando os "chips" são cortados em fatias retangulares.

Desta feita, tornou-se necessário um estudo individualizado para cada variedade: IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 13 e IAC 14 , com base no novo modelo preditivo da fraturabilidade, composto pela somatória das médias (μ) e do efeito tratamento (α).

Ambos, modelo preditivo da fraturabilidade e efeitos dos tratamentos foram significativos para as variedades IAC Mantiqueira (Anexo 4B), IAC 576.70 (Anexo 4C) e IAC 13 (Anexo 4E).

Para a variedade IAC 14 , a análise de variância mostrou que o novo modelo de fraturabilidade não foi ajustado e o efeito de tratamento não significativo (Anexo 4D). Isto confirma que o cozimento em água em ebulição por 8 min. e 10 min. e a fermentação por 8 h. e 24 h., não foram capazes de modificar a fraturabilidade dos "chips". As médias das amostras submetidas ao cozimento (8 min. e 10 min.) e a fermentação (8 h. e 24 h.) foram significativamente iguais a da amostra não tratada.

O formato das fatias parece ser um importante fator que afeta as características de textura dos "chips", além dos tratamentos propriamente dito. Assim, quando se testou o formato retangular dos "chips" de mandioca, em particular para a variedade IAC 576.70, considerada a mais consistente, foi observado para os formatos, redondo (Tabela 5) e retangular (Tabela 6), redução significativa nos valores de fraturabilidade. Entretanto, os "chips" de formato redondo pré-tratados, apresentaram-se 36% mais crocantes que os equivalentes de formato retangular. Ademais, durante a condução deste experimento, foi observado que as fatias retangulares quebraram-se com maior frequência que as fatias redondas. As fatias retangulares utilizadas na determinação da fraturabilidade, foram as que mantiveram seus formatos, provavelmente oriundas da região central do cilindro da raiz da mandioca, próxima ao feixe do xilema , também chamada de pavio da mandioca por Lima (1982).

Sabe-se que nesta região da mandioca, a distribuição de amido e de açúcares no sentido radial das raízes de mandioca podem variar tanto quanto no sentido longitudinal das mesmas (Balagopalan *et al.*, 1988b), o que reflete diretamente na qualidade culinária da mandioca (Lorenzi, 1994). As variedades IAC 13 e IAC 14 são indicadas ao uso industrial, e nem sempre apresentam características farináceas e distribuição uniforme de açúcares e amido nas diferentes regiões da raiz de mandioca, a exemplo do que ocorre nas variedades de mesa.

Estes fatos talvez expliquem a falta de efetividade dos pré-tratamentos nas características de textura dos "chips" de fatias retangulares das variedades IAC 13 e IAC 14.

O formato retangular das fatias de mandioca, apesar de bastante atrativo, parece não ser recomendado à fabricação de "chips" de mandioca. A elevada frequência de quebra das fatias retangulares, provavelmente àquelas oriundas da região próxima às cascas, pode estar relacionada com a variação no tempo de cozimento dentro e entre as raízes de mandioca, segundo Lorenzi (1994) e a distribuição mais equilibrada de açúcares e amido na mesma região, conseqüentemente apresentando textura farinácea, de acordo com o relatório da FAO (citado por Balagopalan *et al.*, 1988a).

A importância de se manter a integridade das fatias de mandioca sugere que o formato redondo das fatias, é o mais indicado à fabricação dos "chips" de mandioca quando se emprega pré-tratamentos de cozimento ou de fermentação.

4.3.2. Efeito da fermentação

Em testes preliminares, os "chips" de mandioca de ambos formatos, redondos ou retangulares, quando submetidos a curtos períodos de fermentação (8h.) e de cozimento (8 min.), tiveram suas características visuais (aparência) e de mastigação, avaliados por provadores que descreveram suas características e compararam as amostras não tratadas, conforme pode ser visto na Tabela 7.

O resultado do efeito dos pré-tratamentos nos "chips" de formato retangular pode ser visualizado nas Figuras 8, 9, 10 e 11 para as variedades IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13, respectivamente.

Em todas as variedades, foi verificado que os "chips" fermentados por 8 horas, apresentaram coloração amarelo claro e uniforme, semelhante a coloração dos "chips" cozidos por imersão em água em ebulição por 8 min., ao passo que os do controle, apresentaram-se com coloração amarelo escuro nas bordas e amarelo claro no centro dos "chips". Entretanto, as características de textura (crocância) destes últimos deixaram a desejar, visto que apresentaram-se ásperos e duros durante a mastigação.

O formato das fatias (redondo ou retangular) parece não ter influenciado a aceitação dos "chips". Os provadores consideraram os "chips" cozidos por imersão em água em ebulição por 8 min., como sendo "crocante ótimo para ambos formatos de chips", tanto para as variedades de mesa: IAC Mantiqueira e IAC 576.70, como para as variedades industriais: IAC 13 e IAC 14. Concomitantemente, os "chips" fermentados por 8 h. foram considerados "crocante duros para ambos formatos de chips" para todas variedades estudadas. Foi observado ligeiro sabor amargo nos "chips" sem tratamento da variedade IAC 13, cujo nível de ácido cianídrico foi relatado como sendo baixo pelo Instituto Agrônômico (1996).

Com base nos resultados prévios, estudou-se o efeito de diferentes períodos de fermentação das raízes inteiras e em combinação com o cozimento nas características de textura dos "chips" de mandioca.

Tabela 7 : Comentários sobre o aspecto visual (Aparência) e da Mastigação dos "chips" de mandioca fatias redondas e retangulares das variedades IAC Mantiqueira (a), IAC 576.70 (b), IAC 14 (c) e IAC 13 (d).

(a) IAC Mantiqueira

Pré-tratamento	Aparência	Mastigação
Controle (sem tratamento)	Cor amarelo escuro nas bordas e amarelo claro no centro dos "chips" de fatias redondas e retangulares.	Crocante duro para ambos formatos de "chips".
Cozimento ⁽¹⁾ (8 minutos)	Cor amarelo claro. Aspecto crocante.	Crocante ótimo para ambos formatos de "chips".
Fermentação ⁽²⁾ (8 horas)	Cor amarelo bem claro. Aspecto vítreo, parece macarrão cru.	Crocante duro para ambos formatos de "chips".

(b) IAC 576.70

Pré-tratamento	Aparência	Mastigação
Controle (sem tratamento)	Cor amarelo dourado. Superfície empipocada com aspecto crocante.	Crocante ótimo para "chips" de fatias redondas e retangulares.
Cozimento ⁽¹⁾ (8 minutos)	Cor amarelo dourado. Fatias quebradas para "chips" de fatias redondas e retangulares.	"Chips" fatias redondas duras, grudou muito e não fritou bem. "Chips" fatias retangulares com textura ótima mas fatias quebraram muito.
Fermentação ⁽²⁾ (8 horas)	Cor amarelo. Aspecto vítreo.	Crocante áspero para "chips" redondos e retangulares.

(c) IAC 14

Pré-tratamento	Aparência	Mastigação
Controle (sem tratamento)	Cor amarelo escuro. Fatias redondas quebraram mais que fatias retangulares.	Crocante duro para ambos formatos de "chips"
Cozimento ⁽¹⁾ (8 minutos)	Cor amarelo claro. Fatias redondas e retangulares quebraram.	Crocante bom para ambos formatos de "chips".
Fermentação ⁽²⁾ (8 horas)	Cor amarelo bem claro. Aspecto vítreo.	Crocante muito duro para ambos formatos de "chips".

(d) IAC 13

Pré-tratamento	Aparência	Mastigação
Controle (sem tratamento)	Cor amarelo escuro. Aspecto crocante.	Crocante duro/áspero para ambos formato de "chips". Sabor amargo.
Cozimento ⁽¹⁾ (8 minutos)	Cor amarelo claro. Aspecto crocante	Crocante ótimo para ambos formatos.
Fermentação ⁽²⁾ (8 horas)	Cor amarelo claro. Aspecto vítreo, parece macarrão cru.	Crocante áspero para ambos formatos.

⁽¹⁾ Cozimento em água em ebulição por 8 minutos, drenados e fritos em gordura vegetal a 170°C.

⁽²⁾ Fatias redondas e retangulares fermentadas em água a 30°C em câmara com controle de temperatura, durante 8 horas, drenados e fritos em gordura vegetal a 170°C.



Figura 8 "Chips" de mandioca fatias retangulares var. *IAC Mantiqueira*, **controle** (a) e os submetidos ao cozimento por **imersão** em água em ebulição por 8 min. (b), **fermentação** (8h.) (c).



Figura 9 "Chips" de mandioca fatias retangulares var. *IAC 576.70*, **controle** (a) e os submetidos ao cozimento por **imersão** em água em ebulição por 8 min. (b), **fermentação** (8h.) (c).



Figura 10 "Chips" de mandioca fatias retangulares var. *IAC 14*, **controle** (a) e os submetidos ao cozimento por **imersão** em água em ebulição por 8 min. (b), **fermentação** (8h.) (c).

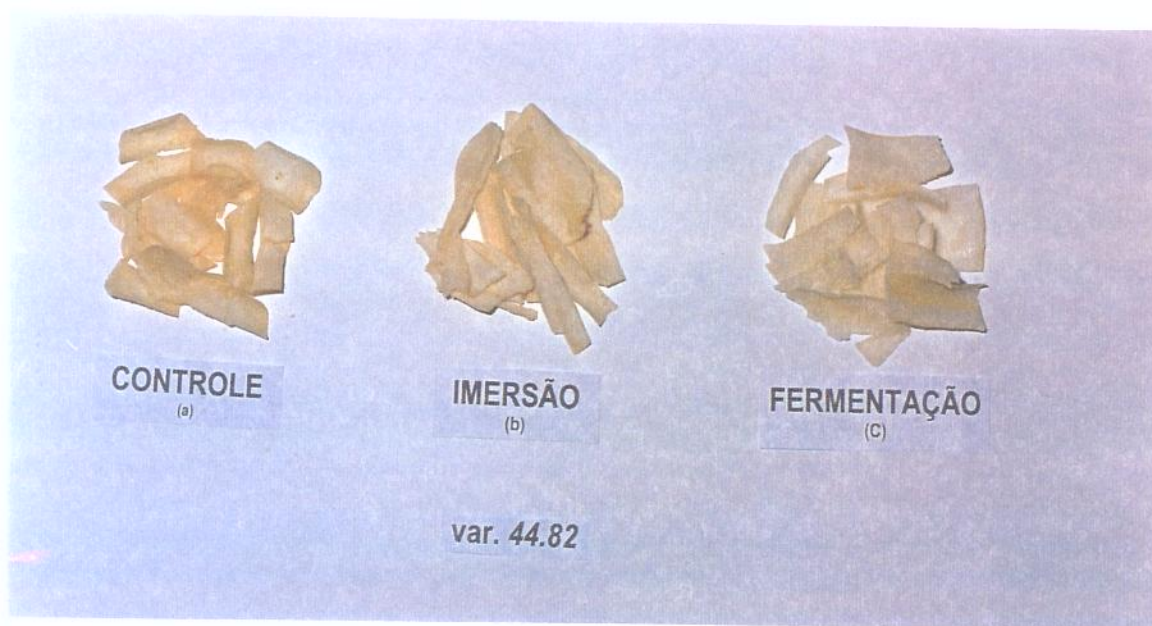


Figura 11 "Chips" de mandioca fatias retangulares var. *IAC 13*, **controle** (a) e os submetidos ao cozimento por **imersão** em água em ebulição por 8 min. (b), **fermentação** (8h.) (c).

4.3.2.1. Fermentação das raízes inteiras da mandioca.

O efeito da fermentação das raízes inteiras, limpas e descascadas submersas em água de torneira a 30° C, em estufa com controle de temperatura, foi estudada em períodos de 24 h., 30 h. e 48 h. A combinação com cozimento em água em ebulição por 3 minutos também foi investigada e os resultados para as variedades IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13, são mostrados na Tabela 8. A variedade IAC Mantiqueira, não foi utilizada neste ensaio por falta de material.

Tabela 8 : Efeito da fermentação das raízes inteiras na fraturabilidade⁽¹⁾ (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedades IAC 576.70, IAC 14 e IAC 13.

Pré-tratamentos	Variedades IAC		
	576.70	14	13
Controle 24 horas ⁽²⁾	701,5±63,3(A;B)	655,5±39,6(D)	945,4±44,8(A,B)
Controle 48 horas ⁽²⁾	801,5±62,8(A)	780,7±52,9(C,D)	1031,3±81,2(A)
Fermentação (24 horas) ⁽³⁾	585,8±41,6(B)	969,3±70,2(B,C)	990,5±53,5(A,B)
Fermentação (30 horas) ⁽³⁾	889,5±56,1(A)	1096,9±54,4(A,B)	1012,0±46,8(A,B)
Fermentação (48 horas) ⁽³⁾	828,2±34,7(A)	1210,1±75,9(A)	1149,1±101,5(A)
Fermentação 24h +Cozimento 3 minutos ⁽⁴⁾	561,2±62,3(B)	892,0±47,5(C)	791,7±56,7(B)

⁽¹⁾ Média de 18 determinações ± erro padrão; onde erro padrão= $s/\sqrt{n}$; $s^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$; $n \rightarrow n^\circ$ de amostras.

⁽²⁾ Controle obtido a partir de raízes inteiras descascadas e congeladas cruas, descongeladas após 24h e 48h, fatiadas e fritas em gordura vegetal a 170°C.

⁽³⁾ Raízes inteiras fermentadas em água a 30°C em câmara com controle de temperatura e amostradas após 24h, 30h e 48h, fatiadas, fritas em gordura vegetal a 170°C

⁽⁴⁾ Vinte e quatro horas de fermentação das raízes inteiras a 30°C, seguido do fatiamento e cozimento por 3 minutos em água ebulição. Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os parâmetros da fermentação utilizados neste experimento, estão de acordo com os determinados por Oyewole (1991) para se obter produtos por fermentação submersa de qualidade (ex.: fufu e lafun), que foi temperatura de 30-35° C, durante um período de 48-60

h., entre outras variáveis como tamanho e idade das raízes, troca ou não da água de maceração.

Após os períodos de fermentação pré determinados, as raízes foram fatiadas no formato redondo e fritas em óleo vegetal, conforme metodologia descrita no item 3.3.5 de Material & Métodos. As fatias oriundas das raízes fermentadas durante 24 h., foram cozidas em água em ebulição por 3 minutos (item 3.4.4 de Material & Métodos), seguindo-se a fritura.

Neste experimento, raízes de mandioca descascadas e limpas foram armazenadas inteiras sob congelamento durante 24h. e 48h. e posteriormente fatiadas e fritas para servirem de controle (amostras sem tratamento). Foi verificado que a fraturabilidade de ambos controles não diferiram entre si para as três variedades estudadas (Tabela 8). Entretanto, na prática, o congelamento das raízes inteiras mesmo por curtos períodos (24h) provocou fissuras centrais que dificultaram a determinação da fraturabilidade das amostras. Desta forma, os resultados do controle 48h. não foram usados para comparação com os demais pré-tratamentos, devido a variabilidade do material.

Os resultados da análise de variância, indicaram que o modelo da fraturabilidade dos "chips", foi significativo ($p \leq 0,0001$) e os fatores tratamentos ($p \leq 0,0001$), variedade ($p \leq 0,0001$) e interação tratamento*variedade ($p \leq 0,0001$) exerceram efeitos significativos nas características de textura destes "chips" (Anexo 5A).

Na Figura 12, pode ser vista a representação gráfica do efeito de interação entre os tratamentos e variedades na fraturabilidade, apresentados na Tabela 9. O comportamento peculiar de cada variedade frente ao pré-tratamento empregado, com curvas não paralelas e com pontos de interseção, confirmam a interação significativa entre os fatores. Assim, fez-se necessário nova análise de variância para cada variedade separadamente, onde o modelo inicial seria modificado, composto apenas pela somatória das médias (μ) e dos tratamentos (α) e o consequente teste de Tukey. Este novo modelo foi considerado ajustado para prever a fraturabilidade dos "chips", visto que todas variedades IAC 576.70 (Anexo 5B), IAC 14 (Anexo 5C) e IAC 13 (Anexo 5D) apresentaram nível descritivo do teste inferior a 0,1%.

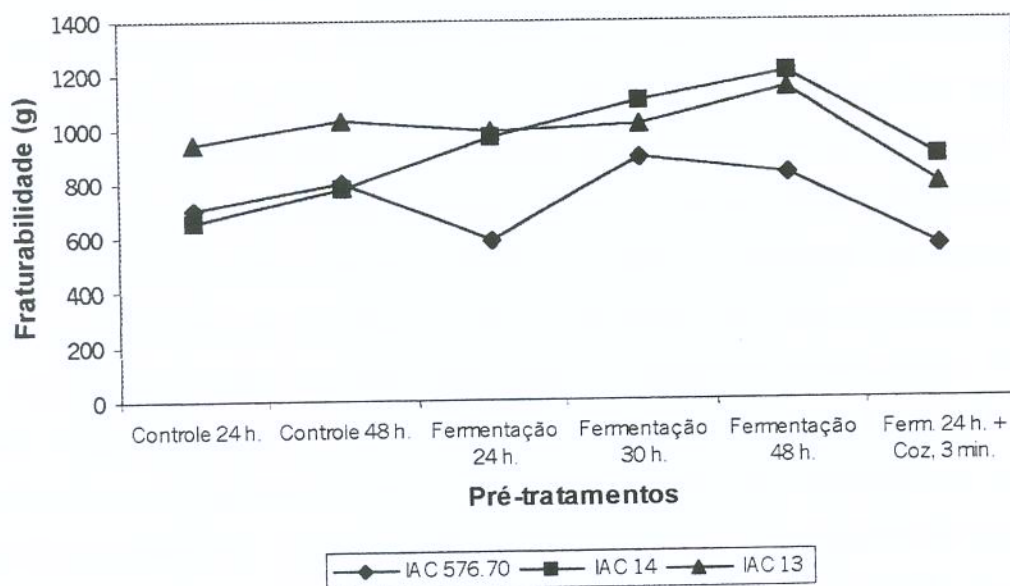


Figura 12: Efeito da interação entre pré-tratamentos (fermentação das raízes inteiras ou fermentação combinada com o cozimento) e as variedades de mandioca (*IAC 576.70*, *IAC 14* e *IAC 13*) na fraturabilidade dos "chips" fatias redondas.

Analisando-se as variedades separadamente, observa-se que a variedade *IAC 576.70*, não foi afetada pela fermentação das raízes inteiras sozinha, quer isoladamente ou combinação com cozimento por 3 minutos. A fraturabilidade determinada nos "chips" fermentados por 24 h. ou em combinação com cozimento por 3 minutos, apresentaram valores equivalentes a dos "chips" não tratados, entretanto, baseando-se no valor numérico da fraturabilidade podem ser considerados comestíveis, visto que foram comparáveis à fraturabilidade determinada em batata frita comercial (marca B), mostrada na Tabela 5. Aumentando o tempo de fermentação para 30h. e 48h., foi constatado um significativo aumento na dureza dos "chips".

Para a variedade *IAC 14*, a fermentação por 24 h., 30 h. e 48 h., promoveu significativo ($p \leq 0,05$) aumento na fraturabilidade, ou seja, os "chips" tratados, tornaram-se mais duros que o controle. Para a variedade *IAC 13*, os mesmos períodos de fermentação

não foram suficientes para alterar a fraturabilidade dos "chips", apresentando níveis equivalentes entre os "chips" tratados e os não tratados (controle).

Assim, os resultados deste experimento indicaram que a fermentação das raízes inteiras por períodos de 24h., 30h. e 48h., não promoveu melhoria nas características dos "chips" de mandioca, mesmo quando se combina com o cozimento. Esta observação é válida para as três variedades estudadas. Visto não ter sido encontrado na literatura, dados experimentais que tratassem do efeito da fermentação nas características de textura da mandioca, houve que especular acerca de um estudo conduzido com cenouras por Slinde *et al.* (1993), objetivando a fabricação de "chips". Foi observado pelos pesquisadores, que a fermentação das fatias de cenoura, além de melhorar a coloração dos "chips", também promoveu modificações na textura percebida durante a mastigação, provavelmente decorrentes de alterações nos componentes do tecido da cenoura. De acordo com Pederson (citado por Slinde *et al.*, 1993), os detalhes destas alterações não estão completamente elucidados, porém a diminuição da maciez do tecido vegetal, tem sido reconhecida e desejada, como no caso dos pickles fermentados. Considerando que tais informações possam ser aplicadas à mandioca, a fermentação pode ter alterado a textura dos "chips" de tal forma, que mesmo a combinação com o cozimento em água em ebulição, não foi suficiente para torná-los menos duros que as amostras não tratadas.

4.3.2.2. Fermentação das raízes inteiras, cozimento e combinação de ambos.

Na Tabela 9 são mostrados os efeitos da fermentação das raízes inteiras durante 24 h., cozimento durante 3 minutos e combinação da fermentação (24h.) e o cozimento (3 minutos) na fraturabilidade dos "chips" das variedades IAC Mantiqueira, IAC 13 e IAC 14. A variedade IAC 576.70 não foi utilizada neste experimento por falta de material. Após os tratamentos, as raízes foram fatiadas e fritas conforme metodologia descrita em Material & Métodos.

Tabela 9: Efeito da fermentação das raízes inteiras na fraturabilidade⁽¹⁾ (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedade IAC Mantiqueira, IAC 14 e IAC 13.

Pré-tratamentos	Variedades IAC			Média variedades
	Mantiqueira	14	13	
Controle 24h ⁽²⁾	719,7±60,1	898,9±66,3	847,7±62,7	817,12(A)
Fermentação (24 horas) ⁽³⁾	677,7±49,2	757,2±66,9	723,1±47,6	719,34(A,B)
Cozimento (3 minutos) ⁽⁴⁾	583,9±44,6	868,4±51,8	812,7±53,6	755,01(A)
Fermentação 24h + Cozimento 3 minutos ⁽⁵⁾	620,9±44,4	634,7±77,3	618,4±53,3	624,71(B)
Média pré-tratamentos	650,55(A)	789,8(B)	750,47(B)	

⁽¹⁾ Média de 12 determinações ± erro padrão; onde erro padrão = $s/\sqrt{n}$; $s^2 = \sum X^2 - (\sum X)^2 / n / n-1$; $n \rightarrow n^\circ$ de amostras.

⁽²⁾ Raízes inteiras descascadas foram congeladas, e amostradas após 24h para fatiamento e fritura em gordura vegetal a 170°C, para se obter o controle.

⁽³⁾ Raízes inteiras fermentadas em água a 30°C em câmara com controle de temperatura durante 24 horas, seguido do fatiamento e fritura em gordura vegetal a 170°C

⁽⁴⁾ Três minutos de cozimento por imersão em água em ebulição das fatias amostradas de raízes inteiras descongeladas após 24 h.

⁽⁵⁾ Vinte e quatro horas de fermentação das raízes inteiras em água a 30°C, seguido do fatiamento, cozimento por 3 minutos em água em ebulição e fritura

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A análise de variância, deste experimento, mostrou que o modelo que explica a fraturabilidade foi significativo com nível descritivo do teste inferior a 0,01% (Anexo 6A). A probabilidade dos pré-tratamentos ($p \leq 0,0008$) e das variedades ($p \leq 0,0023$) influenciarem ou afetarem as características da textura dos "chips" foi significativo. No entanto, o efeito da interação tratamento*variedade não foi significativo. Assim, incluiu-se a interação dentro do erro e um novo teste F foi calculado para todos os efeitos. O Anexo 6B apresenta os novos valores de F, onde se confirmou o previsto anteriormente, de que, modelo, pré-tratamentos e variedades são significativos, mantendo-se inclusive os mesmos níveis de significância.

Construindo-se o gráfico (Figura 13) a partir dos resultados dos efeitos dos pré-tratamentos na fraturabilidade dos "chips" de mandioca (Tabela 9), constatou-se haver resposta livre de interação entre as variedades e os pré-tratamentos, apresentado pelas curvas com tendência ao paralelismo sem pontos de interseção.

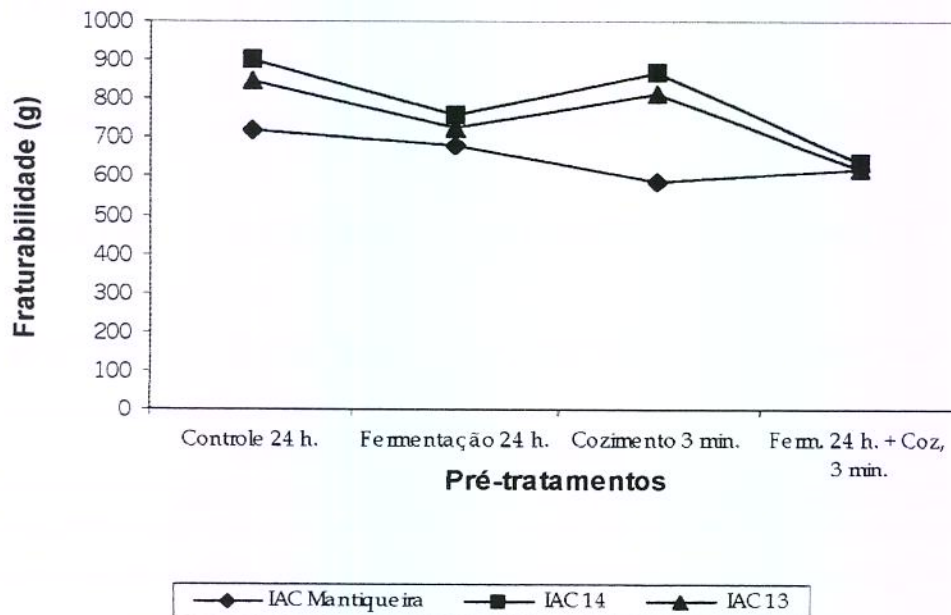


Figura 13: Efeito da fermentação das raízes inteiras ou cozimento ou combinação fermentação-cozimento na fraturabilidade dos "chips" de mandioca (fatias redondas) variedade *IAC Mantiqueira*, *IAC 14* e *IAC 13*.

O teste de Tukey, neste caso, torna-se incapaz de definir entre as variedades, qual é a mais influenciada por um determinado tratamento, visto que o comportamento das variedades pode ser considerado praticamente o mesmo, independente do tratamento. Assim, pode-se fazer apenas uma comparação entre pares, baseando-se na média das variedades e na média dos pré-tratamentos, verificando a existência de diferenças significativas entre as variedades e entre pré-tratamentos, separadamente.

Podemos observar na Tabela 9, para a média das variedades, que a fermentação por 24 h. das raízes inteiras combinada com cozimento 3 minutos, promoveu alteração significativa ($p \leq 0,05$) na fraturabilidade dos "chips" de mandioca, quando comparadas às amostras não tratadas e àquelas cozidas durante 3 minutos. Porém, a fraturabilidade assim obtida (624,7 g) foi ligeiramente superior às determinadas nos produtos comerciais de batata frita (572,3 g), marca B e do extrusado de milho (543,05 g), marca C, mostrados na Tabela 4. Por conseguinte, os "chips" de mandioca assim tratados podem ser considerados mais duros que os similares encontrados no mercado.

A fermentação por 24 h. das raízes inteiras e o cozimento por 3 minutos, separadamente, não foi suficiente para melhorar a qualidade de textura dos "chips", visto que não diferiram entre si e em relação às amostras não tratadas (Tabela 9).

Em relação as variedades foi verificado, pela média dos pré-tratamentos, fraturabilidade de 650,55g para variedade IAC Mantiqueira, significativamente inferior ($p \leq 0,05$) a médias dos tratamentos, calculado para variedade IAC 14 de 789,8g e para variedade IAC 13 de 750,47g (Tabela 9). As duas últimas variedades não diferiram entre si. Com estes resultados, pode-se indicar a variedade IAC Mantiqueira e a fermentação por 24 h. + cozimento 3 min., como sendo a combinação que apresentou menores médias de fraturabilidade, 650,55g e 624,71g, respectivamente (Tabela 9).

4.3.3. Efeito do cozimento

O tempo de cozimento é um fator importante para manutenção da integridade das fatias. Foi verificado, em teste preliminares, que 8 minutos de cozimento, utilizado inicialmente, foi considerado excessivo, principalmente para as variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70, pois promoveram a quebra das fatias dificultando a medida da fraturabilidade, porém com características de textura (crocância) sensorial superior a das amostras não tratadas. Estas variedades mais susceptíveis à extensão do cozimento, resultaram em fatias aglomeradas que não se separavam, dificultando a fritura. Estes resultados podem ser encontrados na Tabela 7.

Com base nos resultados prévios, estudou-se o efeito de diferentes tempos de cozimento em água em ebulição e em câmara de vapor, nas características de textura dos "chips", somente das variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70.

As variedades IAC 13 e IAC 14, indicadas ao uso industrial, foram inicialmente testadas para avaliar seu desempenho na fabricação de "chips" destinados ao consumo humano, obtendo-se alguns resultados promissores (Tabelas 5 e 9) outros não (Tabela 6 e 8). Juntando-se a isso, o teor elevado de ácido cianídrico na variedade IAC 14 e o sabor amargo na variedade IAC 13 observado em testes sensoriais, optou-se por excluir estas duas variedades dos testes subsequentes, baseando-se em trabalhos anteriormente descrito por vários pesquisadores (Oyefeso, 1976; Cooke & Coursey, 1981; Balagopalan *et al.*, 1988a). Considerou-se que, mesmo submetidos a processos de cozimento, secagem parcial ou fritura, poderia ainda restar traços consideráveis de ácido cianídrico nos "chips" de mandioca destas variedades, tornando-os inseguros para o público alvo deste tipo de produto: as crianças.

4.3.3.1. Cozimento em água em ebulição

Os resultados dos efeitos de diferentes tempos de cozimento em água em ebulição nas características de textura dos "chips" de mandioca variedade IAC Mantiqueira e IAC 576.70 são mostrados na Tabela 10 e graficamente na Figura 14. Nos Anexos 7A e 7B, são apresentados as análises de variância dos resultados da fraturabilidade dos "chips".

Tabela 10 : Efeito do cozimento em água em ebulição na fraturabilidade ⁽¹⁾ (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70.

Pré-tratamentos	Variedades IAC		Média variedades
	Mantiqueira	576.70	
Controle	949,6±41,5	1089,3±49,4	1019,45(A)
Cozimento 1 minutos	611,6±66,3	1038,2±43,8	824,90(B)
Cozimento 3 minutos	858,4±53,9	755,5±66,0	806,95(B)
Cozimento 5 minutos	772,8±53,7	667,5±37,1	695,15(B)
Cozimento 8 minutos	745,9±32,5	561,9±40,3	653,90(B)
Cozimento 10 minutos	748,0±40,5	652,5±25,2	700,25(B)

⁽¹⁾ Média de 6 determinações ± erro padrão; onde erro padrão = $s/\sqrt{n}$; $s^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}$; n → n.º de amostras.

⁽²⁾ Cozimento das fatias de mandioca em água ebulição, amostrados após 1,3,5,8 e 10 minutos, seguido da drenagem e fritura em gordura vegetal a 170°C.

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A análise de variância, indicou que o modelo que explica a fraturabilidade (equação 1, item 3.5.1 de M. & M.) foi significativo ($p \leq 0,0001$), bem como os efeitos tratamento ($p \leq 0,0001$) e interação tratamento*variedade ($p \leq 0,0001$) (Anexo 7A).

A interação entre os efeitos dos tratamentos em função da variedade pode ser melhor compreendida, observando-se o gráfico, mostrado na Figura 14. O comportamento

de cada variedade frente ao mesmo pré-tratamento não foi consistente, havendo pontos de interseção entre as curvas, característico de quando há interação entre tratamento e variedade.

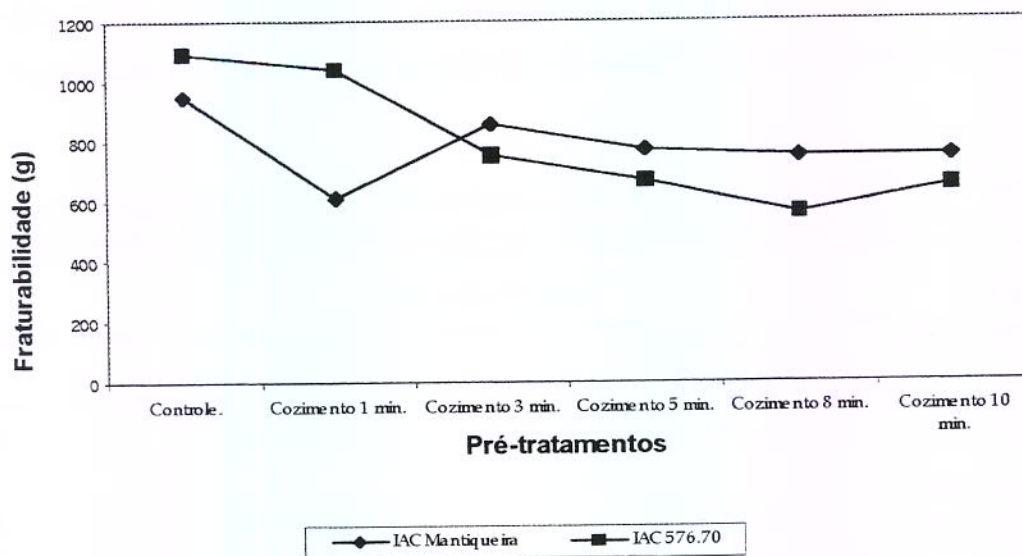


Figura 14: Efeito da interação entre diferentes tempos de cozimento em água em ebulição, e variedades de mandioca (*IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70*), na fraturabilidade dos "chips" fatias redondas.

A variedade isoladamente não exerceu efeito significativo na fraturabilidade dos "chips" (Anexo 7A), que nos levou a considerar que ambas variedades *IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70*, são estatisticamente iguais e interessantes na produção de "chips" de mandioca.

Assim, fez-se necessário a condução de outra análise de variância, onde modelo e tratamento seriam as únicas fontes de variação. Novamente, modelo matemático simplificado e o efeito tratamento, foram considerados significativos ($p \leq 0,0001$) na resposta da fraturabilidade (Anexo 7B).

O teste de Tukey considerou a média das variedades *IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70* para a comparação do desempenho dos diferentes tempos de cozimento (Tabela 10). Para a média das variedades, todos pré-tratamentos promoveram redução significativa na

fraturabilidade dos "chips" comparados às amostras não tratadas. Estatisticamente, os diferentes tempos de cozimento em água em ebulição durante 1, 3, 5, 8 e 10 minutos não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,005$) entre si, na alteração da fraturabilidade dos "chips" de mandioca.

Analisando-se as variedades separadamente, observou-se através da Tabela 10 que, para a IAC Mantiqueira, um minuto de cozimento foi o tratamento que promoveu "chips" de menor resistência à fraturabilidade (611,6g), provavelmente mais crocantes. Aumentando o tempo de cozimento para 3, 5 e 8 minutos, foi verificado ligeiro aumento, porém não significativo, na fraturabilidade dos "chips" conforme pode ser visto na Tabela 10.

Para a variedade IAC 576.70, a fraturabilidade registrada de 1.089,3g para a amostra controle e 1.038,2g para amostra cozida por 1 minuto em água em ebulição, foram praticamente iguais. As diferenças poderiam surgir a partir dos três minutos de cozimento, não havendo grandes diferenças entre os tempos de cozimento subsequentes (Tabela 10).

Podemos observar na Tabela 10 que, independentemente da variedade, o cozimento por 8 minutos foi o pré-tratamento que proporcionou menor valor de fraturabilidade, 561,9g, extremamente comparável a fraturabilidade de 572,33g da batata comercial (marca B) e 543,05 g do extrusado de milho (marca C), mostrados na Tabela 4.

4.3.3.2. Cozimento em câmara de vapor

Na Tabela 11, são apresentados os resultados do efeito dos diferentes tempos de cozimento em câmara de vapor na fraturabilidade dos "chips" de mandioca variedade IAC Mantiqueira e IAC 576.70. O intervalo de tempo de 2, 5 e 8 minutos estabelecido, foi baseado em estudos com batatas pré-fritas de acordo com AGUIRRE ⁽²⁾.

Tabela 11: Efeito do cozimento em câmara de vapor por 2, 5 e 8 minutos na fraturabilidade⁽¹⁾ (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, variedade IAC Mantiqueira e IAC 576.70.

Pré-tratamentos	Variedades IAC	
	Mantiqueira	576.70
Controle	731,1±42,9(A)	632,1±32,3(A)
Cozimento 2 minutos	683,5±37,3(A)	632,5±26,5(A)
Cozimento 5 minutos	751,8±43,8(A)	509,8±22,3(B)
Cozimento 8 minutos	701,0±51,6(A)	409,5±26,5(B)

⁽¹⁾ Média de 6 determinações ± erro padrão; onde erro padrão = $s/\sqrt{n}$; $s^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$; n → n.º de amostras.

⁽²⁾ Cozimento das fatias de mandioca em câmara de vapor a 98°C pressão atmosférica, amostrados após 2,5 e 8 minutos, seguido da fritura em gordura vegetal a 170°C.

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A análise de variância da fraturabilidade dos "chips" fatias redondas submetidos ao cozimento em câmara de vapor, indicou que o modelo preditivo da fraturabilidade foi significativo com nível descritivo do teste inferior a 0,01% (Anexo 8A). No mesmo Anexo 8A, a probabilidade do cozimento em câmara de vapor ($p \leq 0,0327$) e variedade ($p \leq 0,001$) influenciarem as características de textura também foram significativos, bem como a interação tratamento*variedade ($p \leq 0,0002$). Assim, nova análise de variância e teste de Tukey foi conduzida para cada variedade separadamente, utilizando-se modelo matemático modificado, composto pela média geral (μ), do efeito tratamento (α), e erro.

⁽²⁾ Aguirre, J. M. Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1999. Comunicação Pessoal.

Os resultados da nova análise de variância, mostrou que a variedade IAC Mantiqueira não foi influenciada pelos tratamentos (Anexo 8B), mas cujo efeito pode ser constatado na variedade IAC 576.70 (Anexo 8C).

O comportamento de cada variedade em função do tratamento é representado graficamente na Figura 15.

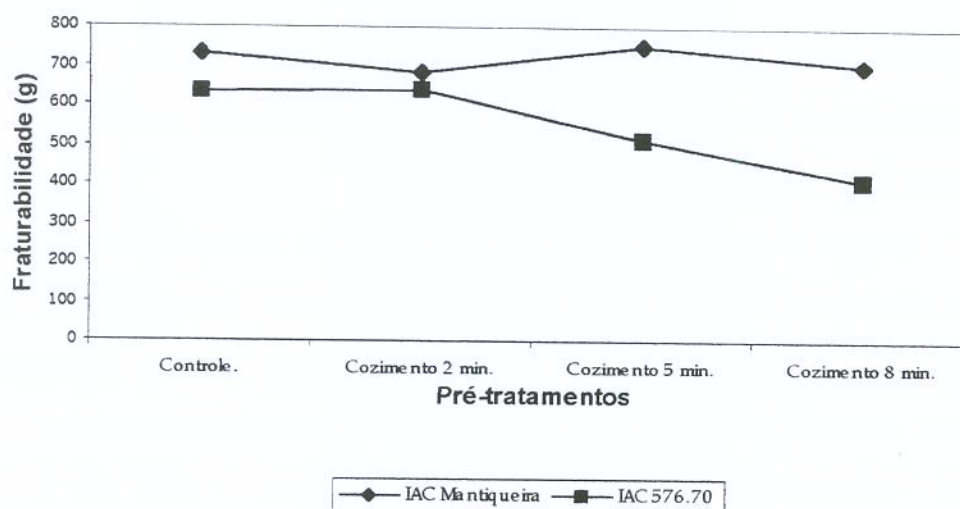


Figura 15: Efeito da interação entre diferentes tempos de cozimento em câmara de vapor e variedades de mandioca (*IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70*), na fraturabilidade dos "chips" fatias redondas.

Pode-se observar que as curvas apresentam não paralelas, característica do efeito de interação significativo. A interação significativa pode ser também traduzida pela variação na fraturabilidade dos "chips" de acordo com a variedade e o tipo de pré-tratamento que foi empregado.

Analisando-se o comportamento das variedades separadamente, podemos observar na Figura 15, que o cozimento em câmara de vapor durante 2 minutos, não foi suficiente para alterar significativamente a fraturabilidade dos "chips" de ambas variedades em

relação as amostras não tratadas. Porém aumentando o tempo de cozimento para 5 minutos, a variedade IAC 576.70 apresentou fraturabilidade significativamente baixa (509,8 g; $p \leq 0,05$), podendo apresentar níveis ainda mais baixos à medida que o tempo é prolongado para 8 minutos (409,5 g ; $p \leq 0,05$). Com base nestes valores, os "chips" da variedade IAC 576.70 cozidos em câmara de vapor podem ser considerados comestíveis em comparação ao determinado em salgadinhos de milho (Tabela 4).

Para a variedade IAC Mantiqueira, o prolongamento do tempo de cozimento em câmara de vapor, não promoveu qualquer melhoria na fraturabilidade dos "chips".

Assim, pode-se concluir que nas condições deste experimento, a variedade IAC Mantiqueira não foi adequada, requerendo, provavelmente, tempos de cozimento superiores a 8 minutos para se obter "chips" comestíveis.

A variedade IAC 576.70 apresentou excelentes resultados, sendo plenamente indicada para produção de "chips" submetidas ao pré-cozimento em câmara de vapor.

No entanto, o pré-cozimento em câmara de vapor realça a coloração marrom acastanhado nas bordas dos "chips". Este efeito pode ser visualizado na Figura 16 para os "chips" da variedade IAC Mantiqueira e na Figura 17 para os "chips" da variedade IAC 576.70.

Esta coloração, considerada como defeito, seria provavelmente, consequência do acúmulo de açúcares redutores não dissolvidos, que se caramelizariam por ocasião da fritura, conforme diversos pesquisadores observaram em batatas fritas (Manan *et al.*, 1987; Jiang & Ooraikul, 1989; Rodriguez-Saona, *et al.*, 1997; Jankowsky *et al.*, 1997) e em cenouras submetidos à fritura (Slinde *et al.*, 1993; Aukrust *et al.*, 1995).

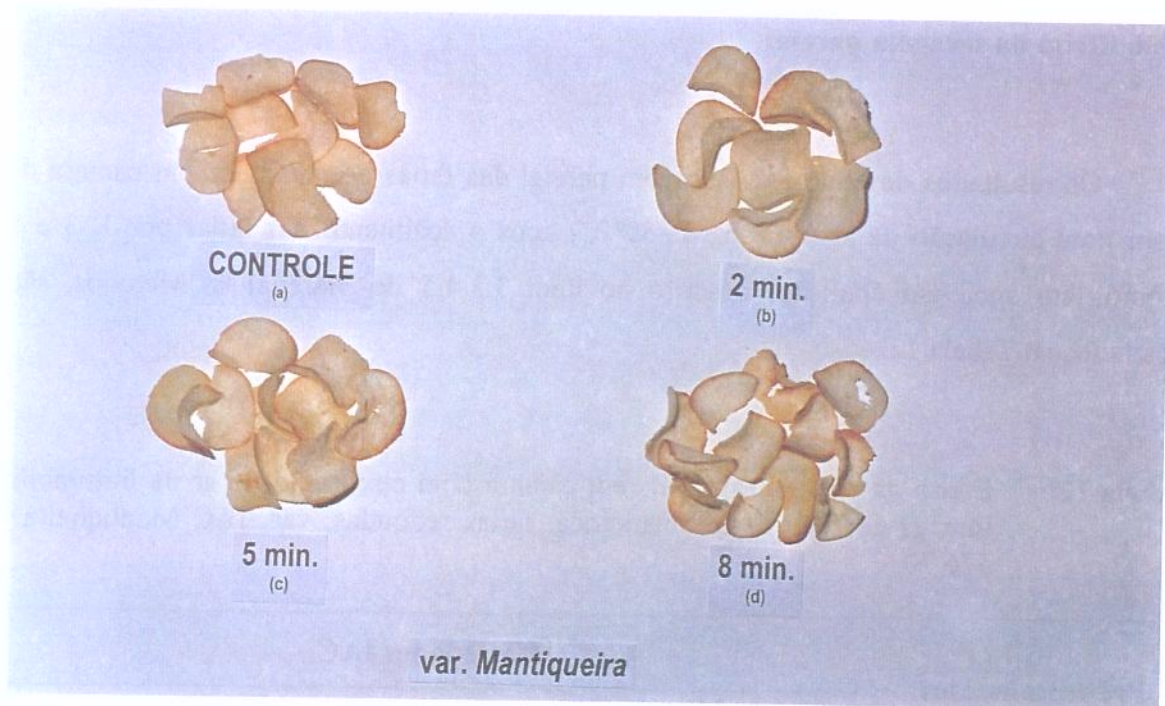


Figura 16: "Chips" de mandioca var. *IAC Mantiqueira*, controle (a) e os submetidos ao cozimento em câmara de vapor por 2 min. (b), 5 min. (c) e 8 min. (d).

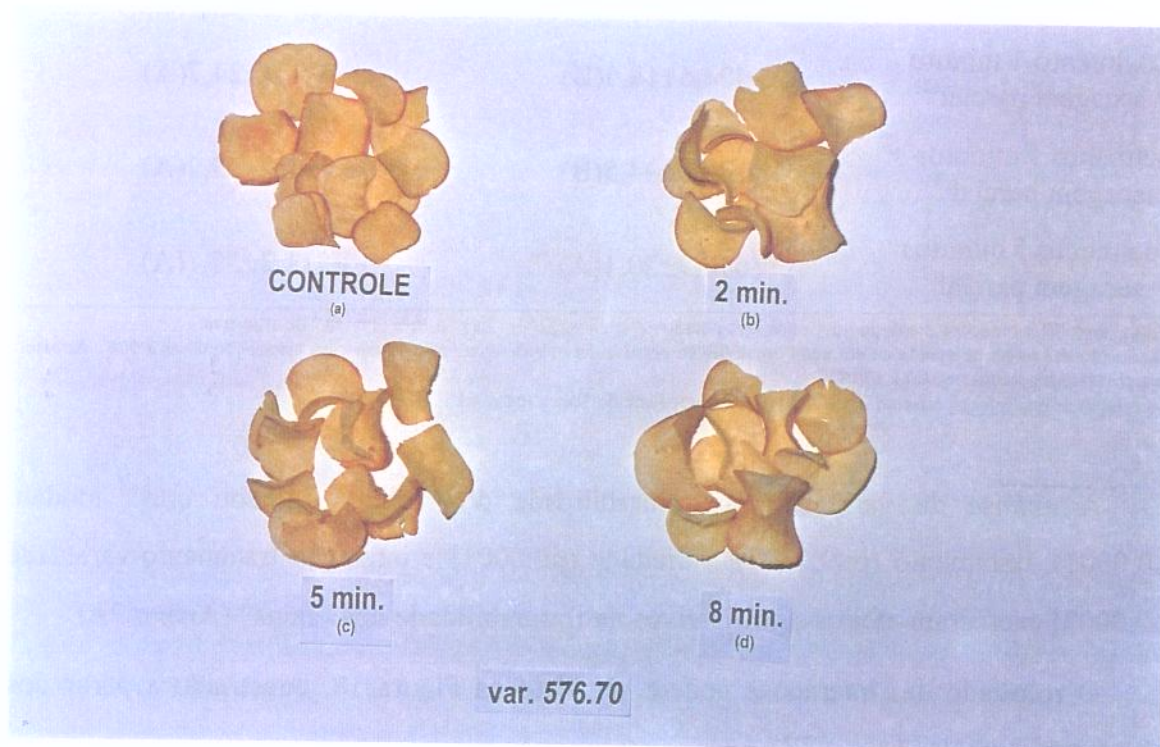


Figura 17: "Chips" de mandioca var. *IAC 576.70*, controle (a) e os submetidos ao cozimento em câmara de vapor por 2 min. (b), 5 min. (c) e 8 min. (d).

4.3.4. Efeito da secagem parcial

Os resultados do efeito da secagem parcial das fatias de mandioca em câmara de vapor com circulação de ar ($t = 3$ h.; $T = 50^\circ\text{C}$) após o cozimento das fatias por 1, 3 e 5 minutos em água em ebulição, descrito no item 3.3.4.5 de Material & Métodos, são mostrados na Tabela 12.

Tabela 12: Efeito da secagem parcial em câmara com circulação de ar na fraturabilidade⁽¹⁾ (em g) de "chips" de mandioca, fatias redondas, var. IAC Mantiqueira e IAC 576.70.

Pré-tratamentos	Variedades IAC	
	Mantiqueira	576.70
Controle	660,0±59,5 (A)	672,6±69,2 (A)
Cozimento 1 minuto + secagem parcial ⁽²⁾	404,6±18,5(B)	671,4±24,7(A)
Cozimento 3 minutos + secagem parcial ⁽²⁾	389,6±44,5(B)	691,2±65,2(A)
Cozimento 5 minutos + secagem parcial ⁽²⁾	610,7±20,1(A)	511,2±38,1(A)

⁽¹⁾ Média de 6 determinações ± erro padrão; onde erro padrão = $s/\sqrt{n}$; $s^2 = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n / n - 1$; $n \rightarrow n^\circ$ de amostras.

⁽²⁾ Cozimento das fatias de mandioca em água em ebulição seguido da pré-secagem em câmara com circulação de ar a 50°C durante 3 horas e fritura em gordura vegetal a 170°C .

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A análise de variância da fraturabilidade dos "chips" indicou que modelo ($p \leq 0,0001$), tratamento ($p \leq 0,0327$), variedade ($p \leq 0,001$) e interação tratamento*variedade ($p \leq 0,0002$) exerceram efeitos significativos na fraturabilidade dos "chips" (Anexo 9A).

O resultado das interações podem ser visto na Figura 18, construído a partir dos dados experimentais (Tabela 12).

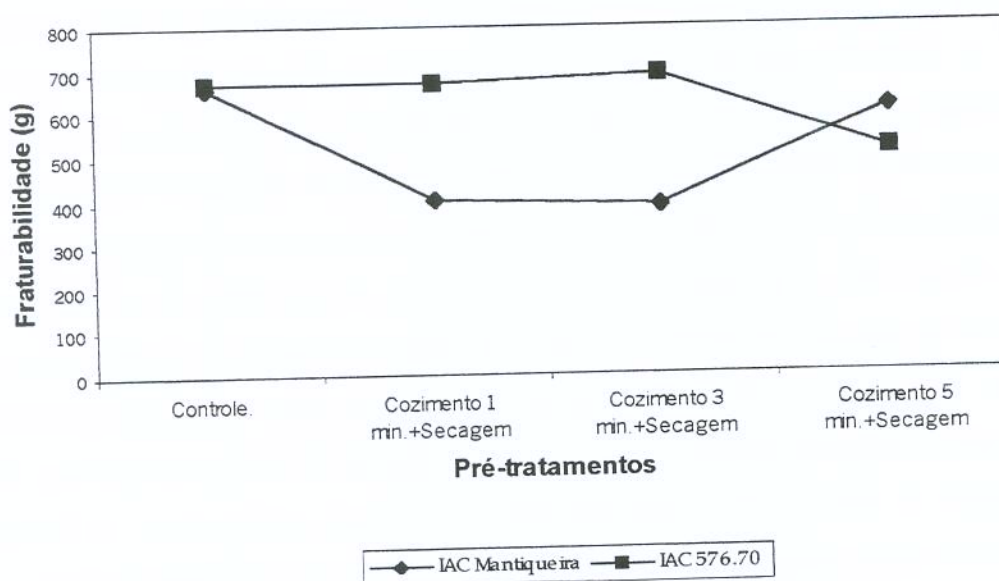


Figura 18: Efeito da interação entre diferentes tempos de cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial e variedades de mandioca (*IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70*) na fraturabilidade dos "chips" fatias redondas.

Cada variedade apresentou comportamento diferente em relação aos pré-tratamentos empregados, apresentando pontos de interseção característicos de interação significativa (Figura 18). As variedades *IAC 576.70* e *IAC Mantiqueira*, portanto, foram estudadas separadamente a partir de um modelo preditivo da fraturabilidade composto pela somatória das médias (μ), efeito dos tratamentos (α) e erro. Pode-se observar que o novo modelo foi ajustado para prever as características de textura dos "chips" variedade *IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70*, visto que o nível descritivo do teste foi significativo para ambos modelo e tratamento, apresentados nos Anexos 9B e 9C, respectivamente.

A combinação do cozimento com a secagem parcial, parece não ter sido eficiente para a variedade *IAC 576.70*. Estatisticamente, não foi verificada diferenças entre os "chips" tratados e os não tratados, porém, numericamente, o cozimento por 5 minutos seguido da secagem parcial promoveu "chips" com fraturabilidade baixa (511g), comparável ao salgadinho de milho da marca C (Tabela 4).

Para a variedade IAC Mantiqueira, foi verificado redução significativa ($p \leq 0,05$) na fraturabilidade dos "chips", somente quando o cozimento foi conduzido por curtos períodos de tempo: 1 e 3 minutos seguido da secagem parcial (Tabela 12). Os "chips" da variedade IAC Mantiqueira, assim obtidos, podem ser considerados comestíveis, visto que, os respectivos valores de fraturabilidade de 404,6g com erro padrão de 18,5g e 389g com erro padrão de 44,5g (Tabela 12), apresentaram-se bastante próximos ao da batata frita ondulada (marca A) encontrado no mercado, cuja fraturabilidade determinada, foi a mais baixa (353,4g) entre os salgadinhos testados (Tabela 5). Estes resultados são confirmados por Adambounou & Castaigne (1981) em trabalho com batatas fritas. Estes pesquisadores concluíram que a secagem parcial melhora as características de textura das batatas fritas com decréscimo do teor de óleo absorvido durante a fritura. Adambounou & Castaigne (1981), sugerem que a redução de óleo deve-se a crosta formada pelo amido gelatinizado em contato com o ar seco do secador na superfície das batatas, que impedem a penetração do óleo e proporcionam certa rigidez.

4.4. ACEITAÇÃO SENSORIAL DOS "CHIPS" DE MANDIOCA

O teste sensorial avaliou "chips" de mandioca em fatias redondas submetidos ao cozimento por 1, 3 e 5 minutos combinado com secagem parcial, cozimento por 8 minutos e a fermentação por 8 h. para as variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70.

As médias dos escores de aceitação e aparência dos "chips" de mandioca, obtidos no teste sensorial afetivo utilizando-se escala hedônica estruturada de 7 pontos, são apresentadas na Tabela 13 para variedade IAC Mantiqueira e Tabela 14 para variedade IAC 576.70.

As análises de variância dos escores de aceitação e aparência dos "chips" de mandioca, são mostrados separadamente nos Anexos 10A e 10B para a variedade IAC Mantiqueira e nos anexos 11A e 11B para a variedade IAC 576.70.

Os resultados do teste de aceitação dos "chips" de mandioca, para ambas variedades, discriminaram dois grupos de aceitação: um primeiro grupo composto pelo

controle e cozimento (1, 3, 5 e 8 minutos), que obtiveram aceitação significativamente superior ($p \leq 0,05$) e um segundo grupo composto apenas pela fermentação.

A frequência dos principais atributos sensoriais que caracterizaram o agrado ou desagrado, relatados pelos 30 provadores de amostras de "chips" de mandioca nos testes de consumidor, são mostrados através de histogramas nos Anexos 12 a 17 para variedade IAC Mantiqueira e nos Anexos 18 a 23 para a variedade IAC 576.70.

Para maior entendimento, os resultados obtidos para cada variedade serão apresentados separadamente.

4.4.1. Variedade IAC Mantiqueira: Aceitação e Aparência

Na Tabela 13, são apresentados os escores de aceitação e aparência dos "chips" de mandioca, variedade IAC Mantiqueira.

Tabela 13: Média dos escores de aceitação⁽¹⁾ e aparência dos "chips" de mandioca, fatias redondas, da variedade IAC Mantiqueira, atribuídos por trinta provadores.

Pré-tratamentos	Aceitação (escores) ⁽¹⁾	Aparência (escores) ⁽¹⁾
Controle	4,9(A)	4,5(A;B)
1 minuto cozimento + secagem parcial ⁽²⁾	5,3(A)	5,1(A)
3 minutos cozimento + secagem parcial ⁽²⁾	5,4(A)	5,5(A)
5 minutos cozimento + secagem parcial ⁽²⁾	4,9(A)	4,6(A;B)
8 minutos cozimento ⁽³⁾	5,0(A)	3,7(A)
8 horas fermentação ⁽⁴⁾	3,2(B)	4,9(A)

⁽¹⁾ **Escores:** 1= desgostei muito; 2= desgostei moderadamente; 3 = desgostei ligeiramente; 4 = nem gostei/nem desgostei; 5 = gostei ligeiramente; 6= gostei moderadamente; 7 = gostei muito.

⁽²⁾ Cozimento por imersão das fatias de mandioca em água em ebulição por 1, 3 e 5 minutos seguido da secagem parcial em câmara com circulação de ar a 50°C durante 3 horas seguido da fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽³⁾ Cozimento das fatias de mandioca em água em ebulição por 8 minutos seguido da drenagem e fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽⁴⁾ Fermentação das fatias de mandioca em água a 30°C em câmara com controle de temperatura, durante 8 horas, drenadas e fritas em gordura vegetal a 170°C;

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os principais termos utilizados pelos provadores para descrever a aceitação dos “chips” de mandioca var. IAC Mantiqueira, foram: “sabor de mandioca”, “crocância” e “textura”, para todas as amostras pré-tratadas ou não, conforme pode ser visto no Anexo 12 (controle), Anexo 13 (1 min. cozimento + secagem parcial), Anexo 14 (3 min. cozimento + secagem parcial), Anexo 15 (5 min. cozimento + secagem parcial), Anexo 16 (8 min. cozimento) e Anexo 17 (8 h. fermentação).

Entre os atributos de desagrado que foram freqüentemente comentados pelos provadores, pode-se incluir: “textura dura” a “muito dura”, “falta de sabor de mandioca” e “gosto de óleo”.

Os “chips” da amostra controle obtiveram a maior freqüência de comentários relativos ao “sabor de mandioca” (61% provadores) e os “chips” fermentados por 8 h., o menor índice deste comentário (3% provadores).

À medida que os “chips” foram sendo submetidos a tempos de cozimento mais prolongados, podemos observar a queda na freqüência do comentário a respeito do “sabor de mandioca” e, relativo aumento nos comentários de “crocância” e “textura”. Isto parece indicar que o cozimento melhora as características de textura dos “chips”, mas, provavelmente devido a dissolução dos sólidos solúveis na água de cozimento, há um ligeiro comprometimento no sabor dos “chips”.

A principal característica de textura desejada pelos provadores de “chips” de mandioca, foi a crocância. De acordo com Szczesniak & Kahn (1971), a crocância é um termo altamente versátil e conhecido universalmente como uma característica de textura que apresenta várias conotações positivas. Um alimento crocante, pode ser traduzido como fresco e de alta qualidade.

O termo crocância, embora seja particularmente utilizado para descrever a textura de um alimento (Szczesniak & Kleyn, 1963; Szczesniak, 1971), foi constatado neste experimento, que os provadores utilizaram ambos, crocância e textura para enfatizar a aceitação das amostras de mandioca “chips”. Porém, outros termos como, “mais macia”, “não dura”, “consistência”, foram usados para definir a aceitação das amostras. Szczesniak

(1988) confirma que os consumidores usam palavras diferentes e percepções para definir a crocância de alimentos. Entretanto, consistência não poderia ser usado para definir a aceitação dos "chips", visto que é um termo complexo, geralmente usado para definir alimentos pastosos não duros (Szczesniak, 1987).

Os "chips" de mandioca, var. IAC Mantiqueira, pré-cozidos por 3 minutos com secagem parcial, obteve o maior número de comentários acerca da crocância (37% provadores), foi também a amostra que recebeu maiores escores de aceitação (5,4) e aparência (5,5), conforme pode ser visto na Tabela 13.

A "textura dura" a "muito dura" foi a principal crítica apontado tanto para as amostras sem tratamentos como para as pré-cozidas durante 1, 3 e 5 minutos seguidos da secagem parcial. Entretanto, este e os outros atributos de desgosto freqüentemente comentados não contribuíram grandemente, a ponto das amostras serem rejeitadas.

Os "chips" cozidos por 8 minutos, obtiveram o menor índice de comentários relativos a "textura dura" (20% provadores), e elevada percepção do "gosto de óleo" entre os provadores (40%). Este percentual não foi suficiente para rejeição da aceitação. Mas com relação a aparência, os provadores a consideraram entre "desgostei ligeiramente" e "nem gostei/nem desgostei" (Tabela 13).

O gosto de óleo presente nos "chips" cozidos por 8 minutos, pode estar associado, em primeira instância, com excessivo tempo de cozimento. As fatias quebraram-se em profusão, formando pequenos aglomerados que não se soltaram durante a fritura, resultando na maior retenção de óleo e aparência desuniforme. De fato, 34,9% de lipídeos determinado nos "chips" cozidos por 8 minutos foi significativamente superior ($p \leq 0,05$) ao determinado nos demais pré-tratamentos inclusive no controle, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Um segundo fator que pode ter colaborado para o acentuado sabor de óleo nas amostras cozidas por 8 minutos, seria a ausência da etapa de secagem parcial após o cozimento que foi submetida as amostras cozidas por 1, 3 e 5 minutos. Esta etapa foi considerada de vital importância na absorção de óleo em batatas fritas por Adambounou & Castaigne em 1981.

Os “chips” fermentados durante 8 horas, rejeitados pelos provadores obtiveram notas 3,2 de aceitação, equivalente ao “desgostei ligeiramente”, e apresentaram fraturabilidade em torno de 615g. Foi a amostra que obteve menor frequência de comentários relativos a “crocância” (6% dos provadores) e “textura” (13% dos provadores).

Notadamente, a “textura dura” a “muito dura”, perfazendo um total de 57% dos comentários, foi a atributo de maior influência na sua rejeição, aliada ao “gosto de óleo”, “gosto de ranço” e “falta de sabor de mandioca”.

A fermentação promoveu coloração amarelo-claro uniforme nos “chips” de mandioca, provavelmente devido a redução do teor de açúcar redutor controlando a extensão das reações de Maillard, conforme o anteriormente observado em batata chips (Manan *et al.*, 1987; Jankowski *et al.*, 1997) e cenoura chips (Slinde *et al.*, 1993; Aukrust, *et al.*, 1994; Aukrust *et al.*, 1995,). Este talvez tenha sido o motivo para que este “chips” de mandioca obtivesse 4,9 pontos de aparência, equivalente ao “gostei ligeiramente”.

4.4.2. Variedade IAC 576.70: Aceitação e Aparência

Na Tabela 14 são apresentados os escores de aceitação e aparência dos “chips” de mandioca, variedade IAC 576.70.

Os atributos de agrado mais frequentemente comentados pelos provadores de “chips” de mandioca obtidos da variedade IAC 576.70 de polpa amarela, foram “sabor de mandioca”, “crocância” e “textura” para todas as amostras pré-tratadas ou não, conforme pode ser visto no Anexo 18 (controle), Anexo 19 (1 min. cozimento + secagem parcial), Anexo 20 (3 min. cozimento + secagem parcial), Anexo 21 (5 min. cozimento + secagem parcial), Anexo 22 (8 min. cozimento) e Anexo 23 (8 h. fermentação).

Os principais comentários que denotaram o desagrado dos provadores podemos incluir em primeiro lugar a “dureza”, seguido da “falta de sabor de mandioca” e do “sabor de óleo”.

Tabela 14: Média dos escores⁽¹⁾ de aceitação e aparência dos "chips" de mandioca fatias redondas da variedade IAC 576.70, atribuídos por trinta provadores.

Pré-tratamentos	Aceitação (escores) ⁽¹⁾	Aparência (escores) ⁽¹⁾
Controle	5,4(A)	5,6(A)
1 minuto cozimento + secagem parcial ⁽²⁾	6,0(A)	5,5(A)
3 minutos cozimento + secagem parcial ⁽²⁾	6,3(A)	5,3(A)
5 minutos cozimento + secagem parcial ⁽²⁾	6,1(A)	4,8(A,B)
8 minutos cozimento	6,0(A)	3,8(B)
8 horas fermentação ⁽³⁾	3,0(B)	3,8(B)

⁽¹⁾ Escores: 1= desgostei muito; 2= desgostei moderadamente; 3 = desgostei ligeiramente; 4 = nem gostei/nem desgostei; 5 = gostei ligeiramente; 6= gostei moderadamente; 7 = gostei muito.

⁽²⁾ Cozimento por imersão das fatias de mandioca em água em ebulição por 1, 3 e 5 minutos seguido da pré-secagem em câmara com circulação de ar a 50°C durante 3 horas seguido da fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽³⁾ Cozimento das fatias de mandioca em água em ebulição por 8 minutos seguido da drenagem e fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽⁴⁾ Fermentação das fatias de mandioca em água a 30°C em câmara com controle de temperatura, durante 8 horas, drenadas e fritas em gordura vegetal a 170°C:

Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As amostras controle, as cozidas por 1, 3 e 5 minutos seguidas da secagem parcial e as cozidas durante 8 minutos, obtiveram escores de aceitação em torno de 6,0, equivalente ao “gostei ligeiramente” (Tabela 14). Estes "chips" receberam um elevado número de comentários relativos ao sabor de mandioca, em torno de 55% dos provadores, exceção feita às amostra cozidas por 8 minutos, cuja frequência deste comentário foi de 47% apenas.

Observou-se que o cozimento além de melhorar o sabor dos "chips", proporciona melhor comestibilidade a eles, visto que a “crocância” somada a “textura” e a “textura

crocante”, perfizeram um total de 60% dos comentários dos provadores, no mínimo, duas vezes mais do que para os "chips" controle.

A extensão do cozimento deve ser controlada de modo a não ultrapassar 5 minutos, visto que a partir deste ponto, compromete-se a aparência dos "chips", podendo inclusive ser rejeitado pelos consumidores

Os "chips" cozidos durante 8 minutos, foram considerados extremamente crocantes e obtiveram a menor frequência de comentários relativos a “dureza” (3% dos provadores). Porém, foi verificado elevada percepção do gosto de óleo (27%) e falta de sabor (20%). Estes fatores de desgosto não foram suficientes para a rejeição da sua aceitação, mas em relação a aparência, os provadores a consideraram entre “desgostei ligeiramente” e “nem gostei/nem desgostei”.

As justificativas para o elevado teor de óleo determinado nos "chips" cozidos durante 8 minutos baseiam-se no excessivo tempo de cozimento e na ausência da etapa de secagem, conforme previamente descrito no item 4.3.1.

Os "chips" fermentados durante 8 h. foram rejeitados pela equipe de provadores, tanto na aceitação quanto na aparência, com respectivas notas 3,0 (desgostei ligeiramente) e 3,8 (próxima ao nem gostei/nem desgostei). Esta amostra apresentou a maior frequência dos comentários relativos a dureza (70% dos provadores) considerando-se a “textura dura”, “muito dura” e “um pouco dura”, superando inclusive a porcentagem encontrada para os "chips" controle (56 %) que incluem a “textura um pouco dura” a “muito dura”.

A fermentação, se por um lado promove melhoria na cor dos "chips" fritos em óleo, reduzindo-se a extensão da reação de Maillard, requer controle e estabelecimento dos parâmetros desta etapa complexa onde fatores químicos, físicos e microbiológicos interagem e influenciam a qualidade do produto final.

4.5. CORRELAÇÃO ENTRE A FRATURABILIDADE DOS "CHIPS" E A ACEITAÇÃO DAS AMOSTRAS

As Tabelas 15 e 16 apresentam os coeficientes de correlação entre a fraturabilidade e as médias de aceitação dos "chips" de mandioca variedade IAC Mantiqueira e IAC 576.70, respectivamente.

Tabela 15 : Valores de fraturabilidade e aceitação sensorial dos "chips" de mandioca variedade IAC Mantiqueira, e o coeficiente de correlação de Pearson (r). Números entre parênteses representam o nível de significância de r. Valores de r em negrito e grifados foram significativos a $p \leq 0,05$.

Pré-tratamentos	Fraturabilidade (g)	Aceitação Sensorial(cores) ⁽¹⁾
Controle	660,0	4,9
Cozimento 1 minuto com secagem parcial ⁽²⁾	404,6	5,3
Cozimento 3 minutos com secagem parcial ⁽²⁾	389,6	5,4
Cozimento 5 minutos com secagem parcial ⁽²⁾	610,7	4,9
Cozimento 8 minutos ⁽³⁾	964,8	5,0
Fermentação 8 horas ⁽⁴⁾	1403,7	3,2
$r = \textbf{-0,90592}$ (0,0129)		

⁽¹⁾ Escores: 1= desgostei muito; 2= desgostei moderadamente; 3 = desgostei ligeiramente; 4 = nem gostei/nem desgostei; 5 = gostei ligeiramente; 6= gostei moderadamente; 7 = gostei muito.

⁽²⁾ Cozimento por imersão das fatias de mandioca em água em ebulição por 1, 3 e 5 minutos seguido da secagem parcial em câmara com circulação de ar a 50°C durante 3 horas seguido da fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽³⁾ Cozimento das fatias de mandioca em água em ebulição por 8 minutos seguido da drenagem e fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽⁴⁾ Fermentação das fatias de mandioca em água a 30°C em câmara com controle de temperatura, durante 8 horas, drenadas e fritas em gordura vegetal a 170°C.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) de $-0,90592$ significativos a $p \leq 0,05$, apresentado na Tabela 15, indica que a fraturabilidade e a aceitação dos "chips" da variedade IAC Mantiqueira, correlacionam-se negativamente, isto é, a aceitação aumenta à medida que os "chips" apresentam valores de fraturabilidade mais baixo, provavelmente mais crocantes. Estes resultados são confirmados por Iles & Elson (citado por Vickers, 1987), em estudos com batata chips. Foi observado que a força de deformação para ruptura das batatas chips decresce significativamente à medida que a crocância aumenta.

Similarmente, Porter *et al.* (1973) verificou correlação negativa ($-0,8312$) entre escores de textura organoléptica de batatas fritas e correspondentes leituras em texturômetro Shear Press.

Para os "chips" da variedade IAC 576.70, foi encontrado um coeficiente de correlação de Pearson (r), de $-0,66069$, não significativo a 5% de probabilidade, que se traduz na ausência de correlação entre a aceitação sensorial e a fraturabilidade medida (Tabela 16). A ausência de correlação, neste caso, pode ser explicada porque houve aceitação dos "chips" controle (média de 5,4), dos "chips" cozidos por 1 minuto com secagem parcial (média de 6,0) e dos "chips" cozidos por 3 minutos com secagem parcial (média de 6,0), todos com fraturabilidade alta, acima de 670 g, conforme pode ser visto na Tabela 16.

Nem sempre se consegue estabelecer correlação entre respostas hedônicas com medidas químicas ou físicas.

De acordo com Szczesniak (1987) em testes de consumidor usando escala hedônica, o objetivo é determinar o grau de gostar e a aceitação geral do novo produto. Deve-se ter em mente, aconselha a pesquisadora, que para estabelecer correlação instrumental-sensorial, há que se estabelecer, baseado em extensivo trabalho, os parâmetros de qualidade que afetam a aceitabilidade, visto que nenhum instrumento é capaz de reproduzir as respostas sensoriais e psicológicas de um ser humano. Vickers (1987) sugere a combinação de métodos de força-deformação e métodos acústicos para proporcionar uma excelente medida da crocância sensorial de batatas fritas.

Tabela 16: Valores de fraturabilidade e aceitação sensorial dos "chips" de mandioca variedade IAC 576.70 e coeficiente de correlação de Pearson (r). Números entre parênteses representam o nível de significância de r. Valores de r em negrito e grifados foram significativos a $p \leq 0,05$.

Pré-tratamentos	Fraturabilidade (g)	Aceitação (escores) ⁽¹⁾
Controle	672,6	5,4
Cozimento 1 minuto com secagem parcial ⁽²⁾	671,4	6,0
Cozimento 3 minutos com secagem parcial ⁽²⁾	691,2	6,3
Cozimento 5 minutos com secagem parcial ⁽²⁾	511,2	6,1
Cozimento 8 minutos ⁽³⁾	877,4	6,0
Fermentação 8 horas ⁽⁴⁾	943,4	3,0
$r = - 0,66069$ (0,1532)		

⁽¹⁾ **Escores:** 1= desgostei muito; 2= desgostei moderadamente; 3 = desgostei ligeiramente; 4 = nem gostei/nem desgostei; 5 = gostei ligeiramente; 6= gostei moderadamente; 7 = gostei muito.

⁽²⁾ Cozimento por imersão das fatias de mandioca em água em ebulição por 1,3 e 5 minutos seguido da pré-secagem em câmara com circulação de ar a 50°C durante 3 horas seguido da fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽³⁾ Cozimento das fatias de mandioca em água em ebulição por 8 minutos seguido da drenagem e fritura em gordura vegetal a 170°C.

⁽⁴⁾ Fermentação das fatias de mandioca em água a 30°C em câmara com controle de temperatura, durante 8 horas, drenadas e fritas em gordura vegetal a 170°C.

A ausência de correlação, neste caso, pode ser encarada como altamente positiva, visto que a variedade IAC 576.70, pode ser aceita sensorialmente mesmo quando apresenta valores de fraturabilidade alta, sendo altamente indicada para o uso na fabricação de "chips" de mandioca.

5. CONCLUSÕES

- 1) As variedades mansas: IAC Mantiqueira e IAC 576.70 e as de uso industrial: IAC 13 e IAC 14, apresentaram comportamentos distintos frente aos pré-tratamentos a que foram submetidos, visando melhoria nas características de textura dos seus "chips".
- 2) As variedades IAC Mantiqueira e IAC 576.70 são as mais indicadas para a fabricação de "chips" dentre as variedades estudadas, baseando-se nas características sensoriais dos produtos.
- 3) As variedades IAC 13 e IAC 14, indicadas à fabricação de farinha e de fécula, embora tivessem apresentado alguns resultados promissores, foram excluídos do estudo do efeito do cozimento e dos testes sensoriais, devido ao sabor amargo percebido na variedade IAC 13, em testes sensoriais preliminares, e o alto teor de ácido cianídrico na variedade IAC 14. A provável remanescência de HCN, mesmo em alimentos submetidos a processos como cozimento, secagem ou fritura, tornando-o inseguro para os consumidores em potencial dos "chips" de mandioca: as crianças.
- 4) As fatias de mandioca de formato retangular, apesar de serem bastante atrativas, quebraram-se com elevada frequência, supostamente aquelas oriundas das regiões próximas às cascas. Sendo assim, sugere-se a seção transversal das raízes ao longo do comprimento das raízes, para obtenção de fatias redondas, como o formato mais adequado à fabricação dos "chips" de mandioca, permitindo assim a manutenção da integridade das fatias.
- 5) Para obtenção de "chips" de qualidade utilizando-se a variedade IAC Mantiqueira de polpa branca, sugere-se empregar o cozimento em água em ebulição por no máximo 5 minutos antes da etapa de fritura, ou a combinação do cozimento em água em ebulição por 3 minutos + secagem parcial em câmara com circulação de ar ($t = 3 \text{ h.}$; $T = 50^\circ \text{ C}$) antes da fritura.

- 6) Para a variedade IAC 576.70 sugere-se empregar o cozimento das fatias em água em ebulição por no máximo 5 minutos antes da etapa de fritura ou o cozimento em câmara de vapor por 3 minutos, no máximo 5 minutos, antes da etapa da fritura.
- 7) A fermentação natural das raízes inteiras sozinha ou em combinação com o cozimento em água em ebulição, dentro das condições estabelecidas neste trabalho, não foi considerada adequada para se produzir "chips" comestíveis para quaisquer variedades estudadas IAC Mantiqueira, IAC 576.70, IAC 13 e IAC 14.
- 8) Verificou-se correlação negativa ($r = -0,9050$; $p \leq 0,05$) entre os escores organolépticos da variedade IAC Mantiqueira e a fraturabilidade medida em Texture Analyser TA.XT2, evidenciando que a aceitação dos "chips" relaciona-se com baixas leituras de fraturabilidade.
- 9) A ausência de correlação ($r = -0,66069$; $p > 0,05$) verificada entre os escores de aceitação da variedade IAC 576.70 e a fraturabilidade determinada em Texture Analyser TA.XT2, indicou que houve forte aceitação sensorial, mesmo dos "chips" que apresentaram fraturabilidade elevada; sendo esta variedade, plenamente indicada para fabricação de "chips".
- 10) Em primeira abordagem da tecnologia de fabricação de "chips" de mandioca, verificou-se um grande potencial para a industrialização de um aperitivo à base de mandioca, de elevado valor agregado, com possibilidades de exportação dada a similaridade com a batata frita, gerando novos empregos diretos e indiretos, e sobretudo, promovendo o desenvolvimento da cultura da mandioca como uma maneira de promover o meio rural dos países em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Aproved methods** . 9 ed. Saint Paul, 1995.
- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Aproved methods** . 8 ed. Saint Paul, 1990.
- AALBERSBERG, W.G. L. & LIMALEVU, L. Cyanide content in fresh and processed Fijian cassava (*Manihot esculenta*) cultivars. **Tropical Science**, London. v.31, n.,3 p.249-256, 1991.
- ABRAHAM, T. E.; RAJA, K.C.M.; SREEDHARAN, V.P.; SREI-MULA NATHAN, H. Some quality aspects of a few varieties of cassava. **Journal Food Science and Technology**, Mysore. v.16, n.6, p.237-39, 1979.
- ADAMBOUNON, T. L. & CASTAIGNE, T. L. A. Influence d'un séchage partiel sur l'absorption en huile et sur la texture des pommes de terre frites. **Canadian of Food Science and Technology Journal**, Ottawa. v.14, n.4, p.304-309, 1981.
- AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos Comunicação, 1998. p.268.
- AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 1999. p.352-358. il.
- AKINRELE, I. A. Fermentation of cassava. **Journal of Science of Food Agriculture**, London. v.15, n.5, p.589, 1964.
- ALMEIDA, P.F. **Processamento e caracterização da puba**. Campinas, 1992. 116 p. (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP.

- AMERINE, M. A.; PANGBORN, R. M. & ROESSLER, E. B. **Principle of sensory evaluation of food**. New York: Academic Press. p. 366-73. 1965.
- AOAC. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 15 ed. Arlington, Virginia, 1990.
- ASCHERI, D. P. R. **Acompanhamento do processo fermentativo através das características do polvilho e dos biscoitos elaborados**. Lavras, 1992. 92p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- AUKRUST, T., BLOM, H.; SANDTORV, B.F.; SLINDE, E. Interaction between starter culture and raw material in lactic acid fermentation of sliced carrot. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, London. v.27, n.4, p.337-341, 1994.
- AUKRUST, T., BLOM, H.; SLINDE, E. Influence of brine composition on yield and quality of deep-fried fermented carrot chips. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, London. v.28, n.1, p.100-104, 1995.
- AYERNOR, G. S. Effects of the retting cassava on product yield and cyanide detoxification. **Journal of Food Technology**, Oxford. v.20, n.1, p.89-96, 1985.
- BAARDSETH, P.; ROSENFELD, H.J.; SUNDT, T.W.; SKREDE, G.; LEA, P.; SLINDE, E. Evaluation of carrot varieties for production of deep-fried carrots chips. **Food Research International**, Oxford. v.28, n.3, p.195-200, 1995.
- BAARDSETH, P.; ROSENFELD, H.J.; SUNDT, T.W.; SKREDE, G.; LEA, P.; SLINDE, E. Evaluation of carrot varieties for production of deep-fried carrots chips. II. Sensory aspects. **Food Research International**, Oxford. v.28, n.6, p.513-519, 1996.
- BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G.; NANDA, S.K.; MOORTHY, S.D. Cassava Foods. In: BALAGOPALAN, C. *et al.* (Ed.) **Cassava in food, feed and industry**. Boca Raton: CRC Press. Cap. 8, 1988 (a). p.97-100, 103-106, 110-111.

- BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G.; NANDA, S.K.; MOORTHY, S.D. Cassava Starch. In: BALAGOPALAN, C. *et al.* (Ed.) **Cassava in food, feed and industry**. Boca Raton: CRC Press. cap. 9, **1988 (b)**. p.113-117, 144-147, 154-157.
- BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G.; NANDA, S.K.; MOORTHY, S.D. Cassava Spoilage and Preservation. In: BALAGOPALAN, C. *et al.* (Ed.) **Cassava in food, feed and industry**. Boca Raton: CRC Press. cap. 4, **1988 (c)**. p.43.
- BATES, R. P.; GRAHAM, H. D.; MATTHEWS, R. F. & CLOS, L. R. Breadfruit chips: preparation, stability and acceptability. **Journal of Food Science**, Chicago. v.56, n.6, p.1608-10, 1991.
- BENDER, F. E.; DOUGLASS, L. W. & KRAMER, A. Factorial Experiments. In: BENDER, F. E.; DOUGLASS, L. W. & KRAMER, A. **Statistical Methods for food and agriculture**. Westpor: Avi Pu. Co., cap. 9, p. 129. 1982.
- BLIGH, E. G. & DYER, W. J. A rapid method Food total lipid extration and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa. v.37, p.911-917, 1959.
- BOKANGA, M. Cassava: Opportunities for the food, feed, and other industries in Africa. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D. & TRÈCHE, S. (Ed.). **Transformation Alimentaire du Manioc**. Paris: Orstom, 1995. p. 557-569.
- BOLHUIS, C.G. The toxicity of cassava roots. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen. v.2, p.176-185, 1954.
- BOOTH, R. H.; BUCKELE, T. S.; CARDENAS, O. S.; GÓMEZ, G. & HERVAS, E. Changes in quality of cassava roots during storage. **Journal of Food Technology**, London. v.11, n.3, p.245-264, 1976.
- BRASIL COMÉRCIO EXTERIOR EXPORTAÇÃO. Rio de Janeiro, 1988. 2v.
- BROMELIUS, L. Mandioca “for ever”, carimã e polvilho azedo. **Chácaras e Quintais**, Campinas. v.62, n.4, p.440-41, 1940.

- BRUNELO, G.; HUFENUESSLER, M. Secagem de farinha de mandioca em secadores piloto de transporte pneumático, de leito fluidizado e de leito com jorro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v.10, n.2, p. 199-215, 1990.
- CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS F.º, J. Tecnologia da produção. In: CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS F.º, J.; LIMA, U. A: **Mandioca: Produção, Pré-processamento e transformação agroindustrial**. (Série Agroindustrial n.º 4). São Paulo: Secretaria da Ind., Com., Ciência e Tec., 1982. p.1-44.
- CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULEON, A. & RICHARD-MOLARD, D. Functional Properties of sour cassava (Manihot utilíssima) starch. Polvilho azedo. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London. v45., n3., p.273-289, 1988.
- CARDENAS, O. S. & BUCKLE, T. S. Sour cassava starch production: a preliminary study. **Journal of Food Science**, Chicago. v.45, n.6, p.1509-12, 1528. 1980.
- CARVALHO, E. P. **Determinação da microbiota do polvilho azedo**. Campinas, 1994. 92 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP.
- CEREDA, M. P. **Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca**. Botucatu, 1973. 89p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.
- CEREDA, M. P. **Estudos físico-químicos e microbianos da esterilização e da fermentação da fécula de mandioca**. Botucatu, 1981. 155p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.
- CEREDA, M. P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.13, n.145, p.63-68, 1987.
- CEREDA, M. P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M.P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia. p. 11-55. 1994.

- CHUZEL, G.; VILPOUX, O., CEREDA, M.P. Le Manioc Au Brésil. Importance socio-économique et diversité. In: EGBE, T. A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. (Ed.). **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom, 1995(a). p. 63-74.
- CHUZEL, G.; ZAKHIA, N.; CEREDA, M.P. Potencialités de nouveaux produits dérivés du manioc au Brésil. In: EGBE, T.A. BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. (Ed.). **Transformation alimentaire du manioc**. Paris: Orstom, 1995(b). p.571-579..
- COELHO, A. H. R. **Efeito da idade de colheita sobre o grau de deterioração fisiológica e composição química das raízes de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Lavras, 1992. 107p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Lavras.
- COOKE, R.D. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford. v.29 , n.4, p.345-352, 1978.
- COOKE, R. D. & COURSEY, D.G. Cassava: a major cyanide containing food crops. In: VENNESLAND, B.; CONN, E.E.; KNOWLES, C.J.; WESTLEY, J.; WISSING, F. (Ed.). **Cyanide in Biology**. London: Academic Press, 1981. p.93-114.
- COOKE, R. D. & MADUAGWU, E. N. The effect of simple processing on the cyanide content of cassava chips. **Journal of Food Technology**, London. v.13, n.4, p.299-306, 1978.
- COURSEY, D.G. & HAYNES, P.H. Root crops and their potential as food in the tropics. **World Crops**, Surrey. v.22, p.261, 1970.
- DAUBRESSE, P.; NTIBASHIRWAS, S. ; CHEYSEN, A.; MEYER, J.A. A process for protein enrichment of cassava by solid substrate fermentation in rural conditions. **Biotechnology and Bioengineering**, New York. v.29, n.8, p.962-8, 1987.
- DELEON-YAO, L. Cote d'Ivoire. **Produit alimentaire roussé à base de tubercules de manioc, dénommé "Attiké stabilisé" et procédé de fabrication de ce produit**. Int. CI². A 23 L 1/100. Fr n.º 2427064. 2 Juin. 1978; 28 Dez. 1979. CD Room do FSTA 1969-1989.
- DIEMAIR, W. **LABORATORIUMSBUCH FÜR LEBENSMITTEL-CHEMIKER**. 8 aufl. Drisdien: Verlag Von Theodor Steinkopff, 1963.

- DORRICOT, D. & GAYLER, P. Weybridge. **Vegetable crisps**. GB 2 279 860 A. 1995. CD Room do FSTA 1960-1999.
- EMPRAPA. **Programa nacional da pesquisa da mandioca**. Brasília, DF, 1981. 64 p.
- EZEALA, D.O. & OKORO, N. Processing techniques and hydrocyanic acid content of cassava-based human foodstuffs in Nigeria. **Journal of Food Biochemistry**, Westport. v.10, n. 2, p. 125-132, 1986.
- FAO PRODUCTION YEARBOOK. Rome, 1995. v. 49, p. 93-4.
- FAO. **Championing the cause of cassava**. <http://www.fao.org/NEWS/2000/000405.e.htm>. 2000.
- FIGUEIREDO, A. P. Sobre a indústria da mandioca (amido, goma ou polvilho). **Chácaras e Quintais**, Campinas. v.53, n.1, p.99-13, 1936.
- FIRMIN, A. A simple technique for the production of dehydrated attiéké in rural areas in Côte d'Ivoire, **Tropical Science**, London. v. 29, n. 1, p. 39-45, 1989.
- FIRMIN, A. Chemical changes in cassava tubers (*Manihot esculenta* Crantz) during production of placali. **Tropical Science**, London. v. 32, n.1, p. 353-360, 1992.
- FIRMIN, A. Optimization of traditional fermentation of cassava. **Tropical Science**, London. v.35, n. 1, p.68-75, 1995.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9ª ed. São Paulo: Atheneu, 1998. p. 68-91, 134, 162.
- GÓMEZ, G. & VALDIVIESO, M. Effects of sun drying on a concrete floor and oven drying on trays on the elimination of cyanide from cassava whole-root chips. **Journal of Food Technology**, London. v.19, n.6, p.703-710, 1984.

- GÓMEZ, G.; VALDIVIESO, M.; DE LA CUESTA, D.; KAWANO, K. Cyanide content in whole-root chips on ten cassava cultivars and its reduction by oven drying or sun drying on trays. **Journal of Food Technology**, London. v.19, n.1, p.97-102, 1984(a).
- GÓMEZ, G.; VALDIVIESO, M.; ZAPATA, L. E.; PARDO, C. Technical note: cyanide elimination, chemical composition and evaluation in breadmaking of oven dried cassava pilled root chips or slices. **Journal Food Technology**, London. v.19, n.4, p.493-498, 1984(b).
- GRACE, M. **Cassava Processing**. FAO Agricultural Service Bulletin n.º 8. FAO and Agriculture Organization of United Nation. Rome, 1971. p. 66-82.
- GRIZOTTO, R. K. & MENEZES, T. J. B. Influência de celulase, pectinase e hemicelulase na textura do palmito (*Euterpe edulis* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v.17, n.3, p.203-7, 1997.
- HOLLEMAN, L. W. J. & ATEN, A. **Processing of cassava and cassava products in rural industries**. Rome: FAO, 1956. 115 p. (FAO Agricultural Development Paper, n.º 54).
- HUDSON, B. J. F. & OGUNSUA, A.O. Lipids of cassava tubers (*Manihot esculenta* Cratz) **Journal of Science and Food and Agriculture**, London. v.25, n.2, p.1503-1508, 1974.
- IHEDIOHA, C.O.; AKINGBALA, J.O. & OGUNTIMEIN, G.B. The effect of holding cassava roots up to four days on quality characteristics of flour milled from the roots. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull. v.20, n.1, p. 13-23, 1996.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 1985.
- INSTITUTO AGRONÔMICO. **Novas variedades de mandioca**. Campinas: Serviço de Divulgação Técnico Científica do Instituto Agrônômico, 1996. Folheto.

- JACKSON, J. C.; BOURNE, M. C. & BARNARD, J. Optimization of blanching for crispness of banana chips using Response Surface Methodology. **Journal of Food Science**, Chicago. v.61 , n.1 , p.165-166 , 1996.
- JANKOWSKI, K. M.; PARKIN, K. L. & VON-ELBE, J.H. Nonuniform browning or “motting” in french fry products associated with heterogeneous distribution of reducing sugar. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull. v.21, n.1, p.33-53, 1997.
- JIANG, Z. & OORAIKUL, B. Reduction of nonezymatic browning potato chips and french fries with glicose oxidase. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull. v.13, n.3, p.175-186, 1989.
- JOHNSON, R. N. & RAYMOND, W. D. The chemical composition of some tropical food plants. IV Manioc. **Tropical Science**, London. v.7, n.2, p.109, 1965.
- LEONEL, M.; CEREDA, M.P. & ROAU, X. Cassava bagasse as a dietary food product. **Tropical Science**, London. v.38, n.4, p. 224-228, 1998.
- LIMA, U. A.; Industrialização da mandioca. In: CÂMARA, G. M. S.; GODOY, C. P.; MARCOS F.º, J.; LIMA, U. A. **Mandioca: Produção, Pré-processamento e transformação agroindustrial**. Série Agroindustrial n.º 4. São Paulo: Secretaria da Ind., Com., Ciência e Tec., 1982. p.1-44.
- LORENZI, J. O. **Absorção de macronutrientes e acumulação de matéria-seca para dois cultivares de mandioca** (*Manihot esculenta* Crantz). Piracicaba, 1978. 92 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, Campinas. v.53, n.2, p.237-45, 1994.
- LORENZI, J. O. Mandioca. In: FAHL, J. I. *et al.* (Ed.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: IAC, 1998. p. 13-14. (Boletim n.º 200).

- LUCIA de ROMAN, A. & OSPINA, B. Improved prospects for cassava in Ceara, Brazil. **Cassava Newsletter**, CIAT Colombia. v.15, n.2, p. 8-10, 1991.
- MACHADO, J. E. **Quantificação da deterioração da mandioca durante a secagem em barcaça por conversão forçada de ar aquecido com coletor solar**. Campinas, 1980. 98p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
- MADUAGWU, E. N. & OBEN, D. H. E. Effects of processing of grated cassava roots by the "screw press" and by traditional fermentation methods on the cyanide content of gari. **Journal of Food Technology**, London. v.13, n.3, p.299-302, 1981.
- MAINI, S. B. BALAGOPAL, C. & NAIR, P. G. Cassava chips industry in Kerala. **Indian Farming**, New Delhi. v. 30, n. 5, p. 13-14, 1981.
- MANAN, J. K.; JOSHI, G. J.; SAXENA, A. K.; KALRA, C. L.; BERRY, S. K. Improvement in color of deep fat fried potato chips from cold stored potatoes by lactic acid fermentation (*Lactobacillus plantarum*). **Journal of Food Science and Technology**, Mysore. v.24, n.3, p.139-141, 1987.
- MARINHO, H. A. & ARKCOLL, D. B. Estudos sobre o caroteno em algumas variedades amazônicas de mandioca (*Manihot esculenta* Cratz). **Acta Amazonica**, Manaus. v.11, n.1, p.71-75, 1981.
- MATTOS, P. L. P.; DANTAS, J. L. & SOUTO, G. F. **Mandioca: pesquisa, evolução agrícola e desenvolvimento tecnológico**. Cruz das Almas. EMBRAPA/CNPMPF, 1981. 103 p. (CNPMPF documento 9).
- MENDEZ, M. H. M.; DERIVI, S. C. N.; RODRIGUES, M. C. R.; SILVA, M. F. Estudo comparativo de métodos analíticos de determinação da fração "fibra da dieta" insolúvel em alimentos ricos em amido. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas. v.XL., n.1, p.107-115, 1990.
- MENEZES, T. J. B. Materias-primas alternativas para produção de etanol. In: **Congresso Brasileiro de Alcoolquímica**, 1. São Paulo. 1981. v.1, p.271-286.

- MONTALDO, A. Vascular streaking of cassava root tubers. **Tropical Science**, London. v.15, n.1, p.39-46, 1973.
- MOORTHY, S. N. & RAMANUJAM, T. Variations in properties of starch in cassava varieties in relation to age of the crop. **Starch/Stärke**, Weinheim. v.38, n.2, p.58-61, 1986.
- NOBRE, A.; TAVARES, M. & ORLANDO, J. C. **Viabilidade técnico-econômico do enriquecimento protéico da farinha de mandioca**. Boletim Técnico do Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentos n.º 09, Ministério da Agricultura. Departamento Nacional Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, 1973. p. 1-26.
- NORMANHA, E. S. **Derivados da mandioca: terminologia e conceitos**. Fundação Cargil: Campinas. 56 p. 1982.
- NORMANHA, E. S. O mau cozimento dos aipins: uma hipótese. **O Agrônomo**, Campinas. v.40, n.1, p.13-16, 1988.
- OKAFOR, N. Micro-organisms associated with cassava fermentation for gari production. **Journal of Applied Bacteriology**, London. v.42, n.2, p.279-84, 1977.
- OLORUNDA, A. O.; AWORH, O.C. & NUMFOR, F.A. Technical note: Predicting quality of cassava products with the aid of chemical and rheological properties. **Journal Food Technology**, London. v.16, n.4, p.447-450, 1981.

- OMUETTI, O.; AKINLOSOTU, T. A.; OMIDIJI, M. O.; KOGBE, J. O. S. & OSIKANLU, Y. O. K. Evaluation of local and improved cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars from South-western Nigeria for biochemical components. **Tropical Science**, London. v.35, n.2, p.121-129, 1995.
- ONWUEME, I. C. **The Tropical Tuber Crops**. New York: John Wiley & Sons. 1978. p. 112-13.
- OYEFESO, J.A. Cassava indicted ailments – a lack of technological know-how or mere cassava consumption. **The Indian Journal of Nutrition Dietetics**, Coimbatore. v.13, n.2, p.77-83, 1976.
- OYEWOLE, O.B. Fermentation of cassava for lafun and fufu production in Nigeira. **Food Laboratory News**, Uppsala. v.7, n.2, p.29-31, 1991.
- OYEWOLE, O.B. & ODUNFA, S.A. Microbiological studies on cassava fermentation for “lafun” production. **Food Microbiology**, London. v.5, n.3, p.125-133, 1988.
- OYEWOLE, O.B. & ODUNFA, S.A. Characterization and distribution of lactic acid bacteria in cassava fermentation during “fufu” production. **Tropical Science**, London. v.32, n.3, p.231-240, 1992.
- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C. & POTTY, V. P. Polyfenols and vascular streaking in cassava. **Cassava Newsletter**, CIAT, Colombie. n.10, mars, p.5-6, 1982.
- PASCHOALINO, J. E.; PEREIRA, A. S.; BERNHARDT, W. L.; FIGUEIREDO, I. B. & SHIROSE, I. Avaliação de algumas variedades de mandioca ao processo de congelamento. **Boletim do ITAL**, Campinas. v.17, n.1, p.73-82, 1980.
- PAULA, R. D. G. & RANGEL, J. HCN ou envenenamento da mandioca amarga ou doce. **Revista Alimentaria**, Rio de Janeiro. v.3, n.29, p.215-17, 1939.
- PAVAN ENGENHARIA E INDÚSTRIA Ltda. **O problema internacional dos pellets de mandioca**. São Paulo, 1973. 233 p.

- PLATA-OLVIEDO, M. S. V. **Efeito do tratamento ácido nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de mandioca**. Campinas, 1991. 135p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
- PEREIRA, R. G. F. A. **Avaliação da qualidade do polvilho durante a fermentação em diferentes meios, com e sem adição de inóculo**. Lavras, 1994. 73p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- PEREIRA, A. A. & PINTO, M. G. Determinação da toxicidade da mandioca pelo paladar das raízes "in natura". **Bragantia**, Campinas. v.21, p.145, 1962.
- PORTER, V. L.; NELSON, A. I. STEINBERG, M. P. & WEI, L. S. Microwave finish drying of potato chips. **Journal of Food Science**, Chicago. v.38, n.4, p.583-585, 1973.
- PUPO, L. M.; CHAIB, M. A.; TOSELLO, Y.; GARRUTTI, R. Avaliação sensorial de novos clones de mandioca. **Coletânea do ITAL**, Campinas. v.3, p.57-64, 1969/70.
- RIVERA, C.J.; GERARDI, A. G.; INFANTE, R B.; CARRASCO, H. J. & RODRÍGUEZ, O. Dietary fiber analysis of cassava using gravimetric methods. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas. v.43, n.1, p.78-80, 1993.
- RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R.; PEREIRA, C. Modeling the contribution of sugar, ascorbic acid, chlorogenic acid and amino acids to non. enzymatic browning of potato chips. **Journal of Food Science**, Chicago. v.62, n.5, p.1001-5,10, 1997.
- SAFO-KANTANKA, O. & OWUSU-NIPAH, J. Cassava varietal screening for cooking quality: relationship between dry matter, starch content, mealiness and certain microscopic observation of the raw and cooked tuber. **Journal of Science and Food Agricultural**, London. v.60, n.1, p.99-104, 1992.
- SALES, A. M. **Enriquecimento da farinha de mandioca por fermentação**. Campinas, 1972. 62p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

- SANNI, L.O.; OYWOLE, D.B.; OLOWOGBADE, D. V. Effect of different drying methods on lafun (fermented cassava flour). **Tropical Science**, London. v.29, n.1, p. 1-4, 1998.
- SAS SYSTEMS for Windows 3.95. Release 6.08. **SAS Institute, Inc.** Cary, NC, USA, 1992.
- SCHOLZ, H. K. B. W. **Aspectos industriais da mandioca no Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil S.A. Departamento de estudos econômicos do Nordeste, Divisão de Agricultura, 1971. p. 39-52, 96-112.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E REFORMA AGRÁRIA. Portaria n.º 554 de 30 de agosto de 1995. **Diário Oficial**, Brasília, 1 set. 1995. Seção 1, p. 13515-17.
- SILVA, M. F. V. **Avaliação nutricional de um produto extrusado à base de folha de mandioca**. Lavras, 1990. 100p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- SILVA, J. R.; VEGRO, C. L. R.; ASSUMPÇÃO, R. & PONTARELLI, C. T. G. A agroindústria de farinha de mandioca nos estados de São Paulo e Paraná, 1995. **Informações Econômicas**, Campinas. v.26, n.3, p.69-82, 1996.
- SLINDE, E.; SKREDE, G.; AUKRUST, T., BLOM, H.; BAARDSETH, P. Lactic acid fermentation influence on sugar content and color of deep- fried carrot chips. **Food Research Intenational**, Oxford. v.26 , n.4, p.255-260, 1993.
- SOKARI, T.G. & WACHUKWU, C.K. Detoxification of ijapu, a fermented cassava product similar to potato chips. **Tropical Science**, London. v.33, n.2, p.145-151, 1993.
- SOWBHAGYA, C. M. & BHATTACHARYA, K. R. A simplified colrimetric method for determination of amylose content in rice. **Die Stäre**, Weinheim. v.23, n.2, p.53-6, 1971.

- SZCZESNIAK, A. S. Consumer awareness of texture and of other food attributes II. **Journal of Texture Studies**, Westport. v.2, n. 2, p.196-206, 1971.
- SZCZESNIAK, A. S. Correlation sensory with instrumental texture measurements an overview of recent developments. **Journal of Texture Studies**, Westport. v.18, n.1, p.1-7, 1987.
- SZCZESNIAK, A. S. The meaning of textural characteristics – crispness. **Journal of Texture Studies**, Westport. v.19, n.1, p.51-59, 1988.
- SZCZESNIAK, A. S. & KAHN, E. L. Consumer awareness and attitudes to food texture. I. Adults. **Journal of Texture Studies**, Westport. v.2, n.3, p.280-295, 1971.
- SZCZESNIAK, A. S. & KLEIN, D. H. Consumer awareness of texture and other food attributes. **Food Technology**, Chicago. v.17, p.74-77, 1963.
- THED, S. T. & PHILLIPS, R. D. Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking. **Food Chemistry**, Oxford. v.52, n.3, p.301-4, 1995.
- TOBBACK, P. P. & FEYS, M. C., Luxembourg. **Process for the production of fruit or vegetable chips**. EP 0 339 175 A1. 1989. CD Room do FSTA 1969-1999.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. **Journal of the A.O.A.C.**, Washington D: C. v.46, n.5, p.825-35, 1963.
- VAN SOEST, P. J. & WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the A.O.A.C.**, Washington D: C. v.51, n.4, p.780-85, 1968.
- VASCONCELOS, A.T., TWIDDY, D. R.; WESTBY, A.; REILLY, P.J.A. Detoxification of casava during gari preparation. **International Journal of Food Science and Technology**, London. v.25, n.2, p.189-203, 1990.

- VICKERS, Z. M. Sensory, acoustical, and force-deformation measurements of potato chips crispness. **Journal of Food Science**, Chicago. v.52, n.1, p.138-40, 1987.
- VIÉGAS, A. P. **Estudos sobre a mandioca**. Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo/BRASCAN – NORDESTE, Sociedade civil de desenvolvimento e pesquisas, São Paulo, 1976. 214p.
- VITTI, P. Cassava in Brazil. **Aspects of production, marketing and industrialization**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos [s.d.] 12p. (publicação avulsa).
- VITTI, P.; LEITÃO, R.F.F.; PIZZINATTO, A & CAMPOS, S.D.S. Variedades de mandioca para o preparo de “pellets”. **Boletim do ITAL**, Campinas. n.58, p.47-61, julho/agosto 1978.
- VITTI, P.; PIZZINATTO, A. & LEITÃO, R.F.F. Comparação de raspas de mandioca obtida por dois processos – Uso de suas farinhas em panificação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas. n. 59, p.89-98, 1978.
- VITTI, P.; FIGUEIREDO, I.B.; ANGELUCCI, E. Folhas de mandioca desidratadas para fins de alimentação humana. **Coletânea do ITAL**, Campinas. v.4, p.117-125, 1971/72.
- VRIES, C. A. de; FERWEDA, J. D. & FLACH, M. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen. v.15, p.241-48, 1967.
- WESTBY, A. & CEREDA, M. P. Production of fermented cassava starch (polvilho azedo) in Brazil. **Tropical Science**, London. v.34, n.2, p.203-310, 1994.
- WESTBY, A. & TWIDDY, D. R. Characterization of gari and fufu preparation procedures in Nigeria. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford. v.8, n.2, p.175-82, 1992.
- WICKHAM, L. D. & WILSON, L. A. Quality changes during long term storage of cassava roots in moist media. **Tropical Science**, London. v.28, n.2, p.79-86, 1988.

ANEXOS

Observações gerais:

Modelo = Fraturabilidade = $\mu + \alpha + \beta + (\alpha\beta)$,

onde (μ) efeito geral ou média geral; (α) efeito devido ao i-ésimo tratamento; (β) efeito devido a j-ésima variedade e $(\alpha\beta)$ efeito de interação do i-ésimo tratamento com a j-ésima variedade e erro.

Erro = resíduo;

C.V.= coeficiente de variação, resultados expressos em porcentagem;

G.L. = graus de liberdade;

S.Q.= soma de quadrados;

Q.M. = quadrado médio (S.Q./ G.L.);

* significativo ao nível de $p \leq 0,05$

** significativo ao nível de $p \leq 0,01$

*** significativo ao nível de $p \leq 0,001$

n.s. = não significativo

Pr > F = nível descritivo do teste.

ANEXO 1A: Ficha para avaliação da aceitação sensorial dos "chips" de mandioca.

NOME: _____	DATA: _____														
1. Você está recebendo seis amostras codificadas de mandioca "chips". Avalie as amostras utilizando a escala abaixo e indique o quanto você gostou ou desgostou da aparência de cada amostra. 7. Gostei muito 6. Gostei moderadamente 5. Gostei ligeiramente 4. Nem gostei/nem desgostei 3. Desgostei ligeiramente 2. Desgostei moderadamente 1. Desgostei muito <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 45%; text-align: center;">AMOSTRA N.º</th> <th style="width: 55%; text-align: center;">VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> <tr><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td><td style="border-bottom: 1px solid black;"></td></tr> </tbody> </table>		AMOSTRA N.º	VALOR												
AMOSTRA N.º	VALOR														
2. COMENTÁRIOS: _____ _____ _____															

ANEXO 1B: Ficha para avaliação da aparência dos "chips" de mandioca.

NOME: _____	DATA: _____
1. Você está recebendo uma amostra codificada _____ de mandioca "chips". Prove a amostra e avalie o quanto você gostou ou desgostou utilizando a escala abaixo. ☐ Gostei muito ☐ Gostei moderadamente ☐ Gostei ligeiramente ☐ Nem gostei/nem desgostei ☐ Desgostei ligeiramente ☐ Desgostei moderadamente ☐ Desgostei muito	
2. Informe o que você mais (+) gostou ou menos (-) gostou na amostra: + GOSTEI: _____ - GOSTEI: _____	

ANEXO 2A: Exemplo de programação em SAS, para cálculo de análise de variância, utilizando o procedimento GLM.

```
Options ls = 70 ps = 65 nocenter;
Proc format;
Value tr 1 = '1 - 24h Controle'          2 = '2 - 48h Controle'
          3 = '3 - 24h Fermento'        4 = '4 - 30h Fermento'
          5 = '5 - 48h Fermento'        5 = '6 - 24h Fer + Coz';
Value va 1 = '1 - 576.70' 2 = '2 - 14' 3 = '3 - 13';
Data tab 1;
Infile 'c:\regina\tab 1.txt';
Input trat vari rept text;
label     Trat = 'Tratamento'
          Vari = 'Variedade'
          Text = 'Textura';
Format trat tr. vari va.;
Proc sort; by vari;
Proc glm;
Class trat vari rept;
Model text = trat;
Means trat/Tukey;
By vari;
Run;
```

ANEXO 2B: Exemplo de programação em SAS, para cálculo da correlação entre medida sensorial (aceitação) e medida objetiva (fraturabilidade) dos "chips" de mandioca.

```
Options ls = 70;
Data corr;
Input vari trat ace text;
Cards;
;
proc corr;
var ace text; by vari;
run;
```

Anexo 3A: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC Mantiqueira*, *IAC 576.70*, *IAC 14* e *IAC 13*, submetidas ao cozimento ou a fermentação

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade :696,6905

Coefficiente de determinação (R²): 0,588815

Coefficiente de variação (C.V.= %):26,63565

Causa de variação	G.L.	S:Q:	F calculado	Pr >F
Modelo	19	4783213,25966	7,31	0,0001***
Erro	97	3340245,04000		
Total corrigido	116	8123458,29966		
Tratamento	4	3780100,73180	27,44	0,0001***
Variedade	3	99018,78299	0,96	0,4156 n.s.
Tratamento - variedade.	12	904093,74487	2,19	0,0180*

Anexo 3B: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC Mantiqueira*; *IAC 576.70*, *IAC 14* e *IAC 13*, submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento * variedade

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 696,6905

Coefficiente de determinação (R^2): 0,465331

Coefficiente de variação (C.V.= %): 28,26597

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	4	3780100,73180	24,37	0,0001***
Erro	112	4343357,56786		
Total corrigido	116	8123458,29966		
Tratamento	4	3780100,73180	24,37	0,0001***

Anexo 4A Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias retangulares variedade *IAC Mantiqueira*, *IAC 576.70*, *IAC 14* e *IAC 13*, submetidas ao cozimento ou a fermentação.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias retangulares)

Média fraturabilidade: 1048,27288

Coefficiente de determinação (R^2): 0,46056

Coefficiente de variação (C.V.= %): 29,08625

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	19	7825409,84555	4,43	0,0001***
Erro	98	9110668,44767		
Total corrigido	117	1693078,29322		
Tratamento	4	1813804,94811	4,88	0,0013**
Variedade	3	918228,43918	3,29	0,0238*
Tratamento *	12	5093376,45827	4,57	0,0001***
variedade.				

Anexo 4B Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias retangulares variedade *IAC Mantiqueira*; submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito de interação tratamento * variedade.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 983,3467

Coefficiente de determinação (R^2): 0,5499

Coefficiente de variação (C.V.= %): 24,7194

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	4	1804622,98800	7,64	0,0004***
Erro	25	1477167,06667		
Total corrigido	29	3281790,05467		
Tratamento	4	1804622,92800	7,64	0,0004***

Anexo 4C: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias retangulares variedade *IAC 576.70*, submetidas ao cozimento ou a fermentação excluindo-se o efeito de interação tratamento*variedade.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 1058,2267

Coefficiente de determinação (R^2): 0,5688

Coefficiente de variação (C:V:= %): 28,30358

Causa de variação	G.L.	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	4	2958931,21200	8,25	0,0002***
Erro	25	2242746,10667		
Total corrigido	29	5201677,31867		
Tratamento	4	2958931,21200	8,25	0,0002***

Anexo4D Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias retangulares variedade *IAC 14* submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito de interação tratamento*variedade.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 1184,15000

Coefficiente de determinação (R^2): 0,240662

Coefficiente de variação (C:V:= %): 36,04117

Causa de variação	G.L.	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	4	1443187,34000	1,98	01284
Erro	25	4553561,93500		
Total corrigido	29	5996749,27500		
Tratamento	4	1443187,3400	1,98	01284

Anexo 4E: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias retangulares variedade *IAC 13*, submetidas ao cozimento ou a fermentação, excluindo-se o efeito de interação tratamento*variedade.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 961,5893

Coefficiente de determinação (R^2): 0,464078

Coefficiente de variação (C:V:= %): 19,84081

Causa de variação	G.L.	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	4	724962,547452	4,98	0,0049**
Erro	23	837193,339333		
Total corrigido	27	1562155,886786		
Tratamento	4	724962,547452	4,98	0,0049**

Anexo 5A: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC 576.70*, *IAC 14* e *IAC 13*, submetendo raízes inteiras a fermentação.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 889,9129

Coefficiente de determinação (R^2): 0,408784

Coefficiente de variação (C.V.= %): 25,3797

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	17	10623729,7767	12,45	0,0001***
Erro	306	15364868,6689		
Total corrigido	323	25988598,4456		
Tratamento	5	4242956,67630	16,90	0,0001***
Variedade	2	4039595,26222	40,23	0,0001***
Tratamento-variedade.	10	2341177,83815	4,66	0,0001***

Anexo 5B: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC 576.70*, submetendo raízes inteiras a fermentação.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 727,9500

Coefficiente de determinação (R^2): 0,243238

Coefficiente de variação (C.V.= %): 30,57421

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	1623995,5800	6,56	0,0001
Erro	102	5052585,2300		
Total corrigido	107	6676580,81000		

Anexo 5C: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC 14*, submetendo raízes inteiras a fermentação.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 934,0944

Coefficiente de determinação (R^2): 0,477664

Coefficiente de variação (C.V.= %): 22,26483

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	3723043,44222	17,22	0,0001***
Erro	102	4411846,51444		
Total corrigido	107	8134889,95667		

Anexo 5D: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC 13*, submetendo raízes inteiras a fermentação.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 986,6944

Coefficiente de determinação (R^2): 0,173323

Coefficiente de variação (C.V.= %): 24,37582

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	1237095,4922	4,28	0,0014**
Erro	102	5900436,9244		
Total corrigido	107	7137532,41667		

Anexo 6A: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade IAC Mantiqueira, IAC 14 e IAC 13, submetendo raízes inteiras a fermentação.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 729,043056

Coefficiente de determinação (R^2): 0,2237

Coefficiente de variação (C.V:= %): 27,17241

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	11	1492702,81983	3,46	0,0003***
Erro	132	5180080,45323		
Total corrigido	143	6672783,27306		
Tratamento	3	698856,261389	5,94	0,0008***
Variedade	2	498203,035139	6,35	0,0023**
Tratamento-variedade.	6	295643,523299	1,26	0,2824 n.s.

Anexo 6B: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade IAC Mantiqueira; IAC 14 e IAC 13, submetendo raízes inteiras a fermentação, excluindo-se o efeito interação tratamento*variedade.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 729,043056

Coefficiente de determinação (R^2): 0,179394

Coefficiente de variação (C.V:= %): 27,32298

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	1197059,29653	6,03	0,0001***
Erro	138	5475723,97653		
Total corrigido	143	6672783,27306		
Tratamento	3	698856,261389	5,87	0,0008***
Variedade	2	498203,035139	6,28	0,0025**

Anexo 7A: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade IAC Mantiqueira e IAC 576.70 submetidas ao cozimento em água em ebulição.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 789,5098

Coefficiente de determinação (R^2): 0,691009

Coefficiente de variação (C.V:= %): 14,82191

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	11	1806813,46843	11,99	0,0001***
Erro	59	807933,77467		
Total corrigido	70	2614747,24310		
Tratamento	5	1011034,21431	14,77	0,0001***
Variedade	1	3880,56038	0,28	0,5965 n.s.
Tratamento- variedade.	5	791898,69374	11,57	0,0001***

Anexo 7B: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70* submetidas ao cozimento em água em ebulição, **excluindo-se** os efeitos variedade e interação tratamento*variedade.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 789,5098

Coefficiente de determinação (R^2): 0,38666

Coefficiente de variação (C.V.= %): 19,89524

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	1011034,21431	8,20	0,0001***
Erro	65	1603713,02879		
Total corrigido	70	2614747,23310		
Tratamento	5	1011034,21431	8,20	0,0001***

Anexo 8A: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC Mantiqueira* e *IAC 576.70*, submetidos ao cozimento em câmara de vapor.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 631,074468

Coefficiente de determinação (R^2): 0,598720

Coefficiente de variação (C.V.= %): 15,73197

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	7	573546,686362	8,31	0,0001***
Erro	39	384407,543000		
Total corrigido	46	957954,229362		
Tratamento	3	108234,290498	3,66	0,0204*
Variedade	1	347886,281228	35,29	0,0001***
Tratamento-variedade.	3	117426,114636	3,97	0,0146*

Anexo 8B: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade *IAC Mantiqueira*, submetidos ao cozimento em câmara de vapor.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 718,286957

Coefficiente de determinação (R^2): 0,053110

Coefficiente de variação (C.V.= %): 16,84908

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	3	15609,0880870	0,36	0,7859 n.s.
Erro	19	278292,63800		
Total corrigido	22	293901,726087		
Tratamento	3	15609,088087	0,36	0,7859 n.s.

Anexo 8C: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas variedade IAC 576.70, submetidos ao cozimento em câmara de vapor.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 547,49583

Coefficiente de determinação (R^2): 0,669902

Coefficiente de variação (C.V.= %): 13,30431

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	3	215349,864583	13,53	0,0001***
Erro	20	106114,905000		
Total corrigido	23	321464,769583		
Tratamento	3	215349,864583	13,53	0,0001***

Anexo 9A: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas, var. IAC Mantiqueira e IAC 576.70, submetidos ao cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 576,4104

Coefficiente de determinação (R^2): 0,540807

Coefficiente de variação (C.V.= %): 20,3716

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	7	649567,716458	6,73	0,0001***
Erro	40	551540,768333		
Total corrigido	47	1201108,484792		
Tratamento	3	133149,682292	3,22	0,0327*
Variedade	1	173797,435208	12,60	0,001***
Tratamento * variedade.	3	342620,598958	8,28	0,0002***

Anexo 9B: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas, var. IAC Mantiqueira, submetidos ao cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 516,2375

Coefficiente de determinação (R^2): 0,545051

Coefficiente de variação (C.V.= %): 23,36242

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	3	348529,83125	7,99	0,0011***
Erro	20	290914,0450		
Total corrigido	23	639443,87625		
Tratamento	3	348529,83125	7,99	0,0011***

Anexo 9C: Análise de variância da fraturabilidade dos "chips" de mandioca fatias redondas, var. IAC 576.70, submetidos ao cozimento em água em ebulição seguido da secagem parcial.

Variável dependente: fraturabilidade de "chips" (fatias redondas)

Média fraturabilidade: 636,5833

Coefficiente de determinação (R^2): 0,328052

Coefficiente de variação (C.V.= %): 17,93243

Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	3	127240,4500	3,25	0,0432*
Erro	20	260626,7233		
Total corrigido	23	387867,17333		
Tratamento	3	127240,4500	3,25	0,0432*

Anexo 10A: Análise de variância dos escores de aceitação dos "chips" de mandioca variedade *IAC Mantiqueira*.

Variável dependente: aceitação de "chips"

Média aceitação: 4,794

Coeficiente de determinação (R^2): 0,167499 Coeficiente de variação (C:V:= %):34,00011				
Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	93,02777	7,00	0,0001***
Erro	174	462,36666		
Total corrigido	179	555,39444		
Tratamento	5	93,02777	7,00	0,0001***
Amostra	0	0,00000		

Anexo 10B: Análise de variância dos escores de aparência dos "chips" de mandioca variedade *IAC Mantiqueira*.

Variável dependente: aparência de "chips"

Média aparência: 4,7333

Coeficiente de determinação (R^2): 0,124248 Coeficiente de variação (C:V:= %):31,5535				
Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	55,06667	4,94	0,0003***
Erro	174	388,13333		
Total corrigido	179	443,2000		
Tratamento	5	55,06667	11,01	0,0003***
Amostra	0	0,00000		

Anexo 11A: Análise de variância dos escores de aceitação dos "chips" de mandioca variedade *IAC 576.70*.

Variável dependente: aceitação de "chips"

Média aceitação: 5,46:

Coeficiente de determinação (R^2): 0,462684 Coeficiente de variação (C:V:= %):22,67873				
Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	229,82777	29,97	0,0001***
Erro	174	266,90000		
Total corrigido	179	496,72777		
Tratamento	5	229,82777	29,97	0,0001***
Amostra	0	0,00000		

Anexo 11B: Análise de variância dos escores de aparência dos "chips" de mandioca variedade *IAC 576.70*.

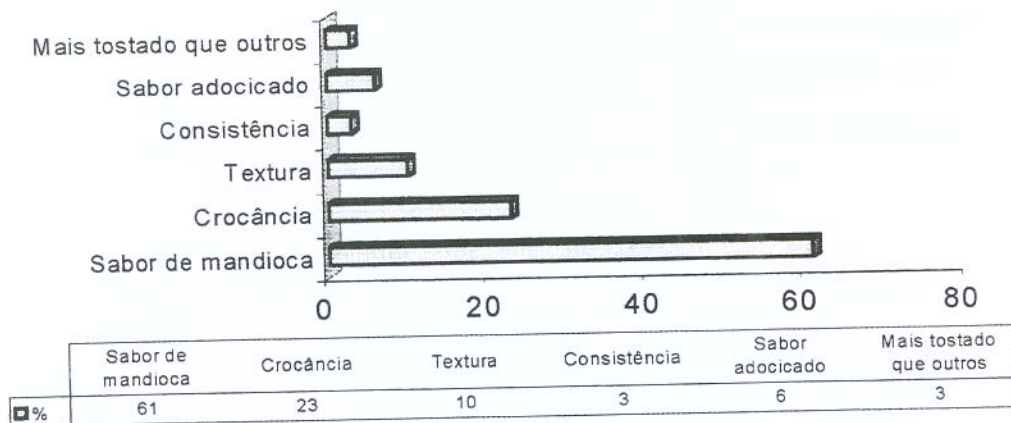
Variável dependente: aparência de "chips"

Média aparência: 4,80

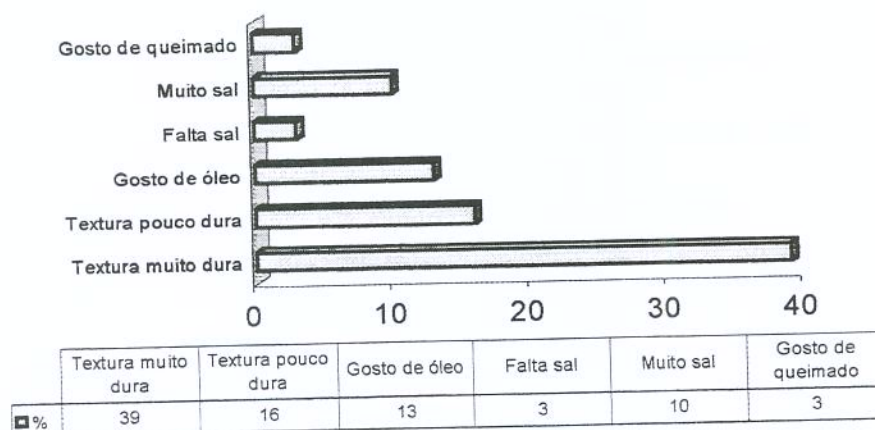
Coeficiente de determinação (R^2): 0,19906 Coeficiente de variação (C:V:= %):31,82708				
Causa de variação	G:L:	S.Q.	F calculado	Pr >F
Modelo	5	101,16111	8,65	0,0001***
Erro	174	407,03333		
Total corrigido	179	508,19444		
Tratamento	5	101,16111	8,63	0,0001***
Amostra	0	0,00000		

Anexo 12: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos 30 provadores de "chips" de mandioca variedade IAC Mantiqueira, não tratados (**controle**).

Atributos de Agrado (em %):

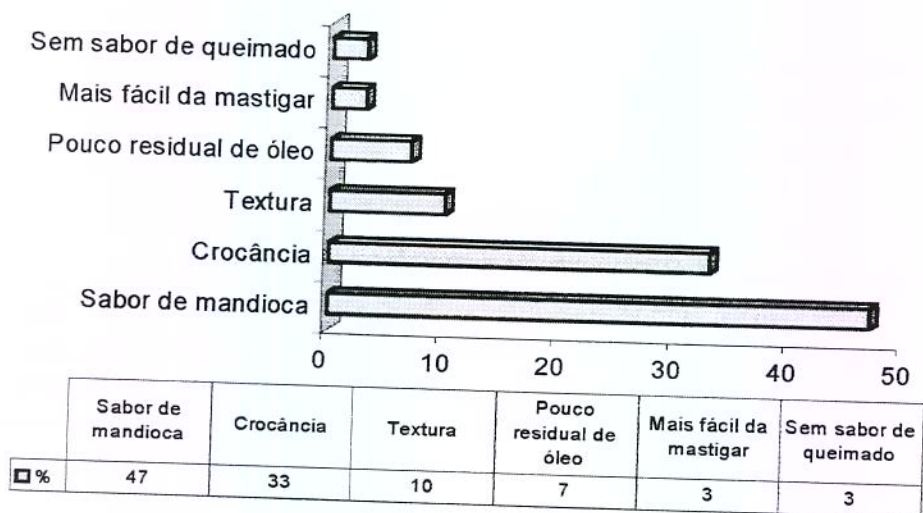


Atributos de Desagrado (em %):

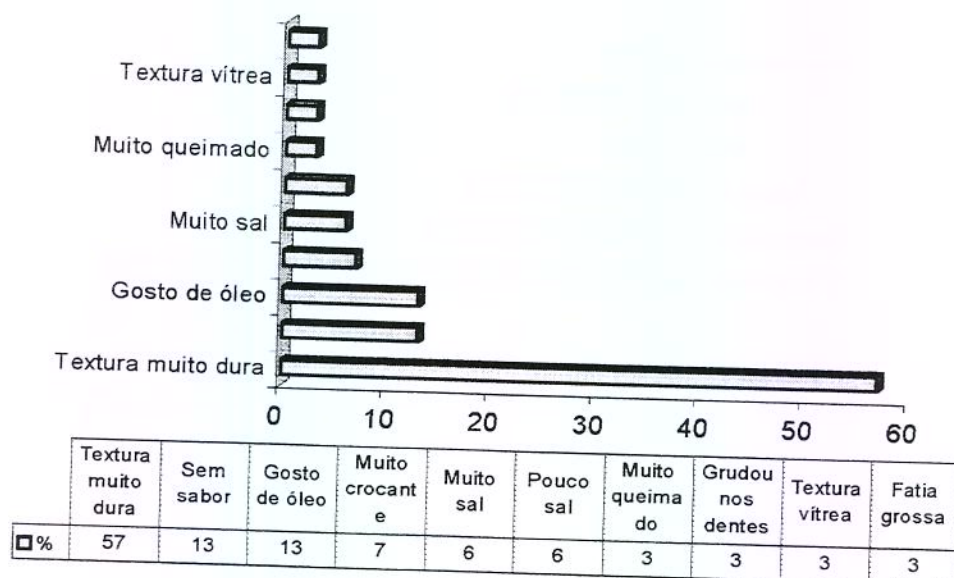


Anexo 13: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC Mantiqueira, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 1 minuto + secagem parcial.

Atributos de agrado (em %):

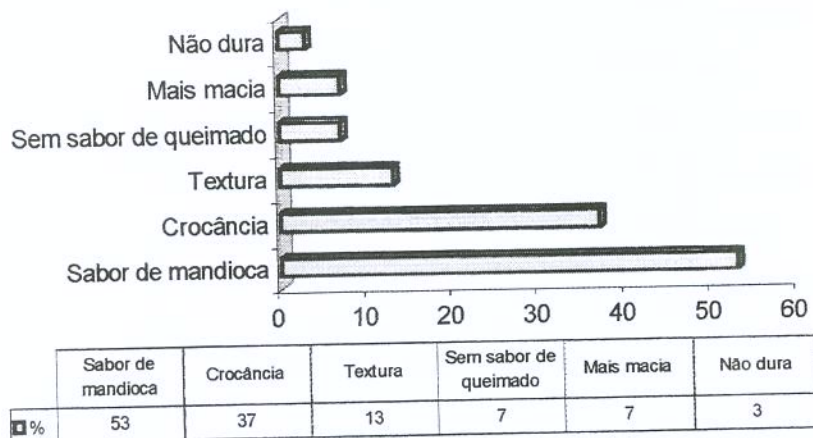


Atributos de desagrado (em %):

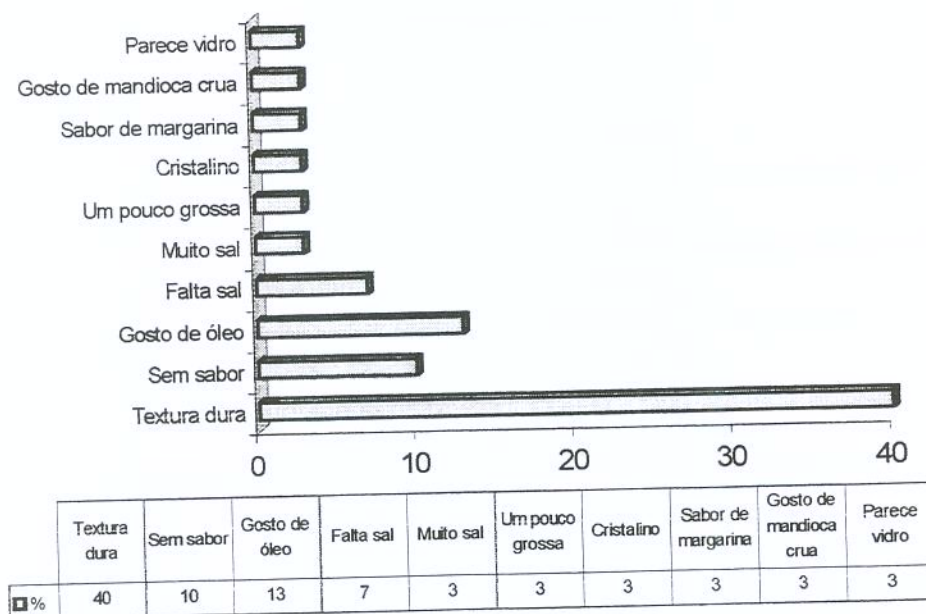


Anexo 14: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC *Mantiqueira*, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 3 minutos + secagem parcial.

Atributos de agrado (em %):



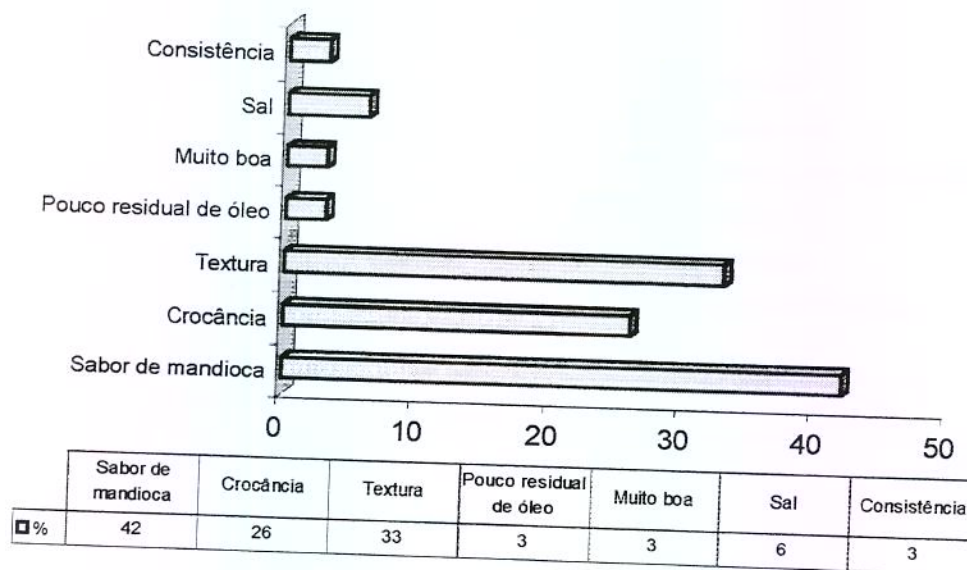
Atributos de desagrado (em %):



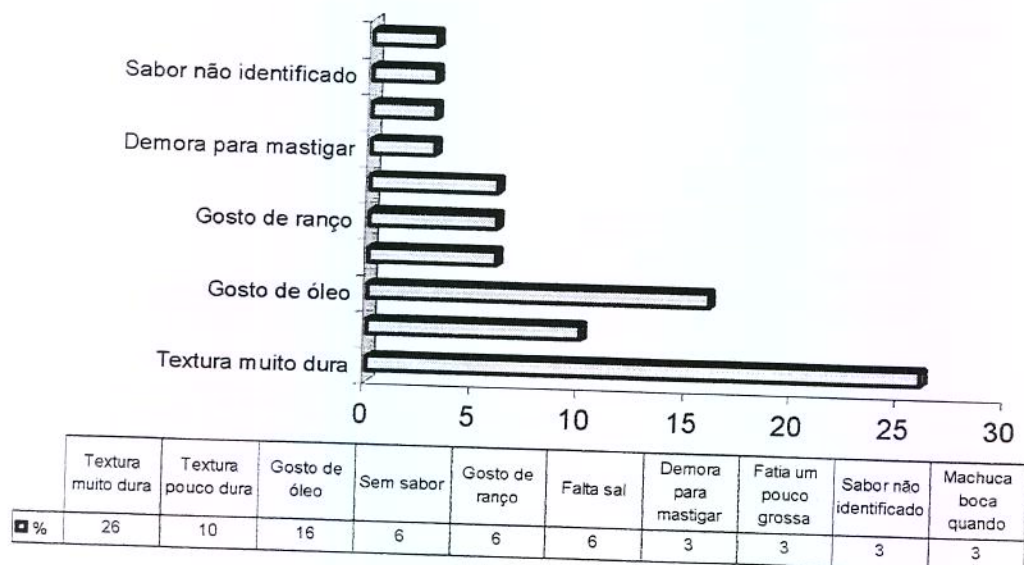
Anexo 15:

Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC *Mantiqueira*, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 5 minutos + secagem parcial.

Atributos de agrado (em %):

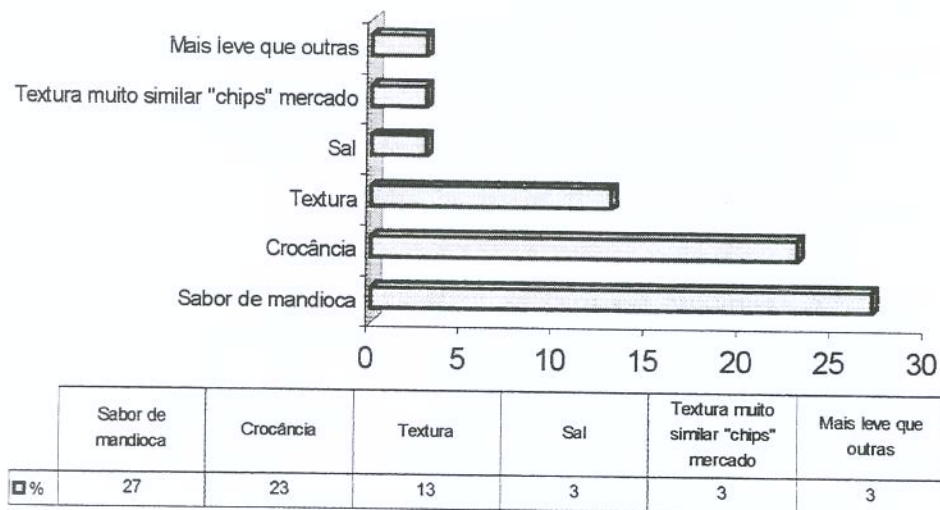


Atributos de desagrado (em %):

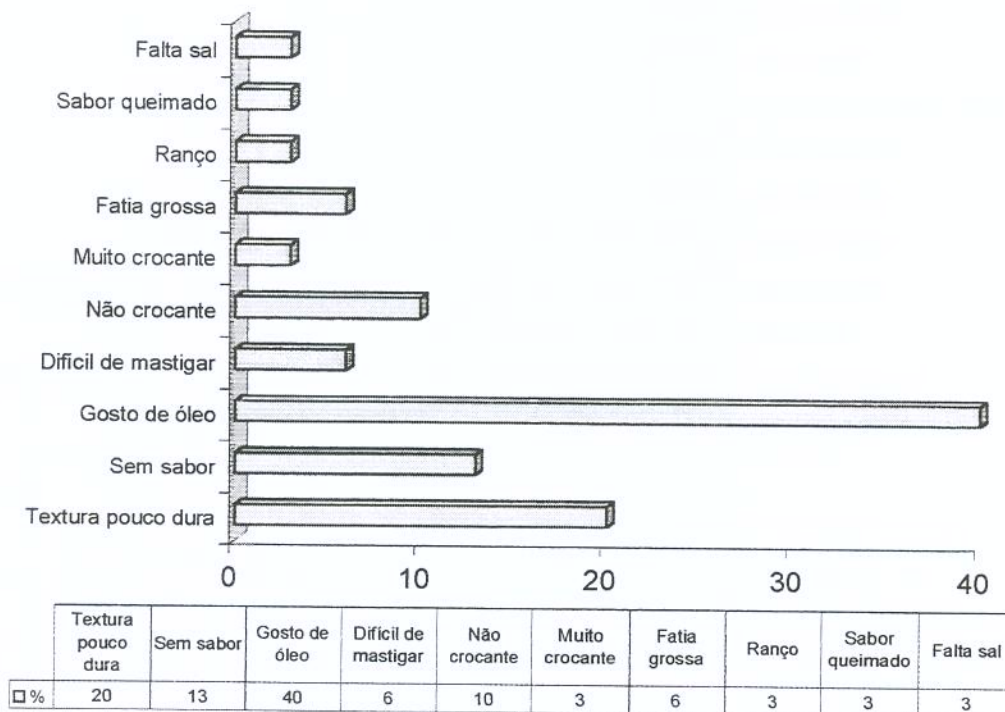


Anexo 16: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade *LAC Mantiqueira*, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 8 minutos.

Atributos de agrado (em %):

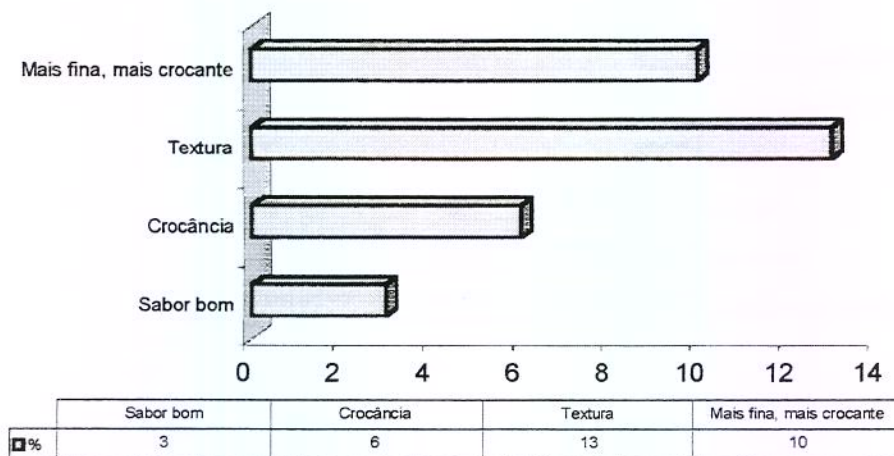


Atributos de desagrado (em %):

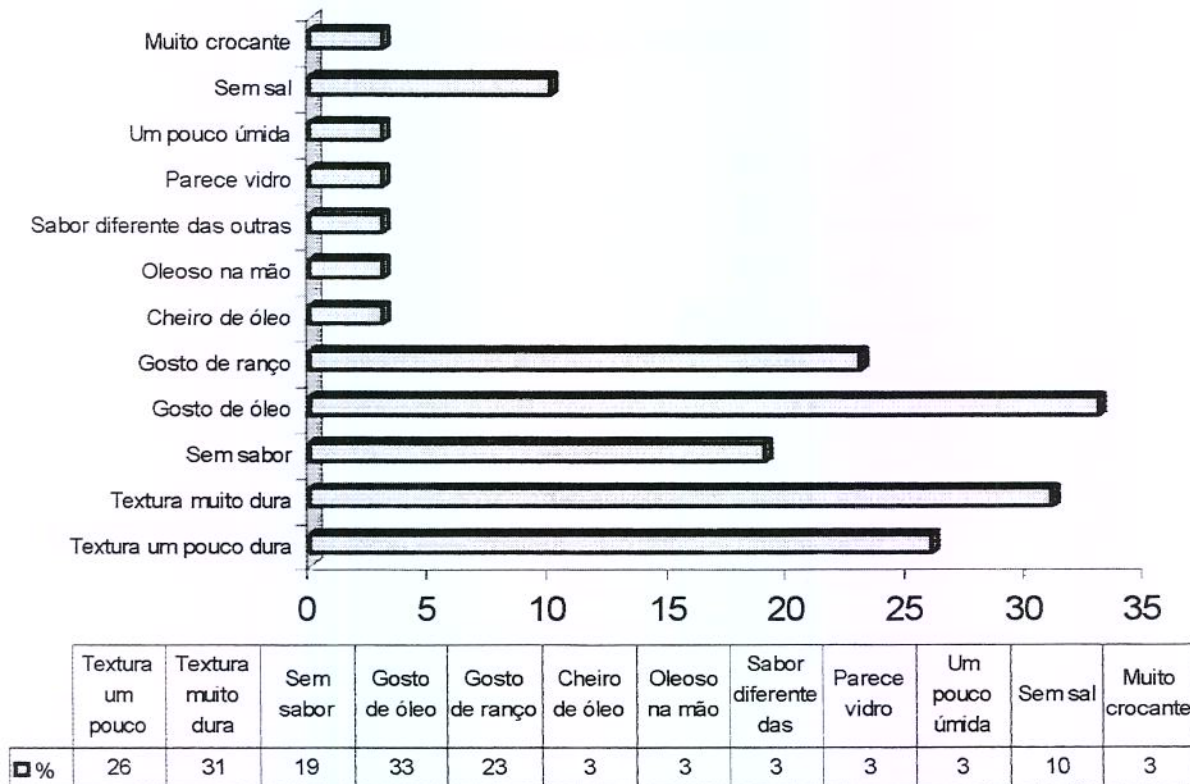


Anexo 17: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC *Mantiqueira*, submetidos a fermentação por 8 horas.

Atributos de agrado (em %):

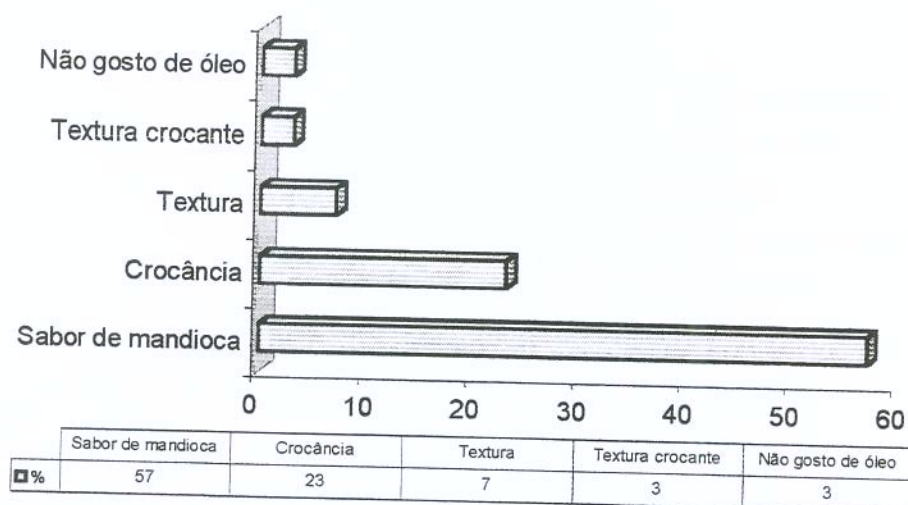


Atributos de desagrado (em %):

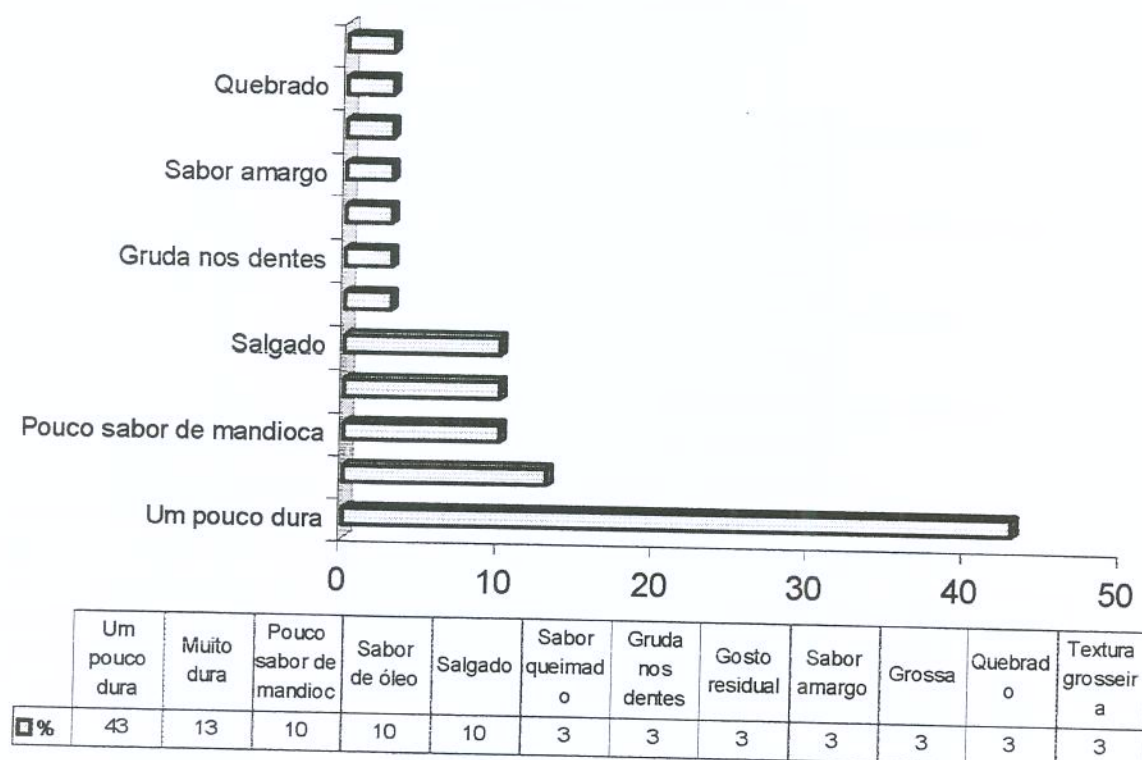


Anexo 18: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC 576.70, não tratados (controle).

Atributos de agrado (em %):



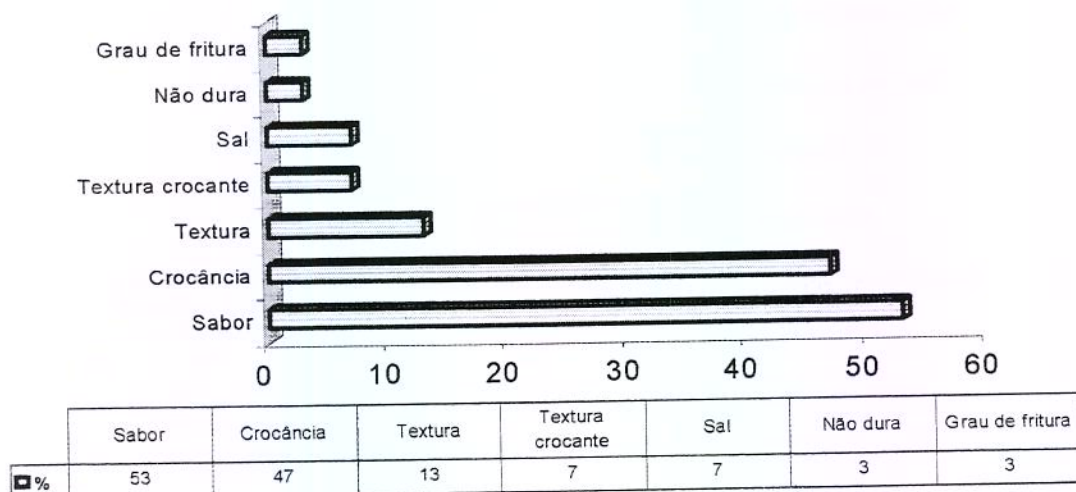
Atributos de desagrado (em %):



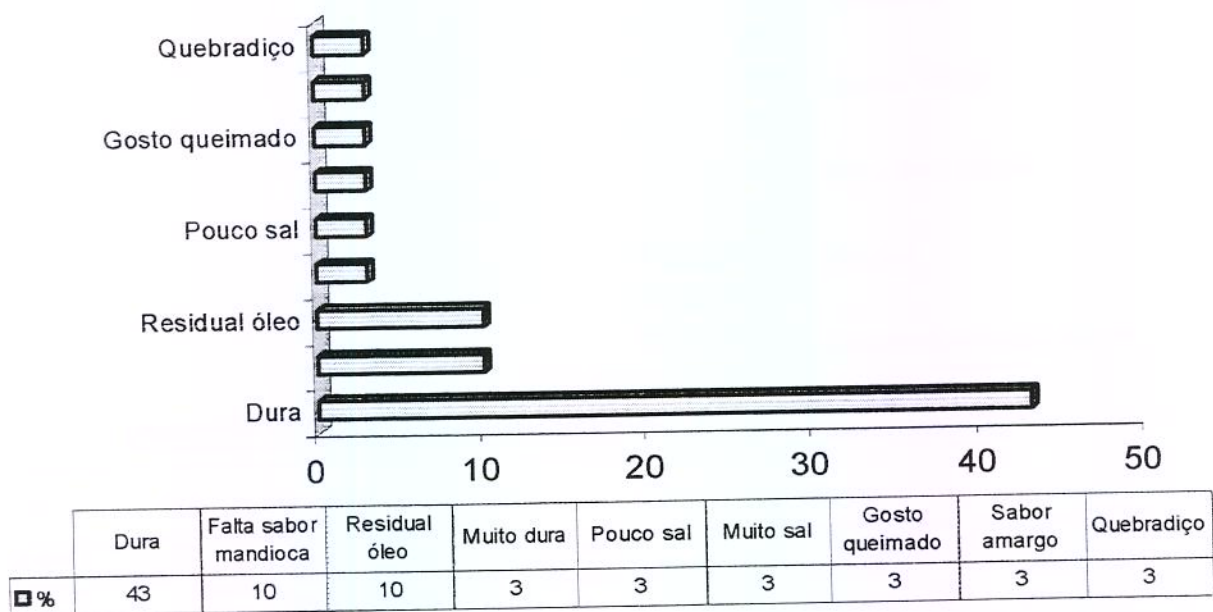
Anexo 19:

Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC 576.70, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 1 minuto + secagem parcial.

Atributos de agrado (em %):

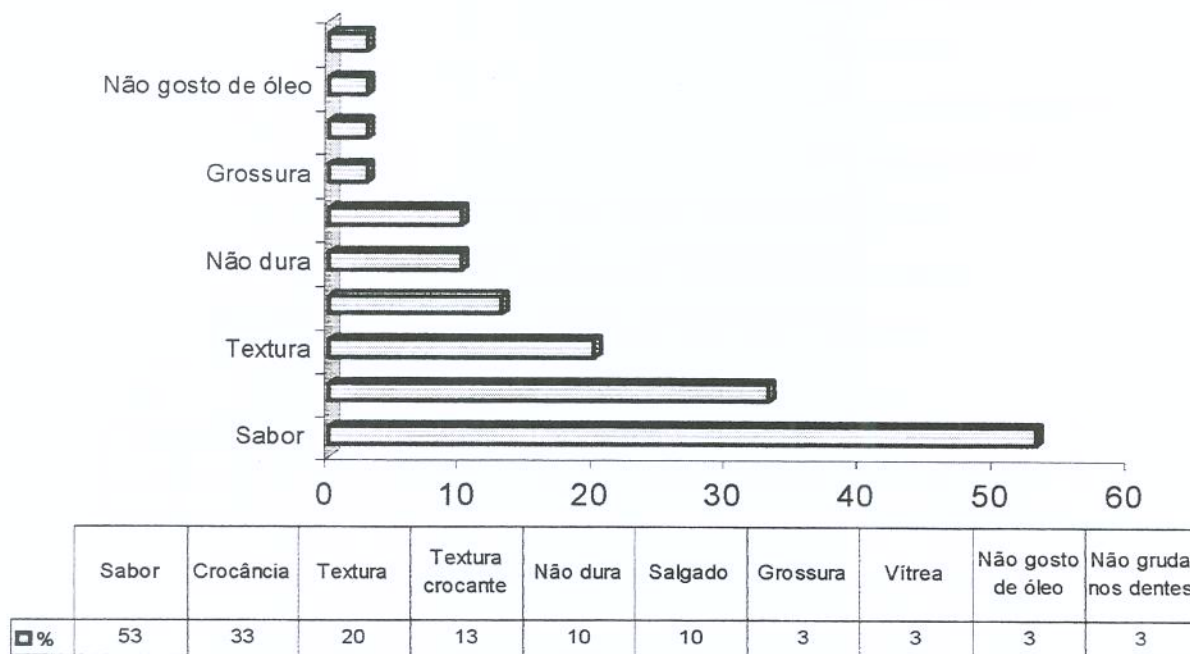


Atributos de desagrado (em %):

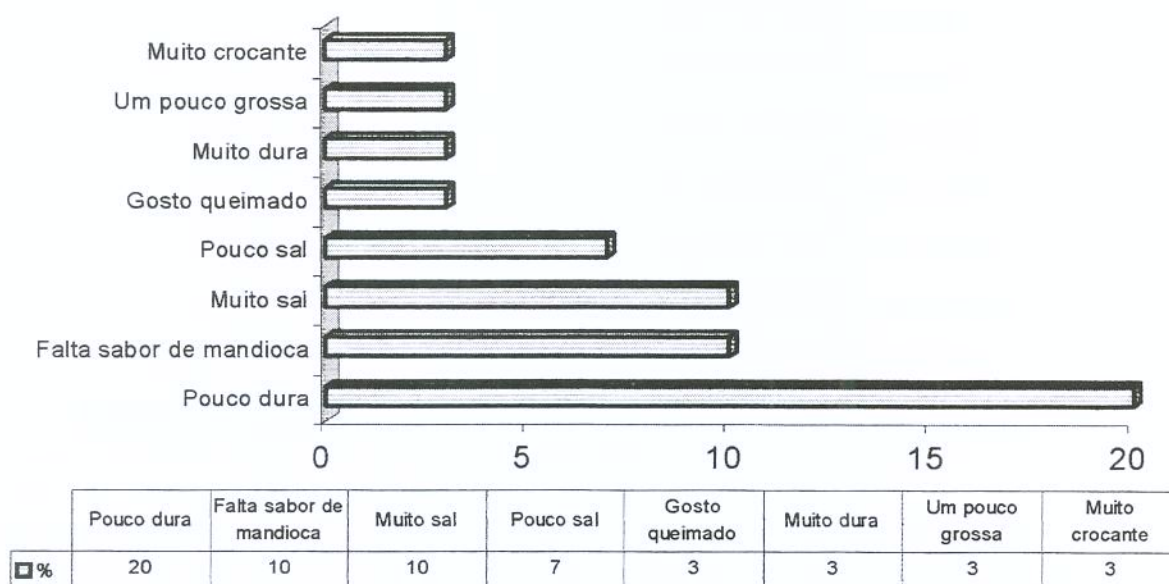


Anexo 20: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade LAC 576.70, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 3 minutos + secagem parcial.

Atributos de agrado (em %):

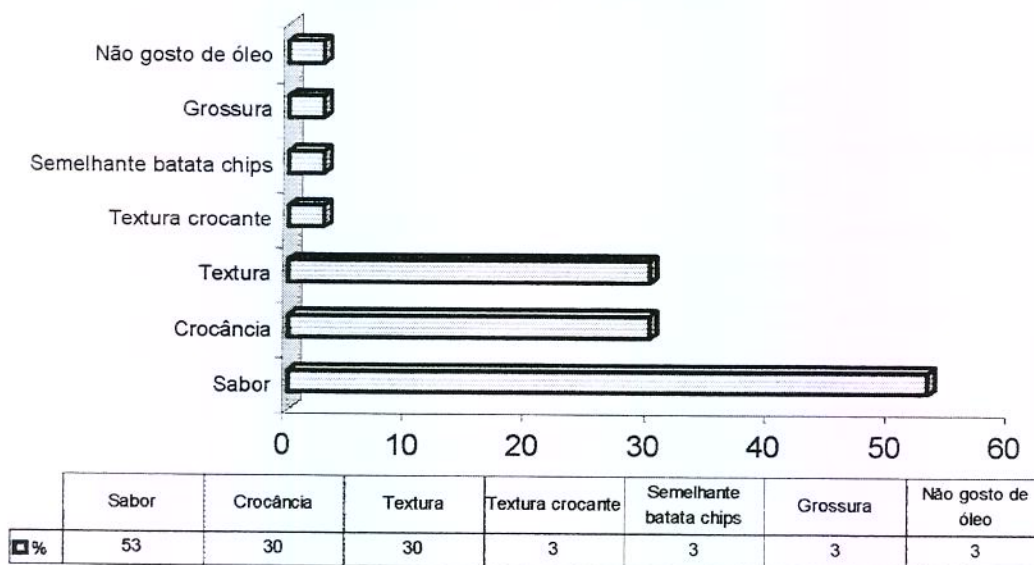


Atributos de desagrado (em %):

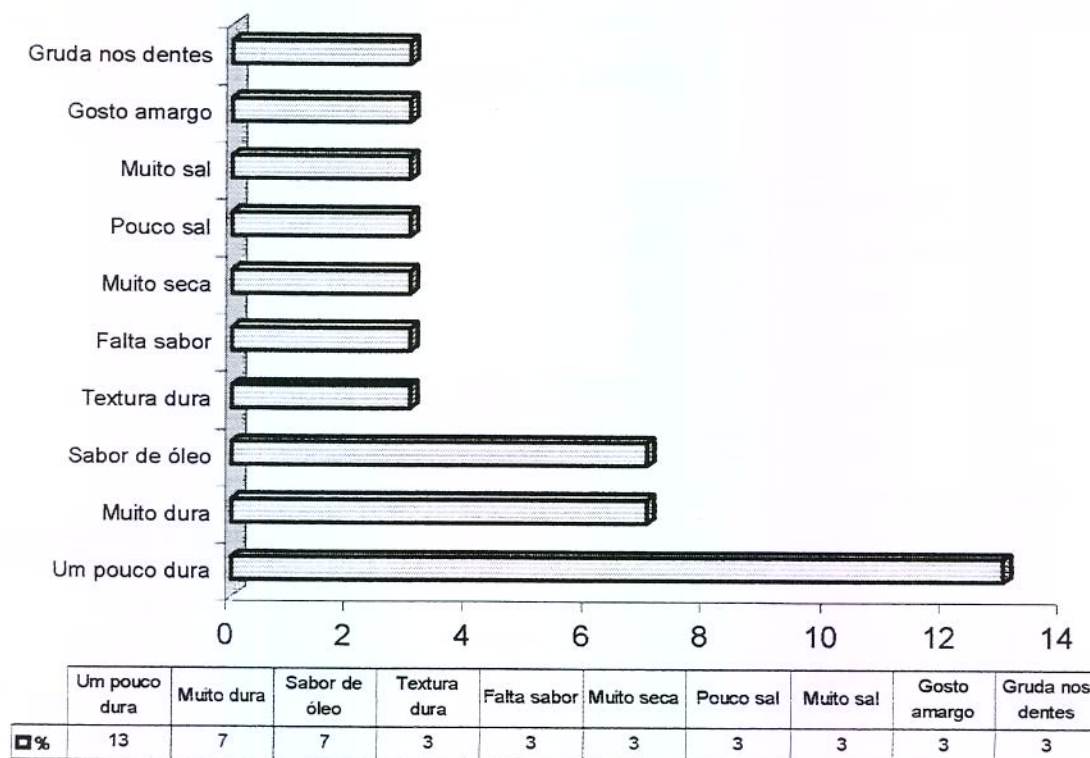


Anexo 21: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC 576.70, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 5 minutos + secagem parcial.

Atributos de agrado (em %):

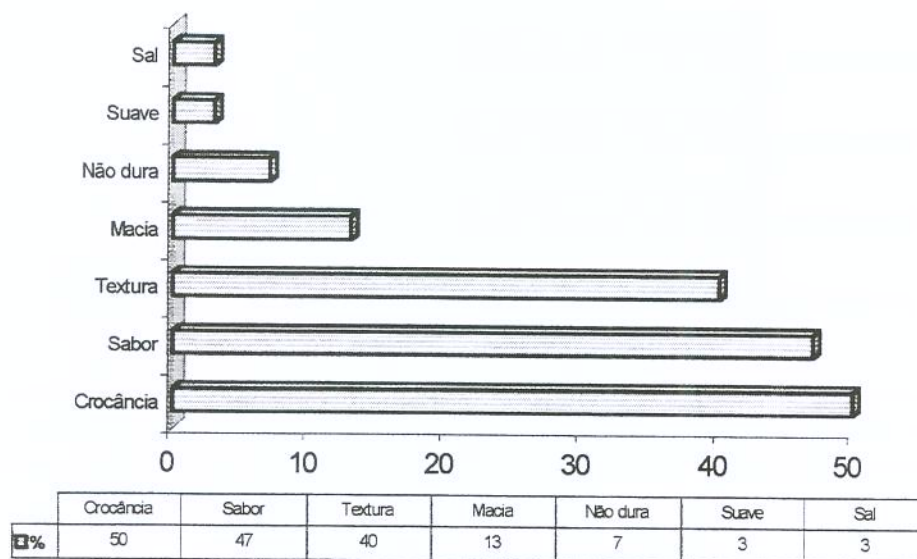


Atributos de desagrado (em %):

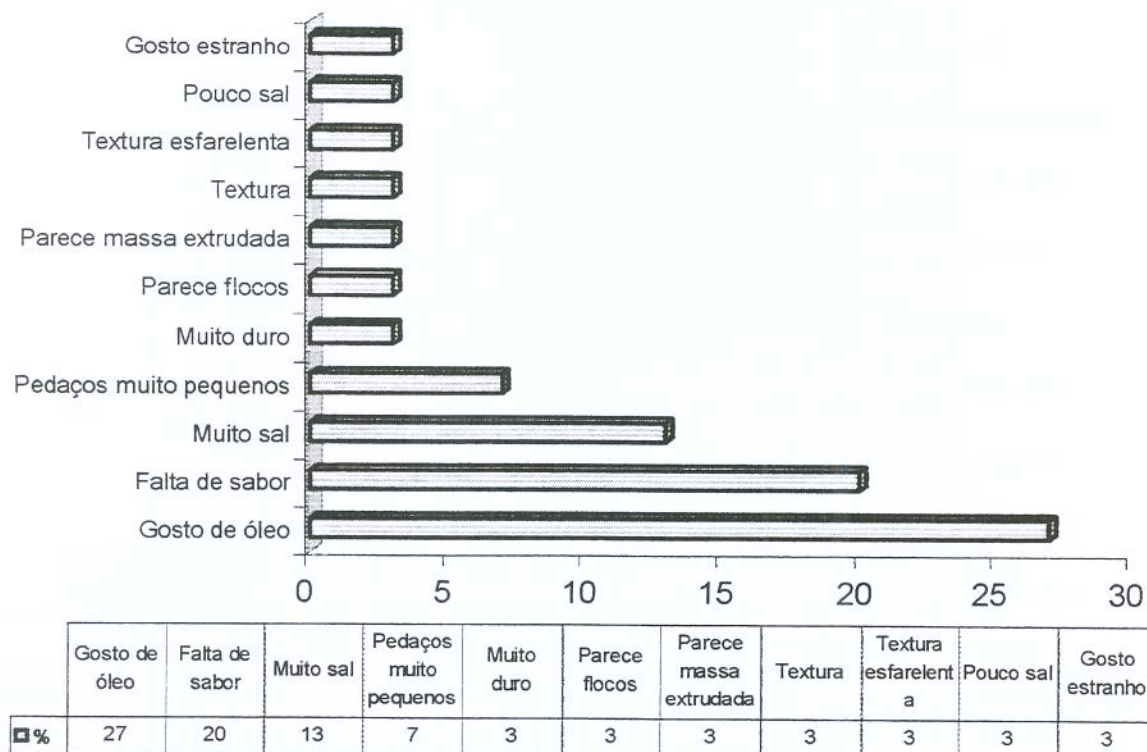


Anexo 22: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade LAC 576.70, submetidos ao cozimento em água em ebulição por 8 minutos.

Atributos de agrado (em %):

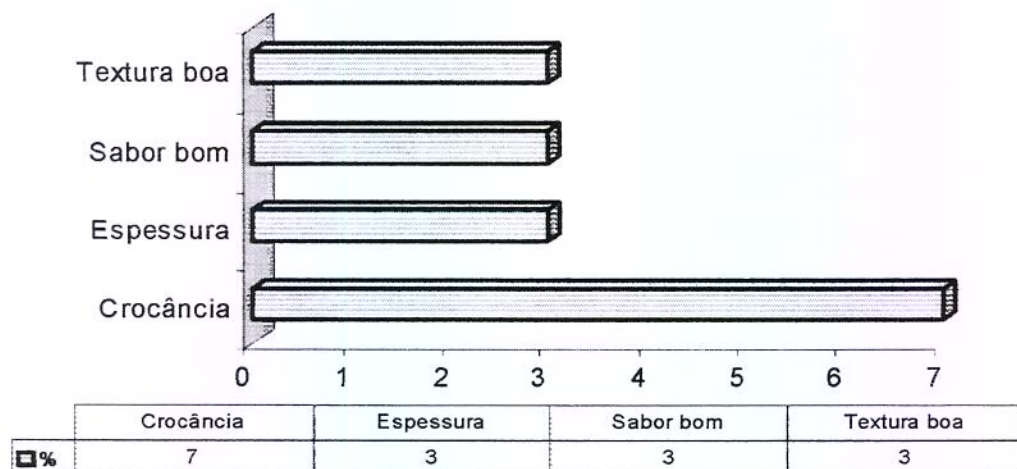


Atributos de desagrado (em %):



Anexo 23: Histograma de frequência dos atributos de agrado e desagrado comentados pelos trinta provadores de "chips" de mandioca variedade IAC 576.70, submetidos a fermentação por 8 horas.

Atributos de agrado (em %):



Atributos de desagrado (em %)

